



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN CIENCIAS FORESTALES

MICROINYECCION Y ASPERSIÓN DE INSECTICIDAS; DOS
ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE *Hypsipyla grandella* (Zeller)

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales

PRESENTA:
CRUZ GARCÍA CALEB

Bajo la supervisión de:
DR. DAVID CIBRIÁN TOVAR



DIRECCION GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



Chapingo, Estado de México, mayo de 2019

MICROINYECCION Y ASPERSIÓN DE INSECTICIDAS, DOS ALTERNATIVAS
PARA EL CONTROL DE *Hypsipyla grandella* (Zeller)

Tesis realizada por el alumno Caleb Cruz García bajo la supervisión del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



Dr. David Cibrián Tovar

ASESOR:


Dr. Antonio Villanueva Morales

ASESOR:


Dr. Víctor David Cibrián Llanderal

CONTENIDO

CONTENIDO -----	iii
AGRADECIMIENTOS -----	vi
DEDICATORIA -----	vii
DATOS BIOGRÁFICOS -----	viii
CAPITULO 1 -----	9
1. INTRODUCCIÓN GENERAL -----	9
1.1. Justificación-----	11
1.2. Objetivo general-----	12
1.3. Objetivos particulares-----	12
CAPITULO 2 -----	13
2. REVISIÓN DE LITERATURA -----	13
2.1. Descripción general-----	13
2.1.1. Taxonomía de <i>Hypsipyla grandella</i> (Zeller)-----	13
2.1.2. Ciclo biológico y hábitos-----	14
2.1.3. Daños-----	14
2.2. Métodos de control y prevención-----	15
2.2.1. Biológico-----	15
2.2.1. Mecánico-----	16
2.2.2. Silvicultural-----	16
2.2.3. Químico-----	17
2.3. Sistemas de inyección en árboles-----	17
2.3.1. Implantes-----	18
2.3.2. Inyecciones a alta y baja presión-----	19
2.4. Modo de acción de los insecticidas-----	20
2.4.1. Imidacloprid-----	21
2.4.2. Spinetoram-----	22
2.4.3. Benzoato de emamectina-----	22
2.5. Literatura citada-----	23
CAPITULO 3 -----	27
3. Microinyección y aspersion de insecticidas como alternativas para el control del barrenador de las meliáceas <i>Hypsipyla grandella</i> Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) -----	27
3.1. Resumen.-----	27

3.2. Abstract.	28
3.3. Introducción	28
3.4. Materiales y métodos	30
3.4.1. Selección de las unidades experimentales.	30
3.4.2. Diseño experimental.	30
3.4.3. Aplicación de los insecticidas con el método de microinyección.	30
3.4.4. Aplicación de los insecticidas con el método de aspersión.	31
3.4.5. Registro y procesamiento de variables evaluadas.	31
3.5. Resultados y discusión	32
3.5.1. Comparación de los tratamientos con el testigo (T) durante 120 días.	32
3.5.2. Comparación entre el método de microinyección y el de aspersión.	34
3.5.3. Comparación múltiple de medias en altura entre tratamientos.	36
3.5.4. Comparación múltiple de medias en diámetro basal y normal entre tratamientos.	36
3.5.5. Avance de la cicatrización en árboles inyectados.	37
3.5.6. Costo de aplicación para cada tratamiento.	37
3.6. Agradecimiento	38
3.7. Referencias citadas	38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Método, ingrediente activo y dosis aplicada en cada uno de los tratamientos.	30
Cuadro 2. Clasificación del porcentaje de cicatrización en los árboles inyectados.	31
Cuadro 3. Comparación del incremento en diámetro basal en los métodos de microinyección y aspersión.	36
Cuadro 4. Porcentaje de árboles cicatrizados con relación a los días transcurridos.	37
Cuadro 5. Costo aproximado para cada tratamiento aplicado a una plantación de caoba con tres años de edad, durante un período de seis meses.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Promedio de brotes afectados por el barrenador en cada uno de los tratamientos.	34
Fig. 2 Relación entre la incidencia promedio de ataque de <i>Hypsipyla grandella</i> por árbol en los árboles testigo y la precipitación registrada en la región de estudio durante el año 2018.	35

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su incondicional apoyo, por ser mi aliento de vida, la principal y única razón de mi existencia, a Él siempre mi más sincera gratitud.

A la Universidad Autónoma Chapingo y a la División de Ciencias Forestales por acogerme durante siete años.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada durante los dos años en el que estuve realizando mis estudios.

A la Dirección General de Investigación y Posgrado por el recurso otorgado al presente proyecto de investigación.

Al Dr. David Cibrián Tovar por ser mi principal guía durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo. Por sus innumerables consejos para hacer de mi persona un profesionista comprometido con la investigación. Al Dr. Víctor D. Cibrián Llanderal por su valioso aporte en la elaboración del presente trabajo y por su disposición frente a mis dudas. Al Dr. Antonio Villanueva Morales por su importante colaboración en el procesamiento de los datos para dar sustento a esta investigación.

A las autoridades de “El Tortuguero”, San Juan Mazatlán, Oaxaca, y principalmente, a mi padre el C. Waldo Cruz Bautista, presidente del comisariado ejidal, por brindar las facilidades para que el experimento se estableciera en las plantaciones ubicadas en la propiedad del ejido mencionado.

Al biólogo Israel Aquino Morales por el apoyo en el diseño y desarrollo del equipo de inyección utilizado. Así mismo al ingeniero Jesús Morales Bautista y al maestro en ciencias José Jovany Martínez Márquez por su colaboración en el establecimiento del experimento.

A mi compañera, amiga y conyugue Isabel, por acompañarme durante la toma de datos, por sus críticas, sugerencias, opiniones y en general todas sus pequeñas, pero muy valiosas aportaciones en el desarrollo de este estudio.

A mis amigos y compañeros Austreberto, Edgar, Llyzel, Aracely, Victoria, Raquel, Gustavo, Liborio, Alberto; por sus consejos, sus motivaciones y por la ayuda prestada en momentos de estrés y angustias generadas por las dudas en el estudio.

Y a todos aquellos que de alguna manera me han motivado a crecer como persona y profesionalista en este maravilloso mundo de la ciencia forestal.

DEDICATORIA

A los ejidatarios de la comunidad el Tortuguero, lugar del cual soy originario. Espero que el presente trabajo aporte nuevas herramientas para que den uso eficiente a los recursos forestales con los que cuenta el ejido.

A los silvicultores de las regiones tropicales del país, en donde las especies maderables preciosas representan un importante sustento para las necesidades básicas de sus familias.

Para todas las personas a las que les sea de utilidad el trabajo que hoy presento y a las que exhorto para seguir avanzando en este complejo pero muy valioso e importante tema de investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

Caleb Cruz García es originario del estado de Oaxaca, nació en un pueblo conocido como El Tortuguero, perteneciente al municipio de San Juan Mazatlán, ubicado en la región del bajo mixe.

Realizó sus estudios básicos en su localidad y el nivel medio superior en un Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario en donde se graduó como técnico agropecuario. En el año 2010 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). En el 2015, se recibió como Ingeniero Forestal de la División de Ciencias Forestales, perteneciente a la UACH.

Durante su estancia profesional realizada en la empresa Agropical en el año 2015, colaboró en el diseño para la planeación del establecimiento de una plantación forestal comercial con eucalipto y acacia, en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.

Durante el 2015 ejerció su profesión en la consultora denominada ingeniería para el manejo, restauración y conservación de ecosistemas en donde participó en la elaboración de estudios técnicos justificativos, manifestaciones de impacto ambiental.

Durante el 2016 desempeñó distintas actividades de inventario forestal en el estado de México. También colaboró en el diagnóstico fitosanitario de áreas verdes afectas por muérdago en la Ciudad de México.

En el año 2017 ingresó a la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales en donde trabajó con dos métodos de control para el barrenador de las meliáceas.

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La caoba es una de las especies arbóreas maderables más importantes en el mundo, constituye una fuente importante de ingresos (Howard y Merida, 2014), La sobreexplotación de esta, ha propiciado la disminución de sus poblaciones en las selvas húmedas tropicales de América (Mejía, 2001). Por lo anterior, es necesario implementar acciones que permitan garantizar su cultivo mediante el establecimiento de plantaciones forestales comerciales para satisfacer las necesidades que el mercado demanda, y a su vez, disminuir los impactos sobre el bosque natural (Lamb, 1966; Newton, 1998; Floyd y Hauxwel, 2001), sin embargo, durante su juvenil, los árboles son atacados por *Hypsipyla grandella* (Zeller), conocido generalmente como el barrenador de las meliaceas.

Según la FAO (2009), *H. grandella* es el segundo insecto plaga de mayor importancia en las regiones tropicales de América. Afecta el desarrollo exitoso de plantaciones forestales comerciales jóvenes de *Cedrela odorata* (cedro rojo) y *Swietenia macrophylla* (caoba) (Beutelspacher, Balcázar y Cibrián, 2017), especies que por sus características de alta calidad son altamente cotizadas en el mundo (Lunz et al, 2009).

La barrenación de brotes y frutos constituye el principal daño que causa este insecto (Grijpma, 1976). Como respuesta del árbol al ataque se tiene la conversión de brotes laterales en brotes líderes (Howard y Meerow 1993). En infestaciones severas hay una considerable reducción del crecimiento y una severa deformación del fuste (Howard, 2014).

Wylie (2001) menciona, que, pese a las investigaciones continuas durante décadas en distintos países tropicales, aún no existe ningún método económico, confiable y ambientalmente sano para prevenir el daño económico ocasionado por estos insectos. Sands y Murphy (2001) sugieren que el control biológico con

insectos, enemigos naturales del barrenador de las meliáceas, no parece ser una opción efectiva por si misma.

El insecto es difícil de controlar, pues incluso las poblaciones pequeñas pueden causar daño significativo (Briceño, 1997; Howard, 2014). Debido al hábito que tienen sus larvas al barrenar en las yemas apicales inmediatamente después de la eclosión, es difícil el control mediante el uso de plaguicidas aplicados por aspersión.

La necesidad de contar con nuevos y efectivos métodos de aplicación de plaguicidas a los árboles y ante la inconveniencia de las aspersiones aéreas o al suelo, ha llevado al desarrollo de los sistemas de aplicación de productos directamente a la corriente de savia del árbol, los cuales son translocados por su sistema fisiológico interno, dando protección y control contra plagas y enfermedades (Doccola y Wild, 2012).

Al respecto, Cibrián (2001 y 2003) menciona que se puede garantizar cierto grado de éxito para el control del barrenador mediante el empleo de inyecciones al fuste con microjeringa, debido a que es posible introducir por medio de ésta una mezcla de insecticidas sistémicos desde la base del tronco, sin embargo, hasta ahora no se han hecho experimentos con este tipo de control.

El método de inyección presenta ventajas de carácter ecológico y tecnológico. Además, se ha demostrado en árboles maduros su alta efectividad en el control de diversos insectos por lo que se considera apropiado adecuar esta tecnología en árboles jóvenes que son altamente atacados por el barrenador de las meliáceas.

El presente trabajo aborda los resultados aportados en el estudio en torno a los efectos causados, así como los métodos utilizados para el control del barrenador *Hypsipyla grandella* (Zeller), en una plantación ubicada en el ejido "El Tortuguero" perteneciente al municipio de San Juan Mazatlán, Oaxaca.

1.1. Justificación

La conservación de la diversidad biológica es sin duda uno de los retos ambientales más grandes que enfrentamos en el ámbito mundial. México es uno de los países con mayor diversidad de especies y ecosistemas, pero al mismo tiempo presenta un contexto social, económico y político complejo. Por ello, es necesario implementar acciones de conservación y producción; eficaces, eficientes y de bajo costo.

La caoba (*Swietenia macrophylla* King) es una de las especies arbóreas maderables más importantes en el mundo, junto con el cedro rojo (*Cedrela odorata*) constituyen una fuente importante de ingresos de numerosas comunidades rurales de México. Sin embargo, durante las últimas décadas, las poblaciones de ambas especies han disminuido debido a la deforestación ilegal y al aprovechamiento selectivo de los mejores árboles (Styles, 1981). La caoba según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 1998) se encuentra declarada como una especie vulnerable. También se encuentra incluida en el apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2017); por su parte, el cedro rojo ya se encuentra en la lista de especies amenazadas sujetas a protección (SEMARNAT 2010).

Considerando lo anterior, es preciso mencionar que las plantaciones son clave para la conservación de los recursos genéticos. La reforestación a través de plantaciones revierte el proceso de deforestación, aumenta las áreas con vegetación y ayuda a satisfacer la demanda de madera y servicios ecológicos.

Por otra parte, el actual presidente, el Lic. Andrés Manuel López Obrador plantea en su proyecto de nación 2018-2024 la reforestación de un millón de hectáreas de árboles maderables y frutales mediante un sistema agroforestal para restaurar bosques y selvas (Proyecto de nación, 2018). En ese proyecto la caoba y el cedro rojo desempeñarán un papel importante en el desarrollo agropecuario y forestal de México. Exponiendo lo anterior, es fácil comprender la importancia que

representa el buscar técnicas con tecnologías que coadyuven al establecimiento de las plantaciones mediante un manejo integrado de los distintos factores (plagas principalmente) que limiten el éxito del objetivo que el actual gobierno se propone.

1.2. Objetivo general

Evaluar y comparar tres insecticidas utilizando los métodos de inyección y aspersion para el control del barrenador de las meliáceas *Hypsipyla grandella* (Zeller).

1.3. Objetivos particulares

Evaluar la efectividad de tres insecticidas aplicados para el control de *Hypsipyla grandella*.

Comparar la efectividad del método de microinyección con el de aspersion aplicando tres insecticidas.

CAPITULO 2

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Descripción general

2.1.1. Taxonomía de *Hypsipyla grandella* (Zeller)

Los adultos de *H. grandella* son de color marrón a marrón-grisáceo. La envergadura de las alas anteriores es cerca de 23 a 45 mm. Éstas son gris-fuscas sombreadas de color ladrillo en la parte posterior de las alas. Las venas de las alas son recubiertas con escamas negras (Ramírez,1964; Becker, 1976; Solomon, 1995). Las alas traseras son blancas a translucidas con márgenes oscuras. La longitud promedio de las hembras es ligeramente mayor que la de los machos. Estos se diferencian de las hembras por tener las antenas ciliadas, en las hembras ya que son débilmente ciliadas (Cibrián, Méndez, Campos, Yates, y Flores, 1995). La cabeza y el tórax están cubiertos con escamas grises. El abdomen es gris oscuro en su parte dorsal y blanquecino en su vista ventral.

Los huevos del taladrador de las meliáceas son ovalados, aplanados y miden aproximadamente 0.9 mm de largo por 0.5 mm de ancho. El color de los huevos cambia de blanco a rojizo en las primeras 24 horas después de la oviposición (Ramírez,1964; Becker, 1976; Solomon, 1995).

El cuerpo de la larva de los instares jóvenes es de un color cremoso pálido a blanco, volviéndose de azul a violeta en los instares más avanzados (Ramírez,1964; Becker, 1976; Solomon, 1995). Larva de tipo eruciforme, con cabeza bien desarrollada de color café, cuerpo subcilíndrico, alargado, con setas pocos obvias, pero con manchas apodemales bien definidas. En su madurez alcanzan longitudes que varían desde 20 a 25 mm, con anchura de 4 a 5 mm (Cibrián et al. 1995). La pupa de *H. grandella* es marrón-negro en color y envuelto en un capullo de seda (Ramírez,1964; Becker, 1976; Solomon, 1995).

2.1.2. Ciclo biológico y hábitos

La duración del ciclo biológico puede variar dependiendo de la región geográfica o de la estación del año. Se presume que hay cuando menos 7 generaciones por año (Cibrián et al. 1995).

Las polillas adultas son nocturnas y viven siete a ocho días (Holsten 1976). Las palomillas emergen de sus capullos pupales en el crepúsculo, permaneciendo inactivos durante varias horas. Aparentemente requieren de al menos 48 horas para iniciar su actividad sexual; al término de ese tiempo, liberan feromonas que facilitan la llegada del macho (Cibrián et al. 1995).

La cópula se realiza sólo una vez, las hembras depositan los huevos durante las horas tempranas de la madrugada sobre los brotes nuevos, en las cicatrices de las hojas caídas, en hojuelas (especialmente al lado de una vena en la superficie superior) y durante la época de fructificación, en los frutos. Los huevos generalmente se ponen de uno a uno, pero a veces están agregados en un grupo de tres o cuatro huevos metidos en axilas de hojas. Una hembra es capaz de ovipositar aproximadamente 300 huevos; sin embargo, pone pocos huevos por cada árbol (Solomon 1995).

2.1.3 Daños

La barrenación de brotes y frutos constituye el principal daño que causa este insecto (Grijpma, 1976). Dentro de los túneles que se encuentran en el centro del brote, la larva consume los tejidos y expulsa todos los materiales de desecho a través del orificio de entrada. En infestaciones severas estos brotes pueden ser atacados nuevamente. Como respuesta del árbol al ataque se tiene la conversión de brotes laterales en brotes líderes. En infestaciones severas hay una considerable reducción del crecimiento y una severa deformación del fuste (Howard, 2014; Grijpma, 1976). El barrenador infesta los brotes de árboles de uno a ocho años de edad. En árboles mayores los ataques se vuelven ocasionales y cuando llegan a ocurrir los daños se presentan en las ramas o en los frutos, causando la caída prematura de los últimos.

En los árboles jóvenes la infestación se inicia cuando los individuos tienen menos de un año de edad al alcanzar una altura aproximada de 50 cm (Griffiths 2001); la intensidad de la infestación va creciendo y a los dos años se puede presentar el ataque máximo (Cibrián et al. 1995), sin embargo, otros autores mencionan que el mayor ataque ocurre a los tres años cuando la planta presenta una altura promedio de 4 metros.

2.2. Métodos de control y prevención

Existen diferentes métodos que han sido probados y que tienen efecto en el control del barrenador. Estos se clasifican según el ingrediente activo a utilizar o en su caso al material utilizado (Cibrián et al. 1995). Villaseñor et al (2012) mencionan que las bajas temperaturas invernales y la alta contaminación de plaguicidas hacen difícil la presencia de este insecto.

2.2.1 Biológico

Sands y Murphy (2001) mencionan que cerca de 40 especies de insectos se han identificado como enemigos naturales del barrenador de las meliáceas en América. Se conocen varias especies de avispas parasitoides, entre las que destacan las del género *Trichogramma* son: *T. pretiosum* Riley, *T. semifumatum* (Perkins), *T. fasciatum* Perkins y *T. beckeri* Nagarkatti, todas ellas parasitoides del huevecillo (Cibrián et al. 1995).

Como control biológico se ha propuesto al insecticida biológico *Bacillus thuringiensis*, el cual ha demostrado ser letal en larvas de diferentes instares del barrenador. Las limitantes para su uso extensivo son el costo del producto y la aplicación constante de aspersiones en ambientes en donde puede lavarse fácilmente (Cibrián et al. 1995). Sin embargo, pese a los numerosos enemigos ya identificados, Sands y Murphy (2001) mencionan que el control biológico con insectos como enemigos naturales del taladrador de las meliáceas no parece ser una opción prometedora.

2.2.1. Mecánico

El control mecánico (podas) denominado también como un método de control correctivo, es quizás la manera más efectiva de corregir las anomalías causadas por el ataque del barrenador (Cornelius, 2000); sin embargo, no puede considerarse una alternativa para el control de esta plaga ya que en condiciones severas el árbol no podría recuperarse. Por su parte el control de maleza en su totalidad es inconveniente pues de los estudios realizados se ha descubierto que sirven como barrera protectora para las altas radiaciones solares que afectan la base de los árboles en estado juvenil. Se tiene registro de que con o sin presencia de malezas la diferencia en la incidencia de plagas es poco significativa, sin embargo, es importante evitar que los árboles tengan competencia de alimento con otras plantas para favorecer su crecimiento.

2.2.2. Silvicultural

La buena selección de los sitios en donde se establecen las plantaciones y las prácticas de manejo permiten dar mayor protección a los árboles ante el ataque del barrenador. El suelo fértil promoverá un crecimiento vigoroso y, por lo tanto, la recuperación, aunque la incidencia de ataque también puede aumentar (Newton, Cornelius, Mesén, Corea y Watt, 1998).

Por otra parte, la combinación de cedro y caoba junto con otras especies de árboles maderables o en combinación con cafetales ha resultado ser las más rentable desde el punto de vista económico (Jiménez, 2012), sin embargo, se ve limitado por la competencia generada con aquellos árboles que presentan una tasa de crecimiento mayor.

2.2.2. Mejoramiento genético

La selección de los árboles padres para la obtención de semillas es importante, se pueden seleccionar aquellos que muestren rectitud y dominio hacia los árboles vecinos de su misma especie. Una característica idónea para elegir es la emisión de un sólo brote ante el ataque de *H. grandella*. (Newton, Cornelius, Mesen, y Leakey, 1995).

2.2.3. Químico

Durante décadas de investigación continua, en más de 23 países se han realizado investigaciones para el control químico de *Hypsipyla spp.* en meliáceas (Wylie, 2001). A pesar de esto, aún no existe una tecnología química o de aplicación que proporcione protección efectiva a las meliáceas durante el período necesario para producir un tallo comercializable.

Wylie (2001) menciona que las razones por las que el control químico ha sido difícil tienen relación directa con las características biológicas del insecto, la naturaleza de su daño, las restricciones impuestas por el clima y el período de protección requerido. Todos estos están interrelacionados; las generaciones frecuentemente se superponen por lo que se requiere de una protección continua para prevenir completamente los ataques (Wylie, 2001).

El túnel construido por la larva dificulta el contacto con los insecticidas, pero puede ser susceptible a los insecticidas sistémicos. Por su parte, las fuertes lluvias y las altas temperaturas disminuyen rápidamente la efectividad de la protección provista por los insecticidas de contacto. Son fácilmente biodegradados en condiciones tropicales y las formulaciones convencionales generalmente han durado solo entre 20 y 30 días (Allan et al. 1976).

Según Newton, Baker, Ramnarine, Mesen y Leakey (1993) el papel de los insecticidas químicos en el control de *H. grandella* sigue siendo una medida provisional para proteger las plantas como parte de un programa general de manejo integrado de plagas en el campo.

2.3. Sistemas de inyección en árboles

La inyección de árboles es un método para administrar tóxicos específicos a la plaga dañina y para minimizar las exposiciones no deseadas. Son las soluciones (insecticidas, fungicidas o fertilizantes sistémicos) que se introducen al árbol por gravedad o por presión dentro de agujeros taladrados en el tronco o la raíz a través del tejido vascular en las plantas.

El xilema, es un tejido conductor que incluye una capa externa llamada albura, conduce principalmente agua y minerales desde las raíces hasta el dosel (Kuhns, 2011). La estructura del xilema consiste en su mayoría de tubos verticales, pero también tienen algunos haces de tubos llamados rayos orientados radialmente, que se extienden desde la parte central del árbol hacia afuera a través de la albura y el cambium hasta el floema. Los rayos más grandes tienden a extenderse desde la corteza más grande y profunda, y hay relativamente poca corteza externa que cubre los extremos externos de esos rayos. Esto puede ser importante para la absorción química (Kuhns, 2011).

El producto se distribuye a través del flujo de savia existente en el interior de los tejidos vasculares (Bedwell, 1993). La fuerza impulsora del movimiento del agua, es la evapotranspiración a través de las hojas. El agua sube en el tallo, atraída por la tensión que produce su pérdida desde las hojas (Bedwell, 1993). La propiedad cohesiva del agua es suficiente bajo circunstancias normales, así las columnas de agua resisten la tensión del impulso ascendente que causan las fuerzas de evaporación (Bedwell, 1993).

La translocación ascendente de insecticidas sistémicos también depende del aumento de la savia en los árboles (Docola, 2012). Los productos sistémicos son absorbidos y transportados por los conductos vasculares del xilema, desde el área tratada hasta partes distantes dentro del árbol (Kuhns, 2011). La mayoría de los movimientos de productos químicos aplicados por los métodos descritos a continuación tienen lugar en la albura, tanto en los tubos verticales como en los rayos.

2.3.1. Implantes

Los implantes en el tronco funcionan colocando productos químicos solubles en agua dentro del cambium, los químicos se desplazan hacia arriba a través de la savia del xilema. La inyección y la implantación tienden a ser buenos métodos para tratar a los insectos que chupan y perforan, como los áfidos y los adélgidos (Kuhns, 2011).

Los productos químicos que son muy solubles en agua tienden a no estar disponibles en el flujo de transpiración durante mucho tiempo porque son rápidamente recogidos y movidos. Algunas formulaciones químicas, como el imidacloprid, prolongan su tiempo de efectividad al ser menos solubles, por lo que son absorbidas durante un período de tiempo más prolongado (Kuhns, 2011).

Los implantes tienen la ventaja de ser de bajo costo, pueden ser utilizados con facilidad sin necesidad de alguna persona experta y se instalan fácilmente. La principal desventaja es que los agujeros son bastante grandes (Kuhns, 2011).

2.3.2. Inyecciones a alta y baja presión

Las inyecciones en el tronco generalmente son más complicadas que la implantación. Los productos químicos líquidos se inyectan en el tallo a través de varios tipos de agujeros y dispositivos (Kuhns, 2011).

La inyección de tronco implica la introducción de productos químicos líquidos sin presión o de baja a alta presión. La introducción de líquido bajo presión puede reducir el tiempo que toma tratar un árbol porque la presión aumenta la capacidad de absorción. Se está moviendo menos agua a través de un árbol en un día nublado y fresco que un día caluroso y soleado, por lo que el movimiento de un químico hacia y a través de la corriente de transpiración disminuye. Además, algunas especies de árboles naturalmente tienen una absorción más lenta, por lo que el uso de la presión ayuda a estas especies (Kuhns, 2011).

Un inconveniente de usar presión es la posibilidad de que se forme una burbuja o embolia debajo de la corteza a alta presión. La corteza se puede separar en el área cambial a medida que se inyectan productos químicos. Esto crea un depósito de producto químico que puede ser absorbido lentamente con el tiempo, pero toda el área de esa burbuja debe considerarse una herida. Las células se dividen y se matan para crear esa burbuja. También existe la posibilidad de una fuga o retroceso cuando los productos químicos se inyectan a alta presión.

Algunos sistemas requieren el uso de un tabique o sello de goma en el punto de la inyección para minimizar las fugas (Kuhns, 2011).

2.4. Modo de acción de los insecticidas

Según la clasificación del comité de acción de resistencia a los insecticidas IRAC (2018) la mayoría de los insecticidas actúan sobre el sistema nervioso o muscular. Generalmente suelen ser de acción rápida. A continuación se muestra la clasificación y descripción de los principales grupos de insecticidas por el IRAC (2018). Grupo 1 Inhibidores de la acetilcolinesterasa: inhiben la acetilcolinesterasa, causando hiperexcitación. La acetilcolinesterasa es la enzima que finaliza la acción de excitación neurotransmisora de la acetilcolina en la sinapsis nerviosa.

Grupo 3 Moduladores del canal de sodio: mantienen abiertos los canales de sodio, causando hiperexcitación y, en algunos casos, bloqueo nervioso. Los canales de sodio están implicados en la propagación de potenciales de acción a lo largo de los axones nerviosos.

Grupo 4 Moduladores competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina: se unen al sitio de la acetilcolina en el receptor, provocando una serie de síntomas desde hiperexcitación a letargia y parálisis. La acetilcolina es el principal neurotransmisor excitador en el sistema nervioso central del insecto.

Grupo 5 Moduladores alostéricos del receptor nicotínico de la acetilcolina: activan alostéricamente los receptores, provocando la hiperexcitación del sistema nervioso. La acetilcolina es el principal neurotransmisor excitador en el sistema nervioso central del insecto.

Grupo 6 Moduladores alostéricos del canal de cloro dependiente de glutamato: Activan alostéricamente el glutamato en canales de cloro, causando parálisis. El glutamato es un importante neurotransmisor inhibitorio en insectos.

Grupo 9 Moduladores del canal TRPV (Receptor de potencial transitorio vaniloide) de los órganos cordotonales: unirse e interrumpir la entrada de los

complejos Nan-lav del canal TRPV en órganos cordotonaes receptores de estiramiento, que son críticos para los sentidos de la gravedad, el equilibrio, la propiocepción y la cinestesia. Esto provoca una alteración en la alimentación y otros comportamientos de los insectos.

Grupo 22 Bloqueadores del canal de sodio dependiente del voltaje: bloquean los canales de sodio, causando el colapso del sistema nervioso y parálisis.

Los canales de sodio están implicados en la propagación de potenciales de acción a lo largo de los axones nerviosos.

Grupo 28 Moduladores del receptor de la rianodina: activan los receptores musculares de la rianodina, lo que provoca contracción y parálisis. Los receptores de la rianodina intervienen en la liberación de calcio en el citoplasma desde las reservas intracelulares.

Grupo 29 Moduladores de los órganos cordotonaes – sin punto de acción definido: interrumpen la función de los órganos cordotonaes receptores de estiramiento, que son críticos para los sentidos de la gravedad, el equilibrio, la propiocepción y la cinestesia. Esto interrumpe la alimentación y otros comportamientos de los insectos. Al contrario que el grupo 9, los insecticidas del grupo 29 no se unen al complejo Nan-lav del canal TRPV.

2.4.1. Imidacloprid

Según el IRAC (2018) pertenece al grupo 4 y se ubica dentro del subgrupo 4A de los neonicotinoides.

Es un insecticida de acción sistémica y de contacto. Por su alta sistemia y residualidad dentro de la planta puede usarse en tratamientos al follaje, al suelo y en el sistema de riego mostrando movimiento vertical hacia arriba de esta forma protege los puntos de crecimiento de la planta.

Su mecanismo de acción se basa en la interferencia de la transmisión de los estímulos nerviosos de los insectos. Posee amplio espectro de acción, controla

especialmente insectos chupadores como: áfidos y moscas blancas, además controla algunos coleópteros y dípteros entre otras plagas. Ha demostrado en la práctica excelentes resultados sobre los estadíos inmaduros (ninfas, larvas) así como también sobre adultos de los insectos. Por su novedoso mecanismo de acción, controla satisfactoriamente plagas que han desarrollado resistencia a otros insecticidas. Tiene un largo efecto residual.

2.4.2. Spinetoram

Pertenece al grupo 5 y su materia activa representativa son las espinosinas. Su modo de acción es por ingestión, contacto y traslaminar (IRAC, 2018).

Este ingrediente, actúa sobre los receptores nicotínicos de la acetilcolina, excitando el sistema nervioso por alteraciones en la función nicotínica y los canales iónicos del GABA.

Su espectro de control es principalmente en larvas de lepidópteros, trips y minadores.

2.4.3. Benzoato de emamectina

Se ubica dentro del grupo 6 en el subgrupo de las avermectinas (IRAC, 2018). Actúa por ingestión, tiene efecto sobre el ácido aminogammabutírico interrumpiendo los impulsos nerviosos de las larvas. Poco tiempo después de la ingestión del producto, las larvas dejan de alimentarse y quedan paralizadas irreversiblemente. La mortandad máxima se obtiene de 3 a 4 días después de la aplicación.

2.5. Literatura citada

- Allan, G.G., Chopra, C.S., Friedhoff, J.F., Gara, R.I., Maggi, M.W., Neogi, A.N., ... Wilkins, R.M. (1976). The concept of controlled release insecticides and the problem of shoot borers of the Meliaceae. In: Whitmore, J.L., ed. Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Vol.II. IICA Miscellaneous Publications No. 101, CATIE, Turrialba, Costa Rica, (pp:110–115).
- Becker, V. O. (1976). Microlepidopteros asociados con *Carapa*, *Cedrela*, y *Swietenia* en Costa Rica, pp. 75-101. In Whitmore JL [ed.], Studies on the shootborer, *Hypsipyla grandella* (Zeller), Lep.: Pyralidae, CATIE Misc. Publ. No. 1. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Bedwell, R. G. S., (1993). Absorción y movimiento del agua. En: A.G.T. Editor, S.A. *Fisiología vegetal*. 293-308. Progreso 202 - Planta Alta México, D.F.
- Beutelspacher, R. C, Balcázar, L. M. A., y Cibrián, T. D. (2017). Familia Pyralidae. En: Cibrián T., D. (Ed.), *Fundamentos de Entomología Forestal*. (Pp: 417-418). Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México.
- Briceño, A. J. (1997). Aproximación hacia un manejo integrado del barrenador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller). *Revista Forestal Venezolana* 41(1), 23-28.
- Cibrián, D.T. (2001). Plagas y enfermedades en plantaciones tropicales (Barrenador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Manual para la identificación y manejo de las plagas y enfermedades forestales del estado de Jalisco*. (Pp:56-62).
- Cibrián, D. T., Méndez, J.T., Campos, R., Yates, H.O., y Flores, J. 1995. Insectos forestales de México / Forest Insects of Mexico. Universidad Autónoma Chapingo, SARH, USDA-FS, Com. Forestal. Amer. Norte, FAO. Pub. no. 6.453 p.
- CITES. (2017). Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Consultado en enero de 2019. Disponible en: <https://www.cites.org/esp/app/appendices.php>
- Cornelius, P. J. (2000). The effectiveness of pruning in mitigating *Hypsipyla grandella* attack on young mahogany *Swietenia macrophylla* (King) trees. *Forest Ecology and Management* 148 (2001), 287-289
- Doccola, J.J. y Wild, M. P. (2012). Tree Injection as an Alternative Method of Insecticide Application, Insecticides - Basic and Other Applications, Dr. Sonia Soloneski (Ed.), ISBN: 978-953-51-0007-2, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/insecticides-basic-and-other-applications/tree-injection-as-an-alternative-method-of-insecticide-application>
- FAO. (2009). Global review of forest pest and diseases: A thematic study prepared in the framework of the global forest resources assessment 2005.

- FAO Forestry Paper N0. 156. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma. 222 pp.
- Floyd, R.B. and Hauxwell, C., ed. (2001). *Hypsipyla* Shoot Borers in Meliaceae. Proceedings of an International Workshop, Kandy, Sri Lanka 20–23 August 1996. ACIAR Proceedings No. 97.
- Griffths, M. W. (2001). The biology and ecology of *Hypsipyla* shoot borers. pp. 74-80. In Floyd RB, Hauxwell C (eds.), *International Workshop on Hypsipyla shoot borers in Meliaceae*, 20-23 August 1996. ACIAR Proceedings No. 97.
- Grijpma, P., (1976). Resistance of Meliaceae against the shoot borer *Hypsipyla* with particular reference to *Toona ciliata* M. J. Roem. var. *australis* (F. V. Muell.) C. DC. In: Whitmore, J. L. (Ed.) Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Vol. III. San José: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.1 (101), 90-94.
- Holsten, E. H. (1976). Life cycle of *Hypsipyla grandella* (Zeller). pp. 112-116. In Whitmore JL [ed.], *Studies of the shoot borer, Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae, CATIE Misc. Publ. No. 1. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Recuperado de: [https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=WtpkAAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA112&dq=holsten+life+cycle+of+hypsipyla+grandella+\(zeller\).+pdf&ots=CVnKz5QGoo&sig=8mFAXFJk6z-lo2RF7HC16Mi4jxA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=WtpkAAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA112&dq=holsten+life+cycle+of+hypsipyla+grandella+(zeller).+pdf&ots=CVnKz5QGoo&sig=8mFAXFJk6z-lo2RF7HC16Mi4jxA#v=onepage&q&f=false)
- Howard F. W. y Meerow A. W. (1993). Effect of mahogany shoot borer on growth of West Indies mahogany in Florida. *Journal of Tropical Forest Science* 6: 201-203.
- Howard, F. W., and Merida A. M. (2014). El taladrador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae: Phycitinae). EDIS/IFAS, Univ. of Florida. Document EENY-337. Online URL: http://edis.ifas.ufl.edu/document_in614.
- IRAC. (2018). Insecticide Resistance Action Committee. IRAC Mode of Action Classification Scheme. (8.5): 5-18. Consultado en mayo de 2018; Recuperado de: <https://www.irc-online.org/modes-of-action/>
- Jiménez, N. (2012). Producción de madera y almacenamiento de carbono en cafetales con cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en Honduras (tesis de maestría). Presentada en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Kuhns, M. (2011). Getting Chemicals Into Trees Without Spraying. *Utah Forest Facts*. Department of Agriculture, Utah State University.
- Lamb, F. B. (1966). *Mahogany of tropical America; its ecology and management*, by F. Bruce Lamb. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Lunz, A. M., Moraes, B. M. C., Neves M. E. J., Batista C. T. F., Degenhardt J. y Ohashi S. O. (2009). *Hypsipyla grandella* em Mogno (*Swietenia*

macrophylla): Situação Atual e Perspectivas. *Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo*, (59),45-55. doi: 10.4336/2009.pfb.59.45

- Mejía, D. A. (2001). Research into Species of *Cedrela* and *Swietenia* in Honduras including Observations on Damage by *Hypsipyla* sp. pp. 96-101. In Floyd RB, Hauxwell C (eds.), *International Workshop on Hypsipyla shoot borers in Meliaceae*, 20-23 August 1996. ACIAR Proceedings No. 97.
- Newton, A.C., Baker, P., Ramnarine, S., Mesen, J.F. y Leakey, R.R.B. (1993). The mahogany shoot borer: prospects for control. *Forest Ecology and Management*, (57), 301–328.
- Newton, A.C., Cornelius, J.P., Mesen, J.F. and Leakey, R.R.B. (1995). Genetic variation in apical dominance of *Cedrela odorata* seedlings in response to decapitation. *Silvae Genetica*, (44), 146–150.
- Newton, A.C., Cornelius, J.P., Mesén, J.F., Corea, E.A. y Watt, A.D. 1998. Variation in attack by mahogany shoot borer, *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) in relation to host phenology. *Bulletin of Entomological Research*, (88),319–326.
- Proyecto de nación 2018-2024. (2018). Consultado el 25 de octubre de 2018; disponible en: <http://morenabc.org/10-compromisos/>
- Ramírez, S. J. (1964). Investigación preliminar sobre la biología, ecología y control de *Hypsipyla grandella* Zeller. *Boletín del Instituto Forestal Latino-Americano, Mérida, Venezuela* (16) 54-77.
- Sands, D.P.A. y Murphy, S.T. (2001). Prospects for biological control of *Hypsipyla* spp. with insect agents. *International Workshop on Hypsipyla shoot borers in Meliaceae*, 20-23 August 1996. In Floyd RB, Hauxwell C (eds.), (97) 121-130.
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. México, D.F. Recuperado de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFs/DO2454.pdf>
- Solomon JD. (1995). Guide to insect borers of North American broadleaf trees and shrubs. *Agriculture Handbook 706*. Descargado el 10 de octubre de 2018. Recuperado de: https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/misc/ah_706/ah-706.htm
- Styles, B. T. (1981). Swietenioideae. In Pennington, TD; Styles, BT; Taylor, DAH. (eds.). *Meliaceae. Flora neotropica monograph*. New York Botanical Garden 28: 359-418. This content downloaded from 200.23.135.43 on Mon, 26 Nov 2018 (23), 41-46. Recuperado: <https://www.jstor.org/stable/pdf/4393748.pdf>

- The IUCN Red List of Threatened Species.* (1998). *Swietenia macrophylla*: e.T32293A9688025.
<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T32293A9688025.en>. Downloaded on 26 November 2018.
- Villaseñor L. et al. (2012). Evaluación del crecimiento de *Cedrela odorata* en las condiciones del Valle del Yaqui, Sonora, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*. 8 (1), 1-8.
- Wylie, F. R. (2001). Control of *Hypsipyla* spp. shoot borers with chemical pesticides International Workshop on *Hypsipyla* shoot borers in Meliaceae, 20-23 August 1996. In Floyd. RB, Hauxwell C (eds.), (97), 109-115.

CAPITULO 3

3. Microinyección y aspersión de insecticidas como alternativas para el control del barrenador de las meliáceas *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)

Microinjection and spraying of insecticides as alternatives for the control of the honeydew borer *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)

Caleb Cruz García¹, David Cibrián Tovar^{1*}, Antonio Villanueva Morales¹, Víctor David Cibrián Llanderal²; Israel Aquino Bolaños³.

3.1. Resumen.

El estudio se realizó en una plantación forestal de caoba (*Swietenia macrophylla* King) de tres años, ubicada en el ejido “El Tortuguero”, perteneciente al municipio de San Juan Mazatlán, Oaxaca. Se probaron tres insecticidas y dos métodos de aplicación, para el control de *Hypsipyla grandella* Zeller. El experimento se aplicó en un diseño completamente al azar, en arreglo factorial con seis combinaciones de tratamientos, resultantes de las combinaciones de los dos métodos de aplicación y los tres insecticidas. Adicionalmente, se incluyó un testigo. Cada combinación de tratamientos y el testigo fueron replicados siete veces. Para evaluar la efectividad de los insecticidas, la eficiencia de cada método y el crecimiento de los árboles, durante cuatro meses, se contaron los brotes sanos y los brotes atacados, se midió la altura y el diámetro basal. También se evaluó el costo de cada tratamiento. Por el método de Tukey, considerando el número de brotes atacados con respecto al número de brotes sanos, se obtuvo que el tratamiento con aspersión de Spinetoram y los árboles tratados con Benzoato de Emamectina por microinyección resultaron ser significativamente efectivos ($p=0.0033$), en comparación con los otros tratamientos; Los tratamientos con microinyección de Imidacloprid y Spinetoram al igual que los de aspersión aplicando Imidacloprid y Benzoato de Emamectina tuvieron resultados no significativos con respecto al testigo. Se encontró que no hubo diferencias significativas entre el método de microinyección y el de aspersión. Por otra parte, el incremento en altura no mostró diferencias significativas favorables para ningún tratamiento. También se encontró que las heridas realizadas en los

¹Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5, carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230.

² Cátedras CONACYT-Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Km. 36.5, México 136 5, Montecillo, 56230 Montecillo, Méx.

³Instituto de Sanidad Forestal A.C. Francisco González Bocanegra 108, Col. Maestranza, Pachuca, Hidalgo, México- CP 42060.

*Autor correspondientes, email: dcibrian48@gmail.com

árboles inyectados cicatrizaron completamente a los 180 días. Este método de inyección no causó reducción significativa en incremento en diámetro normal, pero sí lo hizo en el diámetro basal.

Palabras clave

Plantación forestal, *Swietenia macrophylla*, imidacloprid, spinetoram, benzoato de emamectina.

3.2. Abstract.

The study was conducted in a three-year-old mahogany (*Swietenia macrophylla* King) forest plantation located in the "El Tortuguero" ejido, belonging to the municipality of San Juan Mazatlán, Oaxaca. Three insecticides and two application methods were tested for the control of *Hypsipyla grandella* Zeller. The experiment conducted as a completely randomized design, in a factorial arrangement with six treatment combinations, resulting from the combinations of the two application methods and the three insecticides. Additionally, a control was included. Each treatment combination and the control were replicated seven times. To evaluate the effectiveness of the insecticides, the efficiency of each method and the growth of the trees, along four months, was recorded de number of healthy shoots, buds attacked, and the tree-height and the basal diameter were measured. The cost of each treatment was also evaluated. By the Tukey method, considering the number of shoots attacked, with respect to the number of healthy shoots, it was obtained that the Spinetoram spraying treatment and the Emamectin Benzoate applied by microinjection were significantly ($p = 0.0033$) effective in comparison to the other treatments. The treatments with microinjection of Imidacloprid and Spinetoram, as well as those of aspersion applying Imidacloprid and Benzoate of Emamectina, had not significant results with respect to the control. It was found that there were no significant differences between the microinjection and the spray methods. On the other hand, the increase in height did not show significant favorable differences for any treatment. Also, it was found that the wounds made on the injected trees healed completely after 180 days. This method of injection did not cause a significant reduction in the increase in normal diameter, but it did it in basal diameter.

Keywords

Forest plantation, *Swietenia macrophylla*, imidacloprid, spinetoram, emamectin benzoate.

3.3. Introducción

En México, y en otros países tropicales de América, el barrenador de las meliáceas *Hypsipyla grandella* Zeller, ha impedido el desarrollo exitoso de plantaciones forestales comerciales de *Cedrela odorata* L. (cedro rojo) y *Swietenia macrophylla* King (caoba), especies que por sus características de

alta calidad (veteado y resistencia) son altamente cotizadas en el ámbito internacional (Beutelspacher *et al.* 2017).

La caoba es una de las especies arbóreas maderables más importantes en el mundo, constituye una fuente importante de ingresos de numerosas comunidades rurales de México (Howard y Michael 2014), la presencia y los efectos provocados por el insecto, han generado impactos económicos, sociales y ambientales de gran magnitud.

El impacto de los malos manejos en selvas naturales de esta especie maderable ha obligado a las instancias internacionales a tomar medidas de control para reducir la tala, a tal grado que, en la actualidad la especie de caoba (*S. macrophylla*) se encuentra registrada en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza en la categoría de vulnerable (IUCN 1993) y en el apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2017).

El barrenador principalmente ataca los brotes de árboles de uno a ocho años, como respuesta, se tiene la conversión de brotes laterales en brotes líderes, lo que propicia la deformación del fuste; además, en infestaciones severas hay una considerable reducción del crecimiento (Howard y Michael 2014).

Wylie (2001) menciona que, pese a casi un siglo de investigaciones continuas sobre la acción y efectos negativos de este barrenador, aún no existe un método de control que sea económicamente eficiente y ambientalmente aceptable.

La presencia de pequeñas poblaciones de adultos puede causar daños significativos ya que las hembras ovipositan hasta 300 huevos (Solomon 1995), el daño más importante del insecto se debe a que la presencia de una sola larva por árbol provoca la deformación y pérdida del brote principal (Howard y Michael 2014).

La inconveniencia de las limitaciones de las aspersiones aéreas en árboles altos y los efectos que se provocan en el ambiente, ha llevado al desarrollo de nuevos sistemas de control consistentes en la aplicación directa de productos químicos a la corriente de savia, los cuales son translocados por el sistema fisiológico del árbol, posibilitando tener mayor protección y control contra plagas y enfermedades (Joseph *et al.* 2012).

Al respecto, David (2001 y 2013) menciona que se puede garantizar cierto grado de éxito para el control del barrenador mediante el empleo de inyecciones al fuste con microjeringa, debido a que es posible introducir por medio de esta una mezcla de insecticidas sistémicos desde la base del tronco, sin embargo, hasta ahora no se han realizado experimentos con este tipo de control. De igual forma, se plantea que el método de microinyección presenta ventajas de carácter ecológico, debido a los bajos niveles de contaminación ambiental que se generan.

Se considera conveniente adecuar esta tecnología para el control de plagas en árboles pequeños (Wise *et al.* 2014). Por lo que el objetivo de este trabajo es evaluar y comparar los métodos de inyección y aspersión de insecticidas para el control de *Hypsipyla grandella*.

3.4. Materiales y métodos

El estudio se realizó en una plantación forestal de caoba ubicada en el ejido “El Tortuguero”, perteneciente al municipio de San Juan Mazatlán, Oaxaca, México entre las coordenadas 17°19'20.3" N 95°16'15.3 W.

3.4.1. Selección de las unidades experimentales.

Se seleccionaron árboles que tuvieron un diámetro basal mayor a 8 cm y una altura promedio de 4.5 m, asegurando homogeneidad de los individuos seleccionados y la accesibilidad para trasladar el equipo de aplicación.

Una vez delimitada la parcela experimental, se eligieron al azar los árboles a tratar, los cuales estuvieron en un patrón de plantación de 3m x 3m. La determinación de las unidades seleccionadas para recibir los tratamientos se realizó a partir de la observación de áreas de alta concentración de árboles infestados. Los tratamientos se ordenaron de forma aleatoria.

3.4.2. Diseño experimental.

Se realizaron seis tratamientos, resultantes de las combinaciones de los dos métodos de aplicación y los tres insecticidas; adicionalmente se incluyó un testigo. Cada combinación tratamiento y el testigo se repitieron siete veces. Se utilizaron los siguientes insecticidas: Imidacloprid, Spinetoram y Benzoato de Emamectina, las concentraciones y dosis se mencionan en el cuadro 1. La dosis que se aplicó para cada árbol fue de 3 ml.

Cuadro 1. Método, ingrediente activo y dosis aplicada en cada uno de los tratamientos.

Tratamiento (T)	Producto	Concentración (g i.a/l)	Método de aplicación
1	Imidacloprid	1.15500	Microinyección
2	Spinetoram	1.02000	Microinyección
3	Benzoato de Emamectina	0.09600	Microinyección
4	Imidacloprid	0.07000	Aspersión
5	Spinetoram	0.06000	Aspersión
6	Benzoato de Emamectina	0.01152	Aspersión

g i.a./l: gramos de ingrediente activo en un litro de agua.

3.4.3. Aplicación de los insecticidas con el método de microinyección.

Las microinyecciones se realizaron el día 25 de mayo de 2018, los árboles fueron perforados realizando un solo punto de inyección con dirección nortenoeste para evitar posibles daños por el sol, para ello se utilizó un taladro atornillador inalámbrico de 1/2" 20 volts, marca DeWalt modelo DCD-771C2B3 y una broca para madera de tres puntas 3,57 mm (9/64) a la cual se le adaptó un tope de profundidad. Los árboles se perforaron con un ángulo aproximado de 30° a una profundidad de 30 mm y una altura de 5 cm por encima de la superficie del suelo.

La dosis definida en cada uno de los tratamientos se aplicó considerando el tamaño de los árboles, la toxicidad y efecto de cada producto utilizado. Para su aplicación, se utilizó el equipo de microinyección Vacuna-Tree.

Antes de cada perforación, la broca utilizada se desinfectó con una solución sanitizante y desinfectante compuesta de sales cuaternarias de amonio al 5% e hipoclorito al 10%/l, esta formulación se aplicó con atomizador asperjando antes y después de realizar el punto de inyección, este mismo proceso se realizó a cada árbol como medida preventiva para evitar la introducción de algún patógeno tal como lo describen Byrne *et al.* (2012). Así mismo se colocó una válvula para evitar la entrada de agentes (agua, insectos, etc.) que pudieran causar daños al árbol.

El experimento tuvo una duración de 120 días; sin embargo, la revisión de la cicatrización de las lesiones provocadas por la inyección se registró durante 180 días. Se registró el tiempo en el que los primeros árboles expulsaron las válvulas. Para el registro se consideraron tres clasificaciones (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación del porcentaje de cicatrización en los árboles inyectados.

Categoría	Porcentaje de cicatrización tomando como referencia la longitud de la válvula fuera del árbol.
0	válvula expulsada (cicatrización completa)
1	> 50% de la válvula expulsada
2	< 50% de la válvula expulsada

3.4.4. Aplicación de los insecticidas con el método de aspersión.

Se utilizó una aspersora de mochila modelo Lola de 20 litros 289001 Swissmex con una extensión en la varilla de aplicación de dos metros. Las aspersiones se repitieron cada quince días durante los meses de mayo a septiembre, período en el que la incidencia de ataque del insecto es mayor durante el año (Sánchez *et al.* 2009; Blanco *et al.* 2001).

Por la altura de los árboles, se requirió de una escalera de aluminio con multiposiciones para facilitar el trabajo y lograr la distribución adecuada de los productos. Los brotes se asperjaron a punto de goteo durante las primeras horas del día (7:00 – 10:00 horas). El control de maleza se realizó a cada 30 días de forma manual durante el período del experimento.

3.4.5. Registro y procesamiento de variables evaluadas.

El levantamiento de datos se realizó a cada quince días durante un período de 4 meses, del 25 de mayo al 22 de septiembre de 2018 (120 días), coincidiendo con la aplicación de los insecticidas bajo el método de aspersión. Las variables registradas fueron: altura, diámetro normal, diámetro basal y el número de brotes atacados y sanos. Los indicadores de evaluación de los tratamientos fueron: incremento en altura, incremento en diámetro basal, incremento en diámetro normal y la incidencia de ataque en brotes nuevos.

La altura se midió con un estadal de 5m siendo la unidad mínima graduada de 5 centímetros (cm). El diámetro basal se realizó al nivel del suelo con un

vernier de precisión, en donde la unidad mínima utilizada fue el milímetro (mm).

Aunque David *et al.* (2009) señalan que en algunas especies de árboles se logra la protección por más de un año con una sola aplicación al tronco, se desconoce la persistencia de los insecticidas en árboles de caoba, por lo que, se decidió correr los datos en períodos de 15 días para observar el efecto de los insecticidas inyectados en los tratamientos T1, T2 y T3.

El cálculo del costo aproximado para cada uno de los tratamientos en una hectárea con densidad de 1111 árboles se realizó considerando los seis meses de mayor incidencia del barrenador como señalan Blanco *et al.* (2001) y Sánchez *et al.* (2009).

Para evaluar el efecto de los insecticidas en los seis tratamientos y el testigo, se realizó el análisis de varianza y las comparaciones múltiples de medias con el método de Tukey en un modelo completamente al azar, se utilizó el modelo $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$, en donde Y_{ij} es la variable respuesta y T_i es el efecto atribuido al i -ésimo tratamiento (Robert 2001). Para evaluar la eficiencia de ambos métodos se utilizó el modelo correspondiente al modelo factorial siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + U_{ijk}$$

Donde:

μ = media de brotes atacados

α_i = efecto atribuido al factor A (método de aplicación)

β_j = efecto atribuido al factor B (insecticida)

$\alpha\beta_{ij}$ = efecto de interacción método-insecticida

U_{ijk} = es el error experimental independiente

Para calcular el ANOVA y realizar la comparación de medias por el método de Tukey, los datos se corrieron con el programa SAS 9.4 2014 (Emilio 2007).

3.5. Resultados y discusión

La tendencia de los brotes infestados por las larvas del barrenador y su respuesta a los tratamientos aplicados se muestran en la figura 1. Como resultado general, a los 120 días de registro, los tratamientos de microinyección con Benzoato de Emamectina y el de aspersion con Spinetoram dieron protección significativa a los brotes ($p=0.0033$), en comparación con los tratamientos de microinyección con imidacloprid y Spinetoram, y de aspersion con Imidacloprid y Benzoato de Emamectina que no demostraron ser diferentes significativamente con el testigo. Sin embargo, a lo largo del periodo de registro hubo variación de la efectividad, por ello se describe el efecto de cada producto aplicado con ambos métodos de control.

3.5.1. Comparación de los tratamientos con el testigo (T) durante 120 días. Imidacloprid inyectado (II).

Se determinó que, después de los 30 días de tratar a los árboles con imidacloprid inyectado, no hubo diferencias significativas con respecto a los árboles testigo (T). A los 45 días transcurridos, el ataque del barrenador se incrementó en los árboles con II; cabe mencionar que el ataque (10 brotes) se presentó en un sólo árbol por lo que se cree que el efecto se relaciona a la alta incidencia del barrenador registrada en los árboles al haber una alta emisión de

brotos nuevos y a la lenta y no uniforme distribución del producto por el sistema fisiológico del árbol, principalmente en las ramas nuevas. Se utilizó una formulación de Imidacloprid que posiblemente no logró ser translocada por los árboles.

Los registros demuestran que el ataque a los 60 días disminuyó; sin embargo, la media que corresponde al número de brotes atacados en los árboles con II no tiene diferencia significativa contra el T. Después de los 75 días el ataque se incrementó en los árboles T al igual que en el tratamiento con árboles tratados con II. En este tratamiento no hubo diferencias significativas para cada uno de los períodos en que se registraron los datos.

Imidacloprid asperjado (IA). Los árboles que se trataron mediante aspersión a follaje y brotes con imidacloprid (IA) tuvieron una media de infestación por brote que osciló a lo largo del periodo de registro, a los quince días hubo diferencia significativa ($p=0.0260$) de mayor número de brotes atacados en los árboles testigo, esta diferencia disminuyó a los 30 días entre la media de estos árboles y el testigo; sin embargo, a los 45 días la diferencia entre medias de los tratamientos IA y los árboles testigo se redujo significativamente siendo el tratamiento con IA y el testigo los tratamientos con las medias de brotes atacados más altas (Fig. 1).

A los 60 días (24 de julio), la diferencia entre medias de ambos tratamientos fue menor y tanto el tratamiento con IA como el testigo, así como los otros tratamientos presentaron una media inferior a un brote atacado por árbol (Fig. 1); este efecto se puede atribuir al hecho que durante este periodo hubo precipitación pluvial entre 337.5 mm y 568.1 mm que pudo haber afectado la incidencia de ataques (Fig. 2). A los 75 días los árboles tratados con IA no presentaron ataques, hubo diferencia significativa en comparación con el tratamiento testigo ($p=0.0421$). Durante los próximos días (90,105 y 120) correspondientes a los meses de julio-septiembre, la protección del producto a los brotes no resultó ser efectivo en comparación con el testigo, lo que supone que al igual que a los 45 días las lluvias limitaron la penetración del producto en el tejido vegetal, siendo este el motivo por el que se mostraron vulnerables a los ataques registrados tal como señalan Fava (2018) y Wangen *et al.* (2015).

Spinetoram inyectado (SI). Los árboles tratados con Spinetoram en inyección mostraron protección ante el ataque del barrenador desde los 15 días hasta los 45 días ($p\leq 0.05$) aún cuando el testigo mostró clara evidencia del incremento de ataque hacia los nuevos brotes de caoba. A los 60 días se tuvo un descenso en el ataque siendo el tratamiento de inyección el que menor ataque presentó al tener cero brotes dañados. Durante los siguientes 60 días disminuyó su efecto protector al grado de igualarse al tratamiento testigo a los 90 días y superándolo a los 105 días (Fig. 1). Dicho comportamiento, se asocia a la baja persistencia que presenta el Spinetoram en comparación con el Imidacloprid y el Benzoato de Emamectina (Iván *et al.* 2010).

Spinetoram asperjado (SA). En este tratamiento los árboles con Spinetoram no tuvieron diferencia significativa con respecto al testigo a los 15 y 30 días; sin embargo, a los 45 días los árboles tratados con SA tuvieron menor número de ataques en comparación con el testigo ($p=0.0111$). Las lluvias que se presentaron durante el registro de datos (CONAGUA 2019), afectaron la asimilación de

Spinetoram por lo que a los 15, 30 días al igual que a los 90, 105 y 120 días las aplicaciones con aspersión al follaje y brotes no protegieron a los árboles contra el ataque del barrenador (Fava 2018; Wangen et al 2015).

Benzoato de Emamectina inyectado (BEI). El método de inyección aplicando Benzoato de Emamectina disminuyó significativamente ($p \leq 0.05$) el ataque de *H. grandella* con respecto al resto de los tratamientos durante los primeros 60 días. Hasta los 105 días, el tratamiento con BEI fue el que tuvo el menor número de brotes atacados (0.43). Después de los 105 el efecto del BE disminuyó su efectividad.

Benzoato de Emamectina asperjado (BEA). A los 15 días, no se registraron brotes atacados en los árboles asperjados con Benzoato de Emamectina, por lo que el tratamiento fue significativamente menor ($p=0.0051$) en comparación con los árboles testigo; sin embargo, durante los 30 y 45 días, los árboles tratados con BEA no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$). A los 60 días los árboles tratados no presentaron ataques en los brotes; sin embargo, durante los siguientes días no tuvieron protección pues incluso a los 105 días el número de brotes atacados supero al testigo en número de ataques promedio por árbol, cabe mencionar que a los 120 días el ataque disminuyó significativamente ($p=0.05$) mientras que para el resto de los tratamientos se presentó un mayor ataque.

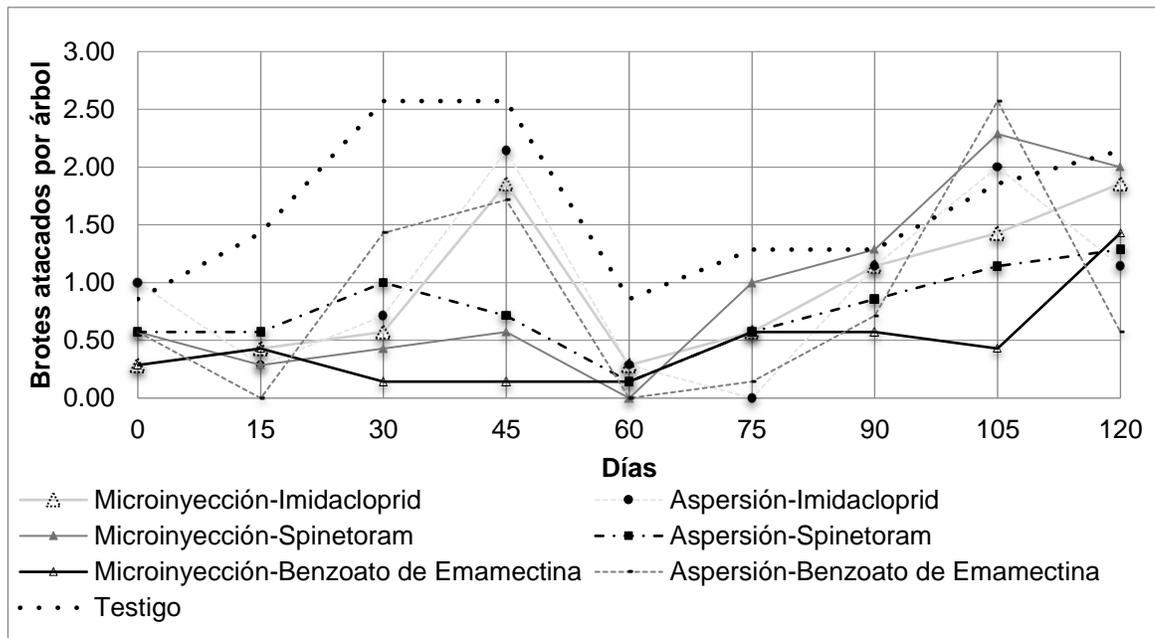


Fig. 1 Promedio de brotes afectados por el barrenador en cada uno de los tratamientos.

3.5.2. Comparación entre el método de microinyección y el de aspersión.

El modelo para un diseño factorial con un 95% de confiabilidad y una $p > 0.05$ indicó que al término de los cuatro meses no existió diferencia entre los dos métodos de control; sin embargo, el efecto de cada insecticida fue distinto según el método empleado para su aplicación durante el transcurso de los 120 días.

El Imidacloprid por el método de microinyección no tuvo diferencias significativas contra el testigo durante el período de evaluación. De manera similar, este producto, aplicado por aspersión solo tuvo diferencia significativa respecto a los árboles testigo a los 15 días ($p \leq 0.05$), el resto del periodo no mostró diferencias con el testigo.

El Spinetoram por inyección fue efectivo durante los primeros 60 días, una vez pasada esta fecha las infestaciones fueron más numerosas, lo que indicó que la molécula ya no estuvo presente; mientras que dicho producto asperjado fue significativamente diferente al testigo únicamente en la fecha tomada a los 45 días, al igual que los otros insecticidas asperjados se mantuvo la aplicación quincenal de este producto en esta segunda parte del experimento, últimas nueve semanas, la infestación se presentó en menores números que en los árboles inyectados, logrando diferencias significativas con ellos ($p \leq 0.05$), aunque no con los testigos.

El Benzoato de Emamectina fue el insecticida que mejores resultados tuvo al ser aplicado por el método de microinyección, fue significativamente diferente al testigo durante los primeros 60 días ($p \leq 0.05$), incluso durante todo el tratamiento fue el que tuvo menor proporción de ataques con relación al testigo. Este insecticida asperjado a la copa tuvo diferencias significativas en comparación al testigo durante las fechas 15, 60 y 120 días.

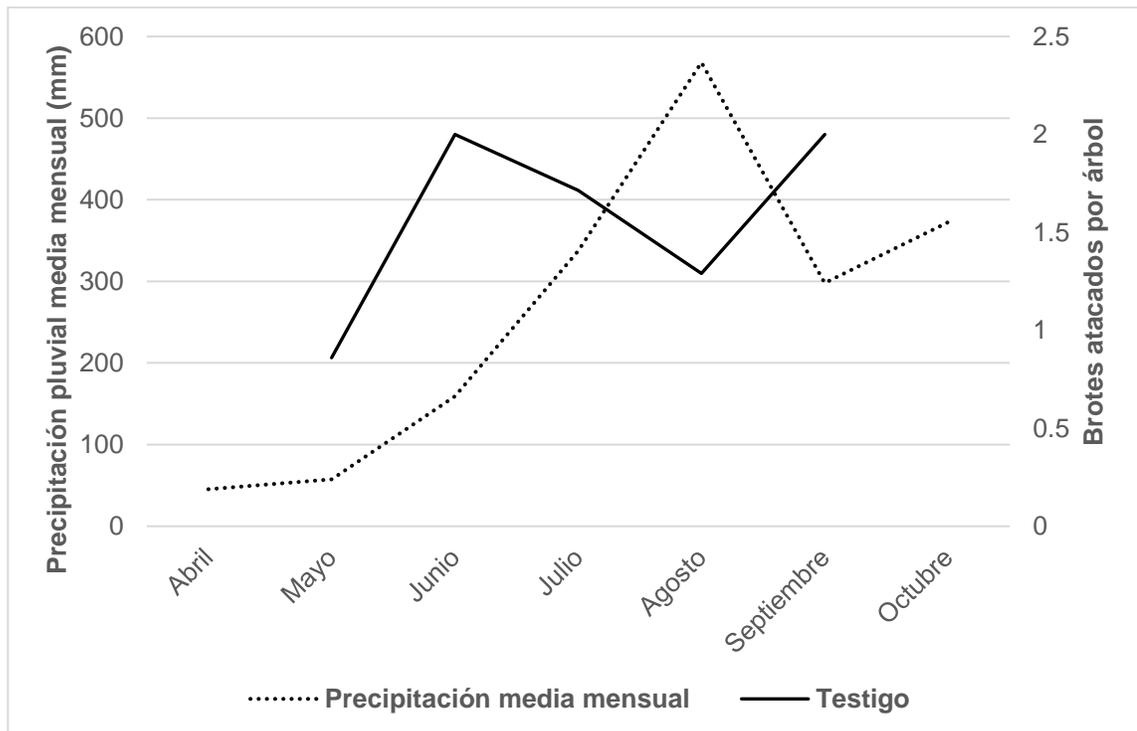


Fig. 2 Relación entre la incidencia promedio de ataque de *Hypsipyla grandella* por árbol en los árboles testigo y la precipitación registrada en la región de estudio durante el año 2018. CONAGUA 2019.

De manera general, la efectividad de los insecticidas inyectados disminuyó el ataque con respecto al testigo durante los primeros 60 días, esto contrasta con

lo mencionado por David *et al.* (2009) que la persistencia por inyección en árboles de fresnos aplicando Imidacloprid o Benzoato de Emamectina es de hasta dos años, sin embargo, estos autores trabajaron en ambientes templado frío de los Estados Unidos.

Los insecticidas aplicados cada 15 días por el método de aspersión mostraron eficiencia irregular hasta los 120 días, en ocasiones se efectuaron en días de lluvias torrenciales que pudieron lavar los productos tal como mencionan Fava (2018) y Wangen *et al.* (2015). Además, Allan *et al.* (1976) expresan que los insecticidas son fácilmente biodegradados en condiciones tropicales y las formulaciones generalmente persisten solo entre 20 y 30 días.

3.5.3. Comparación múltiple de medias en altura entre tratamientos.

El incremento en altura de los árboles no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). El tratamiento en donde se aplicó Imidacloprid inyectado y el tratamiento testigo presentaron la media con menor incremento (7.59 cm y 8.48 cm) en contraste donde se aplicó Imidacloprid asperjado se presentó el mayor incremento, con una media de 10.98 cm seguido por los árboles con Spinetoram asperjado que presentaron un incremento medio de 10.62 cm; también se obtuvo que los árboles con Spinetoram inyectado presentaron una media en el incremento de 10 cm. En cambio, el Benzoato de Emamectina asperjado sólo tuvo un incremento medio de 9.37 cm. Los árboles que recibieron la inyección de Benzoato de Emamectina tuvieron un incremento medio 8.75 cm. Es por ello que no existió diferencia significativa entre la media en el ataque de brotes y el incremento en altura ($p > 0.05$), esto se explica debido al corto plazo que duró el experimento y a las características de los árboles seleccionados para el estudio con más de un brote principal.

3.5.4. Comparación múltiple de medias en diámetro basal y normal entre tratamientos.

Los datos corridos con el modelo factorial para determinar si la herida provocada en los árboles inyectados afectó el incremento en diámetro basal, con una $p = 0.0065$ y una diferencia significativa mínima de 0.2566 indican que el método de inyección sí afecta en el incremento en diámetro basal en comparación con el método de aspersión (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación del incremento en diámetro basal en los métodos de microinyección y aspersión.

Tukey Agrupamiento	Media	N	método
A	1.8571	168	2
B	1.5000	168	1

1: microinyección, 2: aspersión. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (A, B).

Por su parte, el incremento en diámetro normal con una $p > 0.05$ no fue significativamente diferente en ninguno de los métodos, lo que reafirma que las heridas provocadas por la broca en los árboles inyectados a 5 cm por arriba del

nivel del suelo si afectó el incremento basal de los árboles tratados con el método de microinyección.

3.5.5. Avance de la cicatrización en árboles inyectados.

En el cuadro 4 se observa que en los primeros 75 días al menos el 43% de los árboles habían cicatrizado, mientras que a los 180 días el 100% de los árboles inyectados se encontraban totalmente cicatrizados, expulsando en su totalidad a la válvula con la que se cubrió la herida provocada por el taladro.

Cuadro 4. Porcentaje de árboles cicatrizados con relación a los días transcurridos.

Días después de la inyección	Árboles totalmente cicatrizados	Árboles <50% de la válvula expulsada	Árboles >50% de la válvula expulsada	Total
75 días	9 (43%)	8 (38%)	4 (19%)	21 (100%)
90 días	12 (57%)	5 (24%)	4 (19%)	21 (100%)
105 días	15 (71.4%)	3(14.3%)	3 (14.3%)	21 (100%)
120 días	17 (81%)	2 (9.5%)	2 (9.5%)	21 (100%)
180 días	21 (100%)	0	0	21 (100%)

Pese a que los resultados obtenidos en el estudio muestran que la herida provocada por la perforación en el método de microinyección reduce el incremento en diámetro, es preciso mencionar que la lesión se realizará en una sola ocasión siempre que la persistencia de los insecticidas sea mayor al obtenido. Por otra parte, a los seis meses el 100% de los árboles inyectados lograron cicatrizar en su totalidad por lo que de ser necesario se podría realizar una segunda inyección para prolongar la protección hasta por un año.

3.5.6. Costo de aplicación para cada tratamiento.

Finalmente se muestra el costo aproximado para cada uno de los tratamientos según el método empleado para cada uno de ellos (Cuadro 6).

Cuadro 5. Costo aproximado para cada tratamiento aplicado a una plantación de caoba con tres años de edad, durante un período de seis meses.

Microinyección	Costo de 1111 árboles/ha	Aspersión	Costo de 1111 árboles/ha
T1 Imidacloprid	\$USD 635.59	T4 Imidacloprid	\$USD 582.30
T2 Spinetoram	\$USD 622.48	T5 Spinetoram	\$USD 1047.75
T3 Benzoato de Emamectina	\$USD 626.31	T6 Benzoato de Emamectina	\$USD 909.07

Los costos de aplicar microinyecciones con Spinetoram y Benzoato de Emamectina resultaron más económicos en comparación con las aspersiones de los mismos productos; aunque la aspersión repetida de Spinetoram resultó efectiva su costo fue casi del doble del costo de la inyección. El Imidacloprid es un insecticida de amplio espectro que no logró reducir significativamente la

infestación y sus consecuentes impactos en otros insectos no objetivo (Paco 2018) nos permitió concluir en no sugerirlo como opción de control.

3.6. Agradecimiento

Se agradece al Consejo de Ciencia y tecnología por la beca otorgada durante el desarrollo de este estudio y así mismo a la Dirección General de Investigación y Postgrado por contribuir con recursos financieros para lograr cumplir los objetivos. También un agradecimiento a la comunidad del Ejido El Tortuguero por permitir establecer el experimento en las plantaciones de su propiedad.

3.7. Referencias citadas

- Allan, G.G., Chopra, C.S., Friedhoff, J.F., Gara, R.I., Maggi, M.W., Neogi, A.N., Powell, J.C., Roberts, S.C. and Wilkins, R.M. 1976. The concept of controlled release insecticides and the problem of shoot borers of the Meliaceae. In: Whitmore, J.L., ed. Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Vol.II. IICA Miscellaneous Publications No. 101, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 110–115.
- Beutelspacher *et al.* 2017. Familia Pyralidae. En: Cibrián T, D, (Ed.). Fundamentos de Entomología Forestal. (Pp: 417-418). Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México.
- Blanco M. H., Vargas C. and Hauxwell C. (2001). Indigenous Parasitoids and Exotic Introductions for the Control of *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) in Latin America. En P.W. Linchar (Ed.) *Hypsipyla* Shoot Borers in Meliaceae. Proceedings of an International Workshop, Kandy, Sri Lanka 20–23 August 1996. Pp. 140-145.
- Byrne, F., A Urena, A., Robinson, L., Krieger, R., Docola, J., and G Morse, J., 2012. *Evaluation of neonicotinoid, organophosphate and avermectin trunk injections for the management of avocado thrips in California avocado groves*. Pest management science.
- CITES. 2017. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Consultado en enero de 2019. Disponible en: <https://www.cites.org/esp/app/appendices.php>
- CONAGUA. 2019. Consultado el 5 de abril de 2019; Disponible en: <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- David C.T. 2001. Plagas y enfermedades en plantaciones tropicales (Barrenador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Manual para la identificación y manejo de las plagas y enfermedades forestales del estado de Jalisco. Documento técnico. Fideicomiso para el desarrollo del Programa Forestal de Jalisco. Pp:56-62.
- David C.T. 2013. Manejo del barrenador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella*. Manual para la identificación y manejo de plagas en plantaciones forestales comerciales. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. Pp: 144-153

- David M. S., Bert M. C., Deborah G. M., Therese M. P. and Robert M. H. (2009). Distribution of trunk-injected ¹⁴C-imidacloprid in ash trees and effects on emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae) adults. *Crop protection*, 28, 655-661. doi: 10.1016/j.cropro.2009.03.012
- Emilio C., 2007. Diseños experimentales: PROC GLM. *Introducción al SAS para windows*. Departamento de parasitología agrícola. Universidad Autónoma Chapingo km. 38.5 carr. México-Texcoco Chapingo, Edo. De México. Tercera edición; pp.81-156.
- Fava F. D. 2018. Evaluación de la eficacia de insecticidas para el control de la “oruga cogollera” *Spodoptera frugiperda* en maíz. *Entomología – Protección Vegetal*. Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias (INTA). Ruta Nacional N° 9 Km. 636 (5988) - MANFREDI, Provincia de Córdoba. pp: 1-9 (online: 2019) SSN 2618-284X
- Howard F. W. and Michael A.M. 2014. El taladrador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae: Phycitinae). EDIS/IFAS, Univ. of Florida.
- Iván C., María. de L. C. F., Rafael B. S. and Foster J. E. 2010. Efficiency of chemical pesticides to control *Spodoptera frugiperda* and validation of pheromone trap as a pest management tool in maize crop. *Rivista Brasileira de Milho e Sorgo*.
- Joseph J.D. and Peter M. 2012. Tree Injection as an Alternative Method of Insecticide Application, *Insecticides - Basic and Other Applications*, Dr. Sonia Soloneski (Ed.), ISBN: 978-953-51-0007-2
- Paco G. U. 2018. Efectos de los Neonicotinoides en las Abejas y Regulaciones de la Unión Europea, Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y Chile. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. pp:6
- Robert O. K. 2001. Diseños experimentales, diseños estadísticos para el diseño y análisis de investigación. The university of Arizona. Ed. Thompson learning. 2ª edición. ISBN 970-686-048-7
- Sánchez S. S., Domínguez D. M, Cortés M. H. 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, Trópico húmedo*. 25(3):225-232.
- Solomon J. D. 1995. Guide to insect borers of North American broadleaf trees and shrubs. *Agriculture Handbook 706*. Descargado el 10 de octubre de 2018. Recuperado de: https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/misc/ah_706/ah-706.htm
- Wise J.C., VanWoerkom A.H., Acimović S.G., Sundin G.W., Cregg B.M. and Vandervoort C. 2014. Trunk Injection: A Discriminating Delivering System for Horticulture Crop IPM. *Entomol, Ornithol & Herpetol* 2014, 3:2 <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0983.1000126>
- Wylie F.R. 2001. Control of *Hypsipyla* spp. shoot borers with chemical pesticides: a review. pp. 109-115. In Floyd. RB, Hauxwell C (eds.), *International Workshop on Hypsipyla shoot borers in Meliaceae*, 20-23 August 1996. ACIAR Proceedings No. 97: 109-115.