












## ARTÍCULO ORIGINAL

# *Azadirachta indica* y *Jatropha curcas* reducen el ataque de *Hypsipyla grandella* Zéller en *Swietenia macrophylla* King plantada en sistemas agroforestales

*Azadirachta indica* and *Jatropha curcas* reduce the attack of *Hypsipyla grandella* Zéller in *Swietenia macrophylla* King planted in agroforestry systems

Héctor Guerra-Arévalo<sup>1</sup> , Diego Fernando Celis-Espinoza<sup>2</sup> , Alfredo Iban Diaz-Visitación<sup>2</sup> , Ana Lucia Milagros Vásquez-Vela<sup>3</sup> , Luís Alberto Arévalo-López<sup>4</sup> , Diego Gonzalo García-Soria<sup>5</sup> , Jorge Manuel Revilla-Chávez<sup>5</sup> , Carlos Abanto-Rodríguez<sup>5</sup> , Enrique Arévalo-Gardini<sup>4,6</sup> , Dennis Del Castillo-Torres<sup>3</sup> , Wilson Francisco Guerra-Arévalo<sup>5</sup> 

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP, Tarapoto, San Martín, Perú

<sup>2</sup>Universidad Nacional de San Martín – UNSM, Moyobamba, San Martín, Perú

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP, Iquitos, Loreto, Perú

<sup>4</sup>Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas – UNAAA, Yurimaguas, Loreto, Perú

<sup>5</sup>Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP, Pucallpa, Ucayali, Perú

<sup>6</sup>Instituto de Cultivos Tropicales – ICT, Tarapoto, San Martín, Perú

**Como citá:** Guerra-Arévalo, H., Celis-Espinoza, D., Díaz-Visitación, A. I., Vásquez-Vela, A. L. M., Arévalo-López, L. A., García-Soria, D. G., Revilla-Chávez, J. M., Abanto-Rodríguez, C., Arévalo-Gardini, E., Del Castillo-Torres, D., & Guerra-Arévalo, W.F. (2022). *Azadirachta indica* y *Jatropha curcas* reducen el ataque de *Hypsipyla grandella* Zéller en *Swietenia macrophylla* King plantada en sistemas agroforestales. *Scientia Forestalis*, 50, e3674. <https://doi.org/10.18671/scifor.v50.10>

## Resumen

*S. macrophylla* es una importante especie forestal con valor económico, sin embargo, su principal problema es su vulnerabilidad ecológica al ataque de *H. grandella*. En ese sentido, el objetivo en este trabajo fue determinar el efecto de *A. indica* y *J. curcas* en la reducción del ataque de *H. grandella* en plantas de *S. macrophylla* plantada en sistemas agroforestales. Para ello, fue evaluado el diámetro basal (mm), altura de planta (cm), plantas atacadas (%), tallos atacados (%), ápices atacados (%), hojas atacadas (%), sobrevivencia y mortalidad de larvas (%). El menor porcentaje de ataque de *H. grandella* en plantas de *S. macrophylla* fue registrado en la asociación *S. macrophylla* con *T. cacao* y *A. indica* y también en *S. macrophylla* con *T. cacao* y *J. curcas*, plantadas a 1 m x 3 m, con 0,95 y 2,85%, respectivamente. Entre tanto, la mayor sobrevivencia y mortalidad de larvas de *H. grandella* fue registrado en la asociación *S. macrophylla* con *T. cacao* y en *S. macrophylla* con *T. cacao* y *J. curcas* con 90,20 y 88,89% respectivamente. De este modo, el uso de *A. indica* y *J. curcas* promueve significativamente la disminución del ataque de *H. grandella* en plantas de *S. macrophylla* plantada en sistemas agroforestales.

**Palabras clave:** Barrera biológica; Nim; Piñón blanco; Caoba; Plantas biocidas.

## Abstract

*S. macrophylla* is an important forest species with economic value, however its main problem is its ecological vulnerability to the attack of *H. grandella*. In this sense, the objective in this study was to determine the effect of *A. indica* and *J. curcas* in reducing the attack of *H. grandella* on *S. macrophylla* plants planted in agroforestry systems. For this, the basal diameter (mm), height of plant (cm), attacked plants (%), attacked stems (%), apices attacked (%), leaves attacked (%), survival and mortality of larvae were

**Fuente de financiamiento:** Programa Nacional de Innovación Agraria – PNIA.

**Conflicto de interés:** nada que declarar.

**Autor correspondiente:** hguerra@iiap.gob.pe

**Recibido:** 8 febrero 2021.

**Aceptado:** 25 abril 2022.

**Editor:** Mauro Valdir Schumacher.

 acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el artículo científico sea debidamente citado.

evaluated (%). The lowest percentage of attack of *H. grandella* in *S. macrophylla* plants was registered in the association *S. macrophylla* with *T. cacao* and *A. indica* and also in *S. macrophylla* with *T. cacao* and *J. curcas*, planted at 1 m x 3 m, with 0.95 and 2.85%, respectively. However, the greater survival and mortality of larvae of *H. grandella* was registered in the association *S. macrophylla* with *T. cacao* and in *S. macrophylla* with *T. cacao* and *J. curcas* with 90.20 and 88.89% respectively. Thus, the use of *A. indica* and *J. curcas* significantly promote the reduction of *H. grandella* attack on *S. macrophylla* plants planted in agroforestry systems.

**Keywords:** Biological barrier; Neem; White pinion; Mahogany; Biocide plants.

## INTRODUCCIÓN

Caoba (*Swietenia macrophylla* King), también conocida como mogno, araputanga, mahogany, es una especie forestal que se encuentra naturalmente en Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Guayana Francesa, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú, Venezuela y en la cuenca del Amazonas de Brasil (Carvalho, 2007; Degen et al., 2013; Silva Junior et al., 2014). De acuerdo con Rizzini (1990), Souza et al. (2010) y Free et al. (2014) es considerada una de las especies neotropicales más valiosas, debido a su alto valor económico de su madera en el mercado local e internacional, principalmente por poseer color atractivo, alta durabilidad, estabilidad dimensional, excelente trabajabilidad en la industria de muebles finos, laminados, objetos de adorno, etc. Estos atributos de la madera aunado a la intensa extracción ilegal y fuerte presión por décadas, ha conllevado a la especie a sufrir un grave riesgo de extinción por la escasa renovación de las reservas naturales (Souza et al., 2008; Degen et al., 2013), razón por la cual en el 2001 fue incluida en la lista de especies amenazadas en el Apéndice II de la Convención Internacional para el Comercio de Especies Amenazadas (CITES).

Otro problema que afronta la especie es su vulnerabilidad ecológica a *Hypsipyla grandella* Zéller, también conocida como el “barrenador de las meliáceas” pues según Hilje & Cornelius (2001) es considerada la principal plaga de las meliáceas en América Latina y el Caribe, porque además de atacar a los brotes nuevos, también daña a las hojas, fuste y frutos. Al respecto, Ohashi et al. (2008) y Soto et al. (2011) verificaron que las larvas de *H. grandella* perforan y dañan los brotes, provocando la quiebra de la dominancia apical, ocasionando brotación excesiva de ramas laterales y bifurcación del fuste.

De este modo, Grogan et al. (2002) y Saavedra (2008) reportaron alta infestación de la plaga en cultivo de *S. macrophylla*, tanto en Belém do Pará (Brasil) como en la Amazonia Peruana. Por esta razón, Guimarães Neto et al. (2004) consideran que esta plaga es una barrera crítica para el establecimiento de plantaciones comerciales. Frente a esto, diversos métodos de control (físico, químico, biológico y silvicultural) han venido siendo utilizados tanto en laboratorio como en campo definitivo (Mayhew & Newton, 1998; Ohashi et al., 2002).

En relación con el método químico, Gallo et al. (2002), manifiestan que no ha surtido efecto, porque de acuerdo al ciclo de vida de *H. grandella*, la larva pasa poco tiempo fuera de los brotes antes de penetrar en la planta. Con todo, este tipo de control ha dado resultados satisfactorios en vivero. En cuanto al método silvicultural, técnicas como las barreras naturales establecidas en asociación silviculturales, sistemas agroforestales y plantaciones de enriquecimiento son muy utilizadas para dificultar el ataque de la larva en el ápice de *S. macrophylla* en regiones tropicales (Mayhew & Newton, 1998). De esta forma, Ohashi et al. (2005), lograron 48% de eficiencia en el control de la plaga utilizando en asociación plantas de *S. macrophylla* y *Toona ciliata*.

De otro lado, Sánchez-Soto et al. (2009) menciona que la sombra es importante para reducir el ataque de *H. grandella*, en ese contexto, Jaimez et al. (2013) demuestran la factibilidad de los sistemas agroforestales con el cultivo de *Theobroma cacao* L., asociada a una especie de la familia meliácea ayudan a reducir la incidencia de *H. grandella* debido a los beneficios multifuncionales que se adquieren en el sistema.

En el mismo sentido, Mancebo (1998) y Martínez-Vento et al. (2010) manifiestan que el uso de plantas biocidas es una alternativa amigable con el medio ambiente para el control de *H. grandella*. De esta manera, Lozada & Graterol (2003) constataron 80% de sobrevivencia de

plantas jóvenes de *S. macrophylla* cuando fueron asociadas con plantas de *A. indica*. También, Silva et al. (2013) determinaron que el uso de barreras naturales formada por la asociación entre *A. indica* y *S. macrophylla* no evitó el ataque de *H. grandella*, sin embargo, lo retardó y minimizó.

Para el caso de *A. indica*, Gahukar (2000) cita que tiene propiedades antifeedante, repelente toxicológico, inductor de esterilidad y propiedades inhibitoras del crecimiento de insectos por poseer compuestos químicos como la azadiractina y nimbina que lo convierte en un insecticida natural. Otras de las plantas biocidas que ha dado resultados satisfactorios en el control de larvas es *Jatropha curcas* L., también conocida como "piñón blanco" al respecto, Guerra-Arévalo et al. (2018) determinaron que concentraciones mayores a 30% inhiben la acción sobre *S. macrophylla* en condiciones de laboratorio. Al respecto, Singhal et al. (2013) señalan que *J. curcas* posee sustancias como curcina (semejante a las saponinas) que contribuye en su toxicidad.

En ese sentido, debido a la importancia de *S. macrophylla* y a la presencia de plantas con potencial biocida es necesario demostrar si la asociación en un sistema agroforestal ayuda a reducir el ataque de *H. grandella* en plantas de *S. macrophylla*. En ese contexto, el objetivo en este trabajo fue determinar el efecto biocida de *A. indica* y *J. curcas* en la reducción del ataque de *H. grandella* Zéller sobre plantas de *S. macrophylla* plantadas en un sistema agroforestal.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Localización

El estudio fue realizado durante los meses de enero a diciembre del 2017 en el área experimental del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) ubicada en el centro poblado Bello Horizonte, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín y localizada en las coordenadas UTM: 9278343 NORTE y 356352 SUR a altitud de 305 m.s.n.m. El clima de la Región, según la clasificación de Werren Thornthwaite, es tropical húmedo, semicálido con lluvia abundante en todas las estaciones del año, con una precipitación pluvial, humedad relativa, temperatura y velocidad del viento media de 1478 mm, 77%, 23,9 °C y 3,2 km h<sup>-1</sup>, respectivamente (Servicio Nacional de Meteorología e hidrografía del Perú, 2017).

Los suelos según la clasificación del IIAP (Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana, 2009) son tierras para protección y producción forestal con limitaciones de drenaje. Según el análisis de suelo realizado en el ICT (Instituto de Cultivos Tropicales), el suelo se caracteriza por ser franco arenoso con pH de 5,93, MO de 3,62%, N: 0,16%, P: 3,49 ppm, K: 83 ppm, saturación de Al<sup>+3</sup>: 0,0; Fe: 76,5 ppm, Cu: 1,6 ppm, Zn: 1,3; Mn: 5 ppm.

### Establecimiento de los sistemas agroforestales

Antes de instalar el estudio, fue realizado el marcado y delimitación de las áreas experimentales, en seguida fue realizada la limpieza y remoción de hierbas dañinas para facilitar el trabajo. Después fue marcada el área útil de los experimentos según la distribución de los tratamientos planificados en gabinete. Posteriormente, fue realizado el trasplante de las plantas de *S. macrophylla*, *A. indica*, *J. curcas* y *Theobroma cacao* en hoyos de 0,3 m x 0,3 m x 0,3 m. Antes del trasplante en cada hoyo fue incorporado 1,07 g N + 12,63 g P + 6,73 g K planta<sup>-1</sup>, utilizando como fuente Urea, FDA y CLK, respectivamente. La fertilización de cobertura fue realizada a cada cuatro meses. Debido a que el suelo presenta excelentes características de fertilidad, materia orgánica y pH adecuados, no fue aplicado correctivos de acidez y materia orgánica.

### Material vegetal

Todas las plantas utilizadas en este trabajo fueron producidas en el vivero forestal del IIAP, centro poblado Bello Horizonte, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y

departamento de San Martín. Las semillas de todas las especies fueron colectadas de árboles semilleros procedentes de la estación experimental del IIAP San Martín. Después de 20 días de la emergencia de las plantas fueron repicadas (trasladadas) a bolsas de 0,25 kg conteniendo sustrato compuesto de tierra agrícola, cascarilla de arroz carbonizada y humus de lombriz en proporciones de 1:1:1. Las plantas fueron manejadas bajo condiciones de riego diario por microaspersión cada 4 horas por un periodo de 20 minutos. Así también, se manejó de gradientes de sombra (de mayor a menor sombra hasta dejarlo a pleno sol, hasta ser llevados a campo. Después de 120 días cuando las plantas alcanzaron en media de 50 cm y 6 mm de altura y diámetro basal respectivamente, fueron trasplantadas a campo definitivo según la distribución de los tratamientos.

### Colecta y crianza de *H. grandella*

Las larvas fueron colectadas de distintas localidades de la región San Martín y parte de la región Loreto, primero se identificaron las plantas de caoba con ataque de *H. grandella*, posteriormente, la parte de las ramas infectadas (infestada de larvas) fueron colectadas con ayuda de una tijera de podar. En seguida, las larvas fueron separadas de las ramas e inmediatamente colocadas en envases de vidrio con alimento (hojas tiernas de *S. macrophylla*) para su transporte hasta el laboratorio de entomología del IIAP para su crianza. En el laboratorio se esperó 12 días hasta llegar al estado de pupa. Después de 5 días de la fase de pupa, fue realizado el reconocimiento del sexo de cada pupa con la ayuda de un estereoscopio, de esta manera, fueron separados por grupos en igual número. Posteriormente, fueron colocadas en un ambiente cubierto de mallas mallin® para que eclosionen, copulen y con ello obtener nuevos insectos de *H. grandella*.

En la malla fue monitoreado constantemente el desove; ocurrido esta etapa se esperó 72 horas para que los huevos maduren presentando un color rojizo, en seguida estos huevos maduros fueron colocados en bandejas con agua, para ser retirados de la malla con mucho cuidado para asegurar su sobrevivencia. Inmediatamente, fueron colocados en número de 3 larvas en envases de plásticos conteniendo un par de hojas nuevas para que les sirva de alimento. A partir de este momento cada tres días por un periodo de 25 días el alimento fue cambiado, colocando siempre un par de folíolos de *S. macrophylla* de la parte apical.

Finalmente, cuando ocurrió la formación de la crisálida, fueron separadas las larvas de las pupas con la finalidad de evitar el canibalismo. Cuando los insectos de *H. grandella* estuvieron desarrollados en forma de mariposa fueron colocadas en cada uno de los tratamientos en grupos de 10 parejas (10 machos y 10 hembras) en horas de la tarde (6:00 pm) siguiendo la metodología de Murga et al. (2015).

### Diseño experimental

El estudio fue conducido mediante un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con cinco tratamientos (T1: [Control (asociación de *S. macrophylla* (20 plantas) y *T. cacao* (15 plantas) plantadas a 1 m x 1 m]; T2: [*S. macrophylla* (35 plantas) -*T. cacao* - (54 plantas) y *A. indica* (28 plantas) plantadas a 1 m x 1 m]; T3: [*S. macrophylla* (10 plantas) -*T. cacao* (10 plantas) y *A. indica* (15 plantas) plantadas a 1 m x 3 m]; T4: [*S. macrophylla* (35 plantas) - *T. cacao* (54 plantas) y *J. curcas* (28 plantas) plantadas a 1 m x 1 m] y T5: [*S. macrophylla* (10 plantas) - *T. cacao* (10 plantas) y *J. curcas* (15 plantas) (1 m x 3 m)].

Los tratamientos fueron dispuestos en tres bloques, las cantidades de plantas de caoba por unidad experimental variaron de acuerdo con la densidad de siembra. Los bloques y tratamientos fueron instalados a 15 m de separación para evitar el efecto de borde. Cada parcela experimental fue de 81 m<sup>2</sup>, y esta fue aislada con malla Raschel para evitar los efectos de agentes externos como: predadores, hormigas y aves que podrían interferir con el efecto de las plantas biocidas.

### Toma de datos y análisis estadístico

Después de 12 meses fueron evaluadas las variables: diámetro basal (mm) y altura de plantas (cm), plantas atacadas (%), tallos atacados (%), ápices atacados (%), hojas atacadas (%), sobrevivencia de larvas (%) y mortalidad de larvas (%). Seguidamente, los datos fueron sometidos a la prueba de homogeneidad de varianzas (Cochran) y normalidad de datos (Lilliefors). Cuando normales y homogéneos los datos fueron sometidos a análisis de varianza mediante la prueba de F a 5% de probabilidad, en seguida las medias de los tratamientos fueron analizadas mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) utilizando el programa Sisvar (Ferreira, 2014).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fue verificado mediante la prueba de F que hubo efectos significativos ( $p \leq 0,05$ ) de las plantas biocidas sobre el porcentaje de plantas y tallos atacados. Sin embargo, no fue observado efectos significativos ( $p > 0,05$ ) para las variables diámetro basal y altura de planta (Tabla 1).

**Tabla 1.** Resumen del análisis de varianza para el diámetro basal (mm), altura de planta (cm), plantas atacadas (%), tallos atacados (%) en plantas de *S. macrophylla* por efecto de las plantas biocidas *A. indica* y *J. curcas*, en Bello Horizonte, Banda de Shilcayo, San Martín, Perú.

FV	GL	Cuadrados medios			
		Diámetro basal de caoba (mm)	Altura de planta caoba (cm)	Plantas atacadas (%)	Tallos atacados (%)
Bloque	2	29,6232	15,0815	6,4382	4,5336
Tratamiento	4	4,2785 <sup>NS</sup>	239,7067 <sup>NS</sup>	1010,3279*	94,0002*
Residuo	8	24,9351	137,3208	2,5048	1,8852
CV (%)		26,81	16,11	9,83	24,43

\*, NS-Significativo y no significativo a 5% de probabilidad mediante la prueba de F.

De la misma manera, el análisis de varianza presentado en la Tabla 2, muestra efectos significativos ( $p \leq 0,05$ ) según la prueba de F para los ápices atacados (%), hojas con ataque (%), en las plantas de *S. macrophylla*, así como para la sobrevivencia y mortalidad de larvas (%) por efecto de las plantas biocidas *A. indica* y *J. curcas*, después de 12 meses de evaluación.

**Tabla 2.** Resumen del análisis de varianza para los ápices atacados (%), hojas con ataque (%), en plantas de *S. macrophylla* y sobrevivencia de larvas (%), mortalidad de larvas (%) por efecto de las plantas biocidas *A. indica* y *J. curcas*, en Bello Horizonte, Banda de Shilcayo, San Martín, Perú.

FV	GL	Cuadrados medios			
		Ápices atacados (%)	Hojas con ataque (%)	Sobrevi. de larvas (%)	Mort. de larvas (%)
Bloque	2	2,1362	3,9249	102,8182	55,8342
Tratamiento	4	375,0048*	25,3053*	2944,0781*	2944,0781*
Residuo	8	4,0704	0,9182	25,3635	26,4570
CV (%)		22,73	41,92	13,29	8,28

\*, NS-Significativo y no significativo a 5% de probabilidad mediante la prueba de F.

De otro lado, en la Tabla 3 se observa, que las diferentes asociaciones entre la especie forestal con plantas biocidas y frutales a diferentes densidades de trasplante no causaron efectos significativos ( $p \leq 0,05$ ) sobre el diámetro basal y la altura de planta de *S. macrophylla*,

obteniendo en promedio 18,63 mm y 72,75 cm, respectivamente, durante los 12 primeros meses de evaluación (Tabla 3).

**Tabla 3.** Medias de diámetro basal (mm), altura de planta (cm), plantas atacadas (%), tallos atacados (%) de plantas de *S. macrophylla* por efecto de las plantas biocidas *A. indica* y *J. curcas*, en Bello Horizonte, Banda de Shilcayo, San Martín, Perú.

Tratamientos	Medias			
	Diámetro basal (mm)	Altura (cm)	Plantas atacadas (%)	Tallos atacados (%)
Control ( <i>S. macrophylla</i> - <i>T. cacao</i> )	18,00 a	70,58 a	46,66 a	9,52 a
<i>S. macrophylla</i> - <i>T. cacao</i> - <i>A. indica</i> (1 m x 1 m)	18,57 a	61,52 a	16,66 b	13,33 a
<i>S. macrophylla</i> - <i>T. cacao</i> - <i>A. indica</i> (1 m x 3 m)	20,66 a	85,49 a	0,95 c	0,00 b
<i>S. macrophylla</i> - <i>T. cacao</i> - <i>J. curcas</i> (1 m x 1 m)	18,30 a	76,70 a	13,33 b	3,33 b
<i>S. macrophylla</i> - <i>T. cacao</i> - <i>J. curcas</i> (1 m x 3 m)	17,60 a	69,46 a	2,85 c	1,90 b
Promedio	18,63	72,75	16,09	5,62

Letras iguales en la columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad.

Según lo determinado, la asociación con frutales y plantas biocidas fue positiva puesto que actuaron como barrera biofísica, y con eso se benefició el crecimiento de *S. macrophylla* en altura y diámetro. Por tanto, es probable que el ataque de *H. grandella* haya sido retardado, disminuyendo de esta manera la infestación y severidad de la plaga en la plantación asociada. Estos resultados, son similares a los verificados por Costa (2000) y Batista (2005), pues los autores reportaron mayor crecimiento de *S. macrophylla* cuando fue plantada en asociación con otras especies de la familia meliáceas resistentes al ataque de *H. grandella*.

Así mismo, queda demostrado que, el establecimiento de *S. macrophylla* asociado con otras especies promovió un adecuado desarrollo vegetativo, lo que demuestra, que la especie se adapta bien para ser cultivada en sistemas agroforestales. En la misma línea de trabajo, Reis et al. (2018) determinaron que *S. macrophylla* asociada con *T. cacao* obtuvo mayor desarrollo y mejor calidad de madera. De otro lado, las diferentes densidades de trasplante no afectaron el desarrollo de las plantas de *S. macrophylla*.

De forma similar, Hayashida-Oliver et al. (2001) comprobaron que plantas de *S. macrophylla* expuestas a 25% de luminosidad tuvieron un crecimiento en diámetro de dos a cuatro veces mayor en comparación con plantas expuestas a 3%. En otros estudios realizados por Poorter (1999), Zuidema et al. (1999) y Peña-Claros et al. (2002), también determinaron mejor crecimiento en condiciones de 25-50% de luz. Por lo tanto, Myers et al. (2000) citan que *S. macrophylla* es clasificada como especie heliófita y por consiguiente necesita de luz para su regeneración. Por esta razón, Hayashida-Oliver et al. (2001) mencionan que los requerimientos de las especies en términos de disponibilidad de luz deben ser tomados en cuenta en el desarrollo de programas de agroforestería o en planes de manejo forestal.

De otro lado, el mayor porcentaje de plantas de *S. macrophylla* atacadas por *H. grandella* fue registrado en el tratamiento control compuesto por la asociación de plantas de *S. macrophylla* y *T. cacao*, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos con 46,66% de ataque. Por el contrario, los tratamientos compuestos por la asociación entre *S. macrophylla* con *T. cacao* y *A. indica* y también *S. macrophylla* con *T. cacao* y *J. curcas*, trasplantados a una densidad de 1 m x 3 m disminuyeron el porcentaje de ataque a 0,95 y 2,85%, respectivamente (Tabla 3).

Resultados diferentes fueron determinados por Silva et al. (2013) utilizando *A. indica* como barrera natural contra *H. grandella* en plantaciones de *S. macrophylla*, pues la asociación

no evitó el ataque de *H. grandella*, sin embargo, en plantaciones mixtas retardó y minimizó el ataque. Además, los autores mencionan que la plantación homogénea de *S. macrophylla* tuvo alta infestación de la plaga y también recomiendan que para mayor control del ataque de *H. grandella*, *S. macrophylla* no debe ser plantada simultáneamente con *A. indica*, pues esta última debe ser plantada con 8 a 12 meses antes que *S. macrophylla*, con esto se formará una barrera natural más eficaz y eficiente al ataque.

En relación con *A. indica*, Mossini & Kemmelmeier (2005), sustentan que el efecto biocida se debe a la presencia de compuestos bioactivos ricos en azadiractina que se encuentran en toda la planta y por ello, es usada en el combate de gran número de plagas forestales y agrícolas. Para *J. curcas*, Singhal et al. (2013) mencionan que esta especie actúa como repelente de insectos por poseer sustancias como curcina (semejante a las saponinas) que contribuye para su toxicidad. Por ese motivo, Pabón & Hernández-Rodríguez (2012) mencionaron que esta planta biocida se utiliza ampliamente en el control de plagas por sus propiedades como insecticida y fungicida.

Para la variable porcentaje de tallos atacados, fue constatado que las plantas de *S. macrophylla* que estuvieron influenciadas por los tratamientos: control (*S. macrophylla* y *T. cacao*) y la asociación de *S. macrophylla* con *T. cacao* y *A. indica* sembradas a una densidad de 1 m x 1 m, registraron los mayores porcentajes de ataque al tallo con 9,52 y 13,33%, respectivamente (Tabla 3). De esta manera, presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0,05$ ) frente a los otros tratamientos que presentaron entre 0 y 3,33% de ataque por las larvas de *H. grandella*.

Seguidamente, en la Tabla 4 se observa que la zona apical de las plantas de *S. macrophylla* fue mayormente atacadas por larvas de *H. grandella* cuando estuvieron asociadas solamente con *T. cacao* (tratamiento control), con 27,85%, el cual resultó estadísticamente superior a los otros tratamientos ( $p \leq 0,05$ ). De otro lado, cuando las plantas estuvieron asociadas tanto con *A. indica* y *J. curcas*, el porcentaje de ataque en el ápice de las plantas de *S. macrophylla* disminuyó significativamente, alcanzando 3,66% en promedio (Tabla 4).

**Tabla 4.** Medias del porcentaje de ápices atacados (%), hojas con ataque (%), en plantas de *S. macrophylla*; sobrevivencia y mortalidad de larvas (%) de *H. grandella* por efecto de las plantas biocidas *A. indica* y *J. curcas*, en Bello Horizonte, Banda de Shilcayo, San Martín, Perú.

Tratamientos	Medias			
	Ápices atacados (%)	Hojas con ataque (%)	Sobrevi. de larvas (%)	Mort. de larvas (%)
Control ( <i>S. macrophylla</i> - <i>T. cacao</i> )	27,85 a	3,81 b	90,20 a	9,79 c
<i>S. macrophylla</i> - <i>T. cacao</i> - <i>A. indica</i> (1 m x 1 m)	3,66 c	6,66 a	38,09 b	61,90 b
<i>S. macrophylla</i> - <i>T. cacao</i> - <i>A. indica</i> (1 m x 3 m)	0,95 c	0,00 c	33,33 b	66,66 b
<i>S. macrophylla</i> - <i>T. cacao</i> - <i>J. curcas</i> (1 m x 1 m)	10,00 b	0,00 c	11,11 c	88,89 a
<i>S. macrophylla</i> - <i>T. cacao</i> - <i>J. curcas</i> (1 m x 3 m)	1,90 c	0,95 c	16,66 c	83,33 a
Promedio	8,87	2,28	37,88	62,11

Letras iguales en la columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad

En relación con el porcentaje de hojas atacadas, fue verificado que las plantas de *S. macrophylla* fueron más susceptibles cuando estuvieron asociadas con *A. indica* a una densidad de 1 m x 1 m y también cuando estuvieron asociadas con *T. cacao*, presentando 6,66 y 3,81%, de ataque respectivamente (Tabla 4).

Por otro lado, resultados similares fueron determinados por Lozada & Graterol (2003), en plantaciones muy jóvenes de *S. macrophylla* asociadas con plantas *A. indica*, mostrando reducción del ataque en un al 80%. Con base en esto, los autores mencionan que las plantaciones de *S. macrophylla* en general muestran muy pocos ataques de *H. grandella*

cuando es combinada con plantas biocidas, resultando altamente favorable para el establecimiento de esta especie arbórea en este tipo de sistema.

Para la variable porcentaje de sobrevivencia de larvas de *H. grandella*, en la Tabla 4, se observa que 90,20% de las larvas no fueron afectadas en el tratamiento control compuesto por la asociación de plantas de *S. macrophylla* y *T. cacao*. De esta manera, fue determinado diferencias estadísticas significativas en relación con los otros tratamientos. Sin embargo, cuando fue utilizado plantas de *A. indica* asociado con *S. macrophylla* y *T. cacao* fue constatado en media 35,71% de larvas vivas. En tanto, el menor porcentaje de sobrevivencia fue registrado cuando fue asociado plantas de *J. curcas* con plantas de *S. macrophylla* y *T. cacao* trasplantadas en las densidades de 1 m x 1 m y 1 m x 3 m, con 11,11 y 16,66%, respectivamente.

Para el porcentaje de mortalidad de larvas *H. grandella* en la Tabla 4, se observa que, cuando fue asociado con plantas de *J. curcas* con *S. macrophylla* y *T. cacao* hubo mayor efecto perjudicial sobre la plaga, provocando en media 85,99% de mortalidad, resultado que difirió estadísticamente de los otros tratamientos en estudio.

El efecto insecticida de esta resina es atribuido principalmente a la presencia elevada de compuestos terpénicos y saponinas en el extracto. Al respecto, Gonçalves et al. (2009) afirman que la presencia de estos compuestos lo convierte a *J. curcas* es uno de los componentes más letales para los seres vivos. Resultados semejantes fueron reportados por Guerra-Arévalo et al. (2018), trabajando en el Control de larvas de *Hypsipyla grandella* Zéller.

También se observa que, a pesar de haber provocado resultados menores, la asociación entre plantas de *A. indica* con *S. macrophylla* y *T. cacao* también mostró resultados satisfactorios en el control de larvas de *H. grandella*, causando 64,28% de las larvas afectadas. Entre tanto, cuando no se utilizó plantas biocidas asociadas con *S. macrophylla* fue verificado menor porcentaje de mortalidad de larvas, alcanzando en media 9,79%.

Según los resultados, fue determinado que, el uso de plantas biocidas asociadas en un sistema agroforestal logró controlar la infestación de *H. grandella*. La razón principal, es la presencia de sustancias bioplaguicidas como azadiractina y curcina que actuaron como insecticidas por poseer propiedades antifeedante, fungicidas, repelente toxicológico, inductor de esterilidad y propiedades inhibitoras del crecimiento de insectos (Waquil et al., 2002; Debashri & Tamal, 2012).

En ese sentido, Fagbenro-Beyioku et al. (1998) trabajando con extractos obtenidos de las hojas y de la savia de *J. curcas*, demostraron actividad antibacteriana e insecticida en *Staphylococcus*, *Bacillus* y *Micrococcus*; así como en larvas del mosquito *Anopheles* y huevos de nematodos. Recientemente, Guerra-Arévalo et al. (2018) también lograron controlar las larvas de *H. grandella* con resina de *J. curcas* en concentraciones mayores a 30%, además concluyeron que este producto es un bioinsecticida potencial para el control de la plaga.

## CONCLUSIONES

El uso de *Azadirachta indica* y *Jatropha curcas* promueve significativamente la disminución del ataque de *Hypsipyla grandella* en plantas de *Swietenia macrophylla* plantada en sistemas agroforestales.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – IIAP y de manera especial al Programa Nacional de Innovación Agraria - PNIA por el apoyo financiero para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Batista, T. F. C. (2005). *Resistência induzida ao mogno brasileiro Swietenia macrophylla King por meliáceas resistentes no controle da broca Hypsipyla grandella Zéller, em consórcio e em sistema agroflorestal* (Tese de Doutorado). Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém.



- Carvalho, P. E. R. (2007). *Mogno Swietenia macrophylla Circular Técnica* (140 p.). Colombo: Embrapa Florestas.
- Costa, M. S. S. (2000). Controle de *Hypsipyla grandella* Zéller (Broca do Mogno) utilizando a planta resistente *Toona ciliata* Roem (Cedro australiano) e os métodos mecânico e cultural no plantio de *Swietenia macrophylla* King (Mogno) (Dissertação de mestrado). Instituto de Ciências Agrárias, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém.
- Debashri, M., & Tamal, M. (2012). A review on efficacy of *Azadirachta indica* A. Juss based biopesticides: an Indian perspective. *Research Journal of Recent Sciences*, 1(3), 94-99.
- Degen, B., Ward, S. E., Lemes, M. R., Navarro, C., Cavers, S., & Sebbenn, A. M. (2013). Verifying the geographic origin of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) with DNA-fingerprints. *Forensic Science International. Genetics*, 7(1), 55-62. PMID:22770645. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fsigen.2012.06.003>.
- Fagbenro-Beyioku, A., Oyibo, W., & Anuforum, B. (1998). Disinfectant/antiparasitic activities of *Jatropha curcas*. *East African Medical Journal*, 75(9), 508-511. PMID:10493051.
- Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2), 109-112. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.
- Free, C., Landis, R. M., & Grogan, J. (2014). Management implications of long-term tree growth and mortality trees: a modeling study of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 330, 46-54. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.057>.
- Gahukar, R. T. (2000). Use of neem products in cotton pest management. *International Journal of Pest Management*, 46(2), 149-160. <http://dx.doi.org/10.1080/096708700227516>.
- Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R. P. L., Baptista, G. C., Berti Filho, E., Parra, J. R. P., Zucchi, R. A., Alves, S. B., Vendramin, J. D., Marchini, L. C., Lopes, J. R. S., & Omoto, C. (2002). *Entomologia agrícola* (920 p). Piracicaba: FEALQ.
- Gonçalves, S. B., Mendonça, S., & Laviola, B. G. (2009). *Substâncias tóxicas, alergênicas e antinutricionais presentes no pinhão-mansão e seus derivados e procedimentos adequados ao manuseio*. Brasília: Circular Técnica.
- Grogan, J., Barreto, P., & Veríssimo, A. (2002). *Mogno na Amazônia Brasileira: ecologia e perspectivas de manejo*. Belém: Imazon, 40 p.
- Guerra-Arévalo, H., Pérez Díaz, E. B., Vásquez Vela, A. L., Cerna Mendoza, A., Doria Bolaños, M. S., Arévalo López, L., Lopes Monteiro Neto, J. L., Guerra Arévalo, W. F., Moreira Sobral, S. T., & Abanto-Rodríguez, C. (2018). Control de larvas de *Hypsipyla grandella* Zéller utilizando resina de *Jatropha curcas* L. *Acta Agronomica*, 67(3), 446-454. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v67n3.68879>.
- Guimarães Neto, A. B., Felfili, J. M., Silva, G. F., Mazzei, L., Fagg, C. W., & Nogueira, P. E. (2004). Avaliação do plantio homogêneo de mogno, *Swietenia macrophylla* King, em comparação com o plantio consorciado com *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, após 40 meses de idade. *Revista Árvore*, 28(6), 777-784. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000600002>.
- Hayashida-Oliver, Y., Boot, R. G. A., & Poorter, L. (2001). Influencia de la disponibilidad de agua y luz en el crecimiento y la morfología de plantines de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Bertholletia excelsa*. *Ecología en Bolivia*, 35, 51-60.
- Hilje, L., & Cornelius, J. (2001). Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga Manejo Integrado de plagas. *Turrialba*, (61), 1-4.
- Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana – IIAP. (2009). *Evaluación Económica de Parcelas de Regeneración Natural y Plantaciones de Bolaina Blanca "Guazuma crinita", en el Departamento de Ucayali*. Recuperado el 15 de abril de 2021, de [http://repositorio.iiap.org.pe/bitstream/IIAP/225/1/Alvarez\\_documentotecnico\\_2009\\_11.pdf](http://repositorio.iiap.org.pe/bitstream/IIAP/225/1/Alvarez_documentotecnico_2009_11.pdf)
- Jaimez, R., Araque, O., Guzman, D., Mora, A., Espinoza, W., & Tezara, W. (2013). Agroforestry systems of timber species and cacao: survival and growth during the early stages. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 114(1), 1-11.
- Lozada, J., & Graterol, D. (2003). Prácticas agroforestales en el municipio Rosario de Perijá, Estado Zulia, Venezuela. *Revista Forestal Latinoamericana*, 1(33), 21-36.
- Mancebo, F. (1998). *Efecto de extractos vegetales sobre la alimentación y el desarrollo de larvas de Hypsipyla grandella* (Zéller) (Tesis - Maestría en enseñanza y desarrollo para la conservación). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba.
- Martínez-Vento, N., Estrada-Ortiz, J., Góngora-Rojas, F., López Castilla, R., Martínez-González, L., & Curbelo-Gómez, S. (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.  
<http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2009.03.006>.
- Mayhew, J. E., & Newton, A. C. (1998). *The Silvicultura of Mahogany* (226 p). London: CABI Publishing.
- Mossini, S. A., & Kemmelmeier, C. (2005). A árvore Nim (*Azadirachta indica* A. Juss): múltiplos usos. *Latin American Journal of Pharmacy*, 24(1), 139-148.
- Murga, H., Abanto, C., Palomino, L., & Polo, A. (2015). Ocorrência de *Argyrotaenia sphaleropa* Meyrick (1909) (Lepidoptero: Tortricidae) em *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze Britton & Rose (1824). *Scientia Agropecuaria*, 6(4), 329-331. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.10>.
- Myers, G. P., Newton, A. C., & Melgarejo, O. (2000). The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. *Forest Ecology and Management*, 127(1-3), 119-128. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00124-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00124-3).
- Ohashi, O. S., Silva Junior, M. L., Lameira, O. A., Silva, J. N. M., Leão, N. V. M., Terezo, E. F.; Batista, T. F. C.; Hidaka, D. Z. L., Almeida, G. B., Bittencourt, P. R. G., Gomes, F. S., & Neves, G. A. M. (2005). Danos e controle da broca de *Hypsipyla grandella* em plantio de mogno no estado do Pará. In L. S. Poltronieri, D. R. Trindade & I. P. Santos (Eds.), *Pragas e doenças de cultivos Amazônicos*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental.
- Ohashi, O. S., Silva Junior, M. S., Lameira, O. A., Silva, J. N. M., Leão, N. V. M., Terezo, E. F., Batista, T. F. C., Hidaka, D. Z. L., Almeida, G. B., Bittencourt, P. R. G., Gomes, F. S., & Neves, G. A. M. (2008). Danos e controle da broca de *Hypsipyla grandella* em plantio de mogno *Swietenia macrophylla* no Estado do Pará. In L. S. Poltronieri, D. R. Trindade & I. P. Santos (Eds.), *Pragas e doenças de cultivos amazônicos* (2. ed., pp. 101-116.). Belém: Embrapa Amazônia Oriental.
- Ohashi, O. S., Silva, J. N. M., Silva, M. F. G. F., Costa, M. S. S., Sarmiento Junior, R. G., Santos, E. B., Alves, M. Z. N., Pessoa, A. M. C., Silva, T. C. O., Bittencourt, P. R. G., Barbosa, T. C., & Santos, T. M. (2002). Manejo Integrado da Broca do Mogno *Hypsipyla grandella* Zéller (Lep. Pyralidae). In L. S. Poltronieri & D. R. Trindade (Eds.), *Manejo Integrado das Principais Pragas e Doenças de Cultivos Amazônicos*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental.
- Pabón, L., & Hernández-Rodríguez, P. (2012). Importancia química de *Jatropha curcas* y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17(2), 194-209.
- Peña-Claros, M., Boot, R. G. A., Dorado Lora, G., & Zonta, A. (2002). Enrichment planting of *Bertholletia excelsa* in secondary forest in the Bolivian Amazon; effect of line width on survival, growth, and architecture. *Forest Ecology and Management*, 161, 159-168. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00491-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00491-1).
- Poorter, L. (1999). Growth responses of fifteen rain forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological, and physiological traits. *Functional Ecology*, 13(3), 396-410. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2435.1999.00332.x>.
- Reis, S. M., Talamini, E., Silva Neto, P. J., Augusto, S. G., Melo, A. C. G., & Dewes, H. (2018). Growth and yield of mahogany wood in cocoa-based agroforestry systems of two soil types in the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems*, 92(278), 1-10.
- Rizzini, C. T. (1990). *Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de Dendrologia* (2. ed., 286 p.). São Paulo: Edgard Blucher.
- Saavedra, L. (2008). *Evaluación ecológico-silvicultural y socioeconómica de las plantaciones de caoba (Swietenia macrophylla King) en la comunidad indígena Sinchi Roca- Ucayali* (Tesis - Maestría en Bosques y Gestión de Recursos Forestales). Universidad Nacional Agraria la Molina UNALM, Lima.
- Sánchez-Soto, S., Domínguez-Domínguez, M., & Cortes-Madriral, H. (2009). Efecto de la sombra en plantas de caoba sobre la incidencia de *Hypsipyla grandella* Zéller y otros insectos, en Tabasco, México. *Universidad y ciencia*, 25(3), 225-232.
- Servicio Nacional de Meteorología e hidrografía del Perú – SENAMHI. (2017). Recuperado el 15 de abril de 2021, de <https://www.gob.pe/senamhi>.
- Silva Junior, M. L., Souza Junior, J. C., Braga, M. A. C., Ohashi, O. S., Melo, V. S., Silva, G. R., Pedroso, S. A. J., Viegas, I. J. M., & Saldanha, E. C. M. (2014). Brazilian mahogany growth and resistance to *Hypsipyla grandella* under calcium and boron. *Árvore*, 38(6), 1085-1094.
- Silva, M. C. A., Rosa, L. S., & Vieira, T. A. (2013). Eficiência do nim (*Azadirachta indica* A. Juss) como barreira natural ao ataque de *Hypsipyla grandella* (Zéller) (Lepidoptera: Pyralidae) sobre o mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Acta Amazonica*, 43(1), 19-24. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672013000100003>.

- Singhal, K. K., Chavali, K., Nangalu, R., & Chavan, P. (2013). Absence of diarrhea in purge nut ingestion: a case series of eight children. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*, 4(3), 176-180. PMID:24250148. <http://dx.doi.org/10.4103/0975-9476.118710>.
- Soto, F., Hilje, L., Mora, G., & Carballo, M. (2011). Phagodeterrence by *Quassia amara* (Simarubaceae) Wood extrac fractions on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Revista de Biología Tropical*, 59(1), 487-499. PMID:21513206. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v59i1.3215>.
- Souza, C. A. S., Tucci, C. A. F., Silva, J. F., & Ribeiro, W. O. (2010). Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). *Acta Amazonica*, 40(3), 515-522. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672010000300010>.
- Souza, C. R., Lima, R. M. B., Azevedo, C. P., & Rossi, L. M. B. (2008). Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. *Scientia Forestalis*, 36(77), 7-14.
- Waquil, J. M., Villela, F. M. F., & Foster, J. F. (2002). Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico (Bt) à Lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: noctuidae). *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 1(3), 1-11. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v1n3p1-11>.
- Zuidema, P. A., Dijkman, W., & Rijsoort, J. (1999). Crecimiento de plantines de *Bertholletia excelsa* H.B.K. en función de su tamaño y la disponibilidad de luz. *Ecología en Bolivia*, 33, 23-35.

**Contribuciones de los autores:** HGA: conceptualización, investigación, metodología, supervisión, escritura – primera redacción, administración del proyecto; DCE: curaduría de datos, metodología; AIDV: supervisión, ALMVV y EAG: investigación, metodología; LAAL: análisis formal, DGGs, JMRC y CAR: escritura – revisión y edición; DDCT y WFGA: conceptualización, investigación; visualización.