

Efecto de tratamiento químico contra *Hypsipyla grandella* en el desarrollo de *Swietenia macrophylla* en sistemas agroforestales del Litoral Atlántico, Honduras

¹ José Alexander Elvir Murillo

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del tratamiento químico como control de la *Hypsipyla grandella* (barrenador de ápices) en árboles de *Swietenia macrophylla King* (caoba) creciendo en dos sistemas agroforestales (SAF) de cacao en el campus de la UNAH-Atlántida. La caoba es susceptible a los ataques del barrenador de ápices, que reduce su crecimiento y causa ramificación y deformaciones en el fuste. Se aplicó un tratamiento químico (tiacloprid, beta-ciflutrina, en solución) durante los dos primeros años contra el barrenador de ápices en los árboles de un SAF, mientras que los árboles de otro SAF no recibieron tratamiento. Después de los dos primeros años, se aplicaron podas de formación a los árboles en ambos SAF. El crecimiento fue evaluado usando DAP y altura, y la calidad fustal fue evaluada usando conicidad, inclinación, bifurcación y rectitud. Los resultados mostraron que los árboles con tratamiento sufrieron menos ataques de la plaga que los árboles no tratados, mostraron un crecimiento significativamente mayor en DAP y altura, y una mejor calidad fustal. Con un control adecuado del barrenador de ápices, los árboles de caoba pueden ser plantados con éxito como sombra permanente en los SAF, lo que ofrece grandes beneficios económicos para los productores.

Palabras clave: coeficiente de forma, inclinación, bifurcación, rectitud

Effect of chemical control of *Hypsipyla grandella* on *Swietenia macrophylla* growth in agroforestry systems in the Atlantic coast of Honduras

Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect of chemical treatment as control of *Hypsipyla grandella* (shoot borer) on *Swietenia macrophylla King* (mahogany) trees growing in two cacao agroforestry systems (AFS) on the UNAH-Atlántida campus. Mahogany is susceptible to attacks from the shoot borer, which reduces its growth and causes bifurcation and stem deformities. A chemical treatment (tiacloprid, beta-ciflutrine, in solution) was applied during the first two years against the shoot borer on trees in one AFS, while trees in another AFS were left untreated. After the first two years, formative pruning was applied to trees in both AFS. Tree growth was evaluated using DBH and height, while stem quality was evaluated using stem form, inclination, bifurcation and stem straightness. The results showed that treated trees suffered fewer pest attacks than untreated trees, exhibited significantly greater growth in DBH and height, and had better stem quality. The findings of

¹ Doctor en Ciencias forestales, Departamento de Silvicultura de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.
<https://orcid.org/0000-0002-0989-1140> Correo electrónico: jelvir@unah.edu.hn

this study demonstrated that, with proper control of the shoot borer, mahogany trees can be successfully planted as permanent shade in agroforestry systems, offering great economic benefits for farmers.

Keywords: stem form, inclination, bifurcation, stem straightness

Introducción

Los sistemas agroforestales (SAF) son un componente significativo en el sector agrícola de Honduras. Estos sistemas integran árboles en los paisajes agrícolas, ofreciendo una variedad de beneficios que mejoran la productividad y la sostenibilidad. La conversión de los bosques tropicales y la intensificación agrícola son los principales impulsores de la pérdida de biodiversidad tropical y los servicios ecosistémicos asociados (Foley et al. 2005). Por lo tanto, los cambios de esos sistemas agrícolas a SAF son una prioridad tanto a nivel de manejo de cuencas como para la estabilidad económica familiar. En Honduras, los SAF se enfocan principalmente en la asociación de especies agrícolas, como el cacao (*Theobroma cacao*) o el café (*Coffea arabica*), con especies arbóreas como sombra. Tradicionalmente, se han promovido especies arbóreas de la familia Fabaceae (Leguminosae), como *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp (madreado) y varias especies del género *Inga* (Guama) en los SAF de café o cacao (Somarriba y Beer, 2011). Estas especies tienen una relación simbiótica de raíces con las bacterias *Rhizobium* para asimilar el nitrógeno atmosférico. Las bacterias *Rhizobium* forman nódulos en las raíces de estas plantas, donde convierten el nitrógeno atmosférico (N_2) en una forma que las plantas pueden usar para su crecimiento (Peix et al. 2015). Esta simbiosis es crucial para mejorar la fertilidad del suelo, permitiendo que estas plantas crezcan en suelos de baja fertilidad. En general, estas especies tienen un crecimiento rápido, copas amplias y abundante hojarasca, lo que las hace adecuadas para su uso en SAF. Sin embargo, estas especies arbóreas tienen un bajo valor maderero, ya que su tronco leñoso se utiliza en una medida limitada como leña para uso doméstico.

Investigaciones han mostrado que árboles maderables, que provean la sombra requerida al

cultivo y al mismo tiempo que su madera tenga demanda y alto valor económico en el mercado, son una alternativa económica atractiva en sistemas agroforestales (Somarriba y Beer, 2011; FHIA 2011). FHIA (2017) desarrolló diferentes ensayos para comparar la efectividad de diferentes especies maderables como proveedoras de sombra en SAF. *Swietenia macrophylla* (caoba) ha sido recomendada para su uso en SAF, especialmente en asociación con el cultivo de cacao, debido a varios beneficios. Proporciona la sombra necesaria para las plantas de cacao y contribuye al enriquecimiento del suelo a través de la hojarasca y la actividad de las raíces. Su madera puede ser cosechada y vendida cuando los árboles maduran, proporcionando un ingreso adicional sustancial para los productores. Tscharntke, et al. (2011) indica que en los SAF los árboles no solo son valiosos por sus contribuciones ecológicas, sino que también sirven como una reserva financiera. Cuando las familias enfrentan dificultades económicas o fluctuaciones en los precios del mercado, como una caída drástica en los precios del cacao, pueden cosechar y vender productos arbóreos. Por lo tanto, integrar especies madereras valiosas, como la *Swietenia macrophylla*, en los SAF reduce la vulnerabilidad de los productores al proporcionar un amortiguador contra la inestabilidad económica y la volatilidad del mercado. Esta estrategia mejora la resiliencia y la sostenibilidad en las comunidades agrícolas, haciendo de los SAF un enfoque valioso tanto para la estabilidad agrícola como económica.

Por lo tanto, el barrenador de ápices de caoba es un factor limitante significativo en el cultivo y establecimiento de plantaciones puras de caoba (Goulet et al. 2005), o en SAF. Los desafíos y fracasos continuos asociados con el manejo del barrenador de ápices pueden generar una frustración significativa para los

productores y propietarios de plantaciones. Esta decepción a menudo resulta en un menor interés por utilizar la caoba como árbol sombra en los SAF, lo que lleva a cambiar a otras especies menos vulnerables a plagas pero de menor valor maderero.

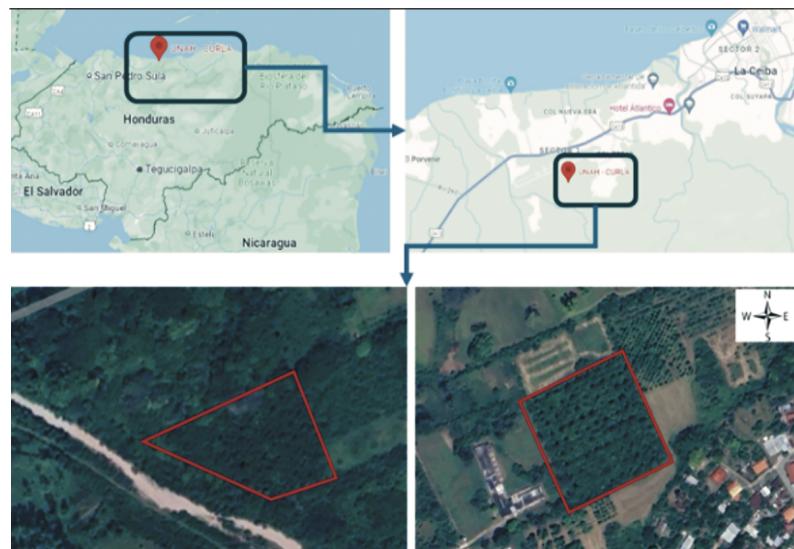
Se ha generado mucha investigación en los últimos años sobre tratamientos contra *Hypsipyla grandella* (Gómez, et al., 2017). Los insecticidas piretroides han sido reportados como los más efectivos para el control de la *Hypsipyla grandella* (FHIA 2011, Goulet et al., 2005). Sin embargo, la investigación a largo plazo sobre la efectividad de este tratamiento en el crecimiento y la calidad del fuste de los árboles ha sido limitada. El objetivo de esta investigación fue evaluar la efectividad del tratamiento químico aplicado durante los

primeros dos años para reducir los efectos de *Hypsipyla grandella* en el crecimiento y la calidad del fuste de los árboles de caoba en los SAF, después de 9.4 años de plantación en el campus de la UNAH-Atlántida.

Metodología

Dos sistemas agroforestales de cacao con la caoba como sombra permanente fueron establecidos simultáneamente en el área experimental del campus Atlántida de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH-Atlántida) en marzo del 2015 (Figura No. 1). Junto con la caoba, se establecieron plantas de plátano como sombra temporal durante los primeros tres años, y madreado e inga como sombra intermedia.

Figura No. 1. Ubicación del área experimental de sistemas agroforestales de cacao con caoba como sombra permanente, UNAH campus Atlántida, La Ceiba



Fuente: Elaboración propia

El área experimental es relativamente plana con una pendiente de 5 a 10%. El área fue desmalezada y el suelo fue arado con tractor agrícola, con un mullido de suelo a una profundidad de 20 cm previo al establecimiento de las plantas.

El suelo es de textura franco-arcillosa, relativamente ácido con un pH de 5.3. Resultados del análisis químico de suelo mostró que contenía bajas concentraciones de Ca, Mg, y Zn. Así mismo, las pruebas del laboratorio reportaron concentración de P, S y B por debajo de los límites detectables (Tabla 1).

Tabla No. 1. pH, materia orgánica y concentraciones de algunos macro y micronutrientes en el suelo en el 2015 previo al establecimiento de SAF de cacao con caoba como sombra permanente, UNAH campus Atlántida, La Ceiba

pH	5.3	M.O.	43.7 g/Kg
Macronutriente	Concentración	Micronutriente	Concentración
N total	2.19 g/Kg	Fe	14.6 mg/dm3
K	137 mg/Kg	Mn	7.1 mg/dm3
Ca	480 mg/Kg	Cu	0.74 mg/dm3
Mg	61 mg/Kg	Zn	0.78 mg/dm3
P*	-- mg/Kg	B*	-- mg/ dm3
S*	-- mg/Kg		

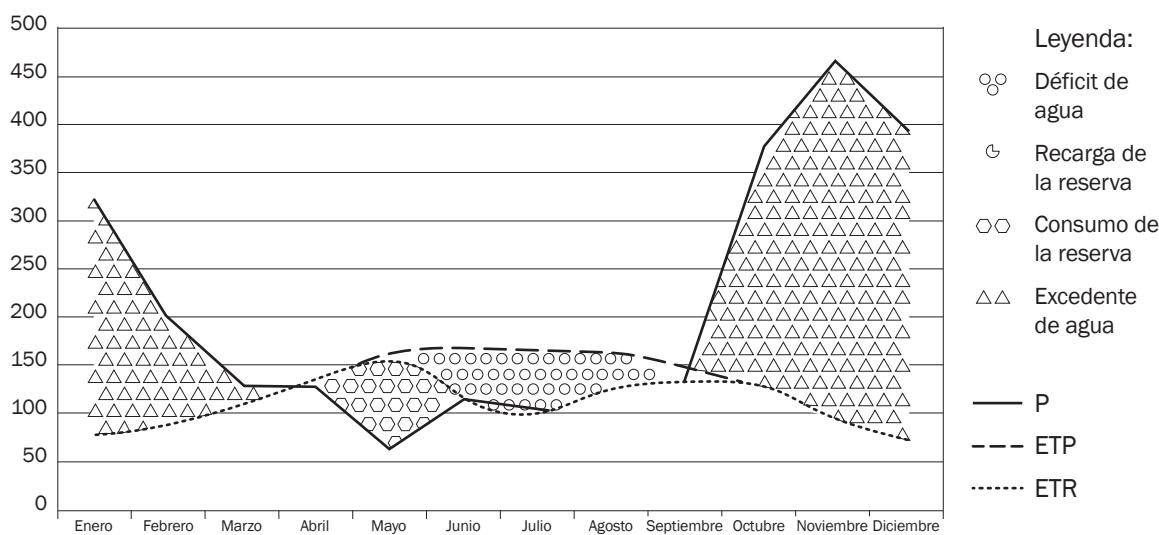
* Por debajo de los límites detectables

Fuente: elaboración propia

Según registros del periodo comprendido de marzo 2015 a marzo 2024 en la Estación meteorológica de la UNAH campus Atlántida, la temperatura anual promedio en esta área fue de 25.3 oC y una precipitación anual promedio de 2,536.4 mm. Las mayores precipitaciones se

experimentan en los meses de octubre a enero, mientras que los meses con menores precipitaciones son de marzo a septiembre, con un déficit de agua en el suelo en los meses de junio a agosto (Figura No. 2).

Figura No. 2. Balance hídrico basado en el método de Thornthwaite con datos de precipitación y temperatura periodo marzo 2015 a agosto 2024 de la estación de la UNAH campus Atlántida. Nótese P es precipitación, ETP es evapotranspiración potencial y ETR evapotranspiración real.



Fuente: elaboración propia

Se establecieron dos SAF (~1 hectárea cada uno) en marzo de 2015. Se establecieron arreglos espaciales iniciales y una densidad de plantación de árboles. Se establecieron plantas de *Musa sp.* (plátano) (3 m x 3 m) como sombra temporal, *Gliricidia sepium* (madreado) (6 m x 6 m) como sombra intermedia y caoba como sombra permanente. Las plantas de caoba se produjeron en el vivero forestal de la UNAH-Atlántida, con semillas provenientes de áreas de producción de semillas, y se establecieron a 12 m x 12 m (70 árboles por hectárea). Las plantas de cacao se establecieron en noviembre de 2015, 8 meses después, cuando los árboles de plátano ya proporcionaban la sombra requerida. Las plantas de plátano se eliminaron después del tercer año, ya que la sombra requerida para el cacao la proporcionaban principalmente las plantas de madreado. La sombra en el SAF se monitoreó anualmente y las plantas de madreado se podaron cuando fue necesario para mantener alrededor del 40% de sombra.

Para controlar los ataques de la *Hypsipyla grandella*, desde su establecimiento y durante los primeros dos años en uno de los SAF, a los ápices de todos los árboles de caoba se les aplicó el insecticida monarcha (Thiacloprid, Beta-Ciflutrina de la familia química Neonicotinoide-Piretroide), en una solución de 1.25 cc por litro de agua a una frecuencia de 8 días durante la época lluviosa y cada 15 días durante la época de verano. Durante la época lluviosa es requerido la aplicación más frecuente debido a que como efecto de la humedad del suelo, los árboles tienen un mayor crecimiento de sus ápices, y por lo tanto hay mayor probabilidad de ataque del barrenador. El químico fue aplicado focalizado solo a los ápices con una bomba de aspersión de mochila. A los árboles de caoba del segundo SAF no se le aplicó ningún tratamiento contra los ataques del barrenador de ápices, manteniéndose como referencia.

El método químico permite cuantitativamente medir su efecto en el control de plagas, por lo que esta investigación utilizó la aplicación sistemática del insecticida monarcha, y luego se monitoreó el porcentaje de ataques y su efecto

en el crecimiento y calidad fustal de los árboles de caoba sin tratamiento en el SAF comparándolos con los árboles de caoba con tratamiento químico en el otro SAF. A los dos años de edad los árboles de caoba tratados alcanzaron más de 7 metros de altura por lo que ya no fue posible logísticamente continuar con el tratamiento. A partir de los dos años, a los árboles de caoba en ambos SAF se les aplicó una poda silvicultural para promover la formación de fustes limpios. Esto consistió en la eliminación sistemática de las ramas laterales que se habían desarrollado a lo largo de los fustes de los árboles, lo que ayuda a mejorar la calidad de la madera al garantizar un fuste limpio.

En cada lote agroforestal, el 100% de las plantas de caoba fueron evaluadas por los ataques de la *Hypsipyla grandella* cada dos meses durante los primeros dos años, y evaluadas en su crecimiento en diámetro y altura desde que tenían 1.5 años hasta el 2024 que tenían 9.4 años de edad. Los ataques de la plaga fueron evaluados en cada brote apical de cada árbol, contabilizando los árboles que habían sido atacados en cada SAF. El diámetro a la altura del pecho (DAP) fue medido a 1.3 m de altura del fuste con una cinta diamétrica, y la altura fue medida con vara métrica de altura durante los primeros tres años y a partir del cuarto año con clinómetro.

Para la evaluación de la calidad de fuste de las plantas de caoba se aplicó la metodología descrita por Murillo y Camacho (1998). Se realizaron las mediciones de los indicadores de calidad fustal aplicando categorías de medición a cada uno de los árboles en cada SAF (Tabla No. 2).

Análisis estadístico

Las variables de crecimiento fueron analizadas aplicando la prueba de t para muestras independientes para la comparación entre tratamientos para crecimiento diametral (DAP) y crecimiento en altura usando el programa estadístico SAS®, considerando significativas las diferencias para un α menor a 0.05. Los supuestos para pruebas paramétricas fueron probados usando el procedimiento Shapiro-Wilk

Tabla No. 2. Criterios aplicados para la medición de indicadores de calidad fustal de árboles

Indicador	Categoría	Indicador	Categoría
Conicidad	Coeficiente de forma > 0.8	Bifurcación	Sin bifurcación
	Coeficiente de forma > 0.6 y ≤ 0.8		Bifurcado ≤ 5.0 m
	Coeficiente de forma ≤ 0.6		Bifurcado > 5 m
Inclinación	Vertical: con ángulo de inclinación igual a 0°	Rectitud	Recto
	Inclinación leve: con ángulo de inclinación < 5°		Poco sinuoso
	Inclinación moderada: con ángulo de inclinación ≥ 5° ≤ 10°		Muy sinuoso
	Inclinación severa: con ángulo de inclinación > 10°		

Fuente: elaboración propia

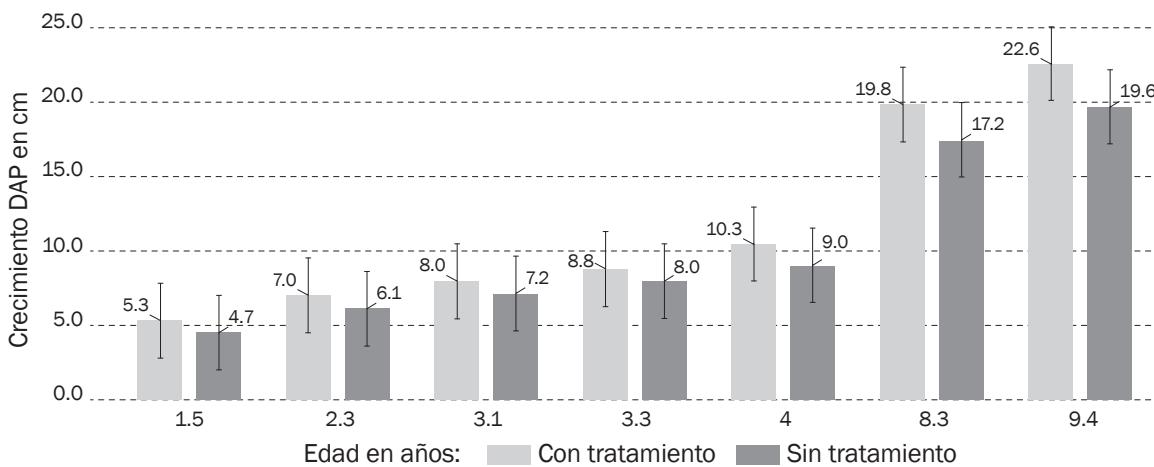
para distribución normal de residuales y la prueba gráfica de residuales con los valores predichos para igualdad de varianzas. Para la evaluación de calidad de fuste se realizó un análisis agrupando los árboles de acuerdo con cada categoría por indicador.

Resultados

El promedio de ataques de *Hypsipyla grandella* durante los dos primeros años fue del 89% en arboles de caoba sin tratamiento y del 12% en

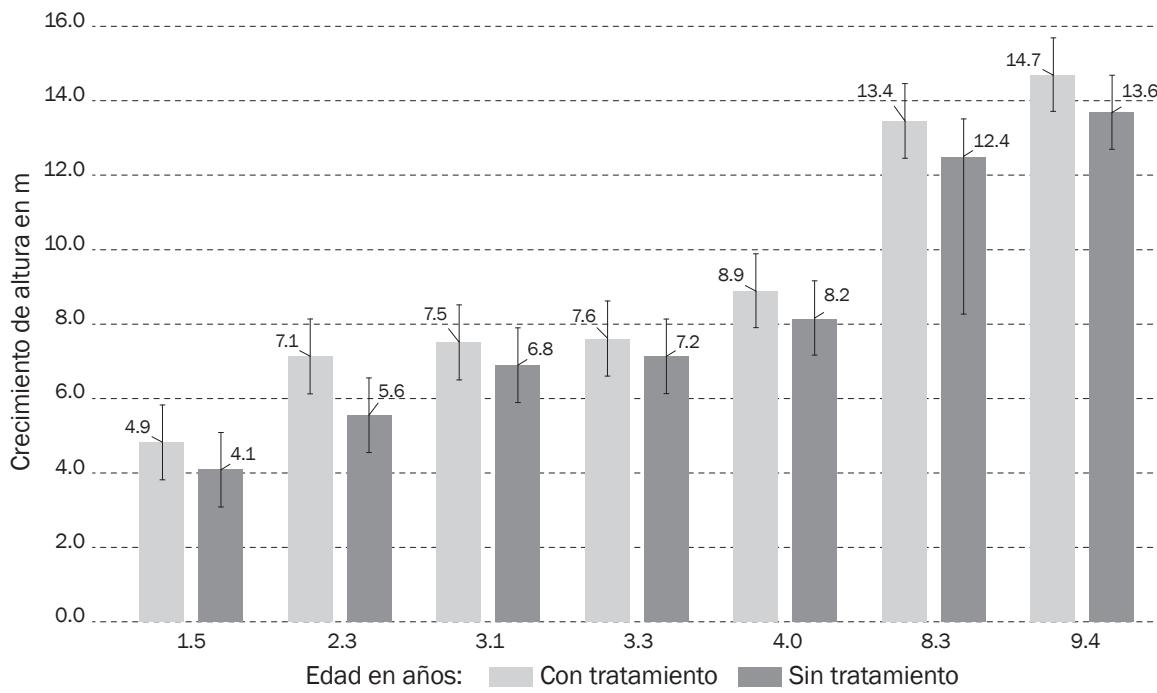
los árboles de caoba con tratamiento. A los 9.4 años de edad, el análisis estadístico mostró diferencias significativas en DAP y altura. Los supuestos de normalidad e igualdad de varianzas fueron cumplidos al aplicar el procedimiento Shapiro-Wilk y la prueba de residuales, respectivamente. Para ambas variables, el crecimiento fue significativamente mayor en DAP y altura total ($p < 0.05$) en los árboles con tratamiento químico inicial contra el control de la *Hypsipyla grandella* (Figuras No. 3 y 4).

Figura No. 3. Crecimiento en DAP de caoba con y sin tratamiento químico inicial contra ataques de *Hypsipyla grandella* en el CURLA (periodo 2015-2024)



Fuente: elaboración propia

Figura No. 4. Crecimiento en altura de caoba con y sin tratamiento químico inicial contra ataques de *Hypsipyla grandella* en el CURLA (periodo 2015-2024)



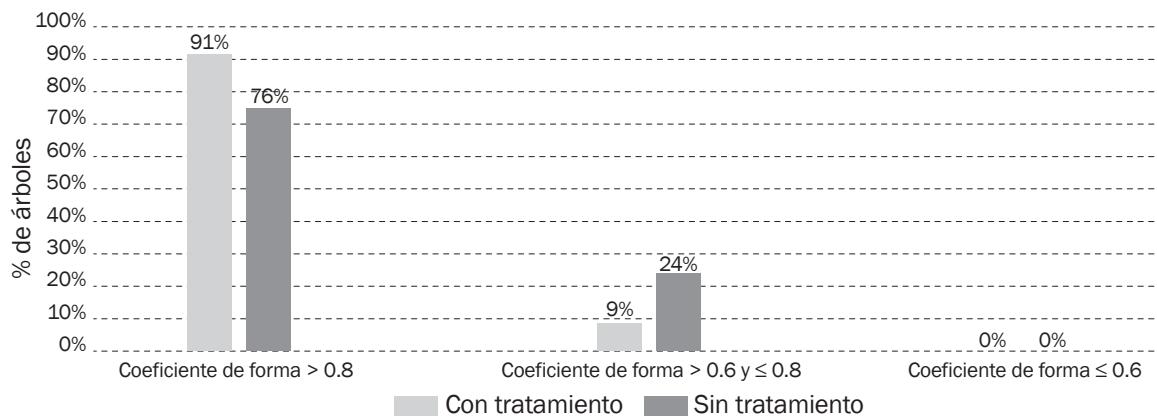
Fuente: elaboración propia

Calidad Fustal

Los resultados en el indicador de conicidad de acuerdo con el coeficiente de forma mostraron que los árboles de caoba con tratamiento químico inicial tuvieron un mayor porcentaje de

árboles con mejor conicidad de fustes que los árboles sin tratamiento químico para el control de la plaga (Figura No. 5). Lo anterior evidencia el efecto positivo del tratamiento en la forma de los fustes de los árboles.

Figura No. 5. Indicador de la conicidad de fustes de caoba con y sin tratamiento químico inicial para el control de la *Hypsipyla grandella* en el CURLA a los 9.4 años de edad

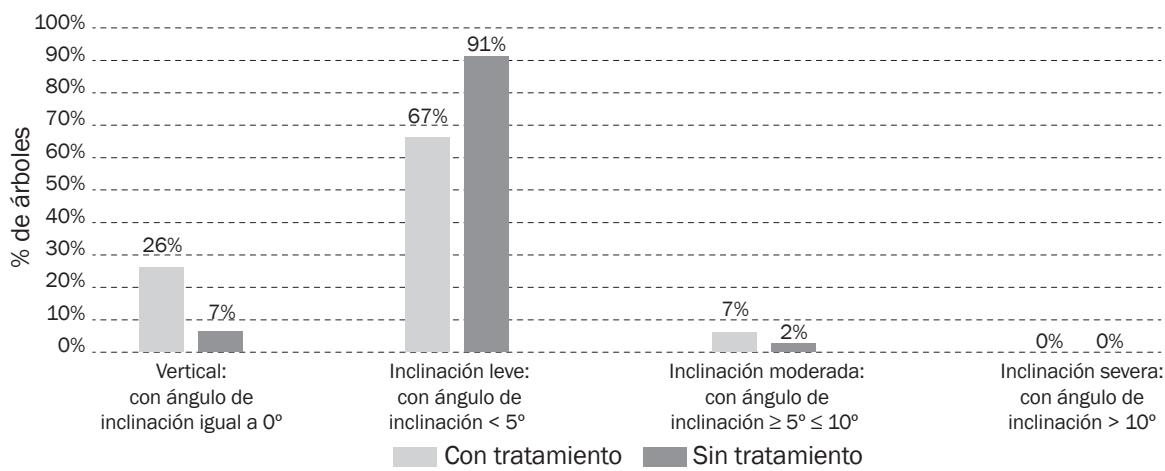


Fuente: elaboración propia

El 26% de árboles de caoba tratados químicamente tienen una completa verticalidad, mientras que solo un 7% de los árboles sin tratamiento químico inicial contra la plaga

tienen una completa verticalidad (Figura No. 6). Lo anterior evidencia el efecto positivo del tratamiento en la verticalidad de los fustes de los árboles.

Figura No. 6. Indicador de la inclinación de los fustes de caoba con y sin tratamiento químico inicial para el control de la *Hypsipyla grandella* en el CURLA a los 9.4 años de edad

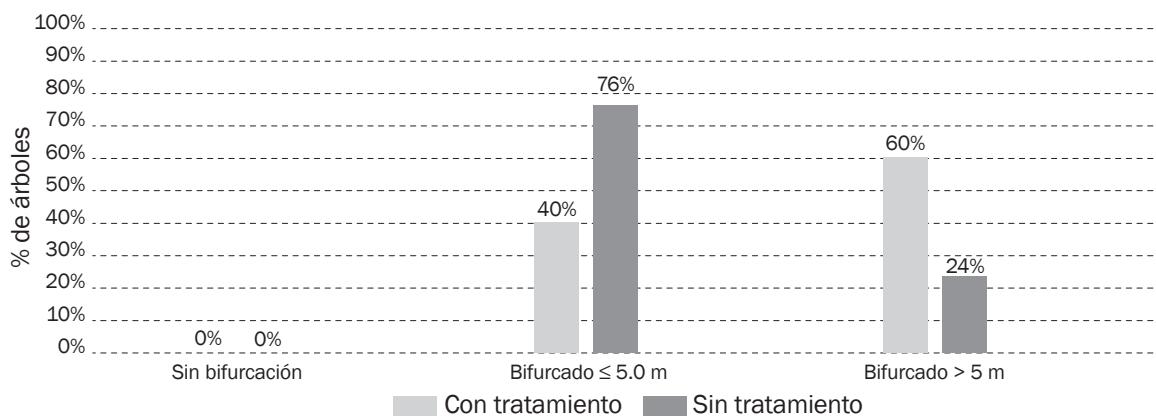


Fuente: elaboración propia

El 60% de los árboles de caoba con tratamiento químico inicial presentaron bifurcaciones arriba de los 5 metros de altura contra un 24% de los árboles sin tratamiento químico para el control de la plaga (Figura No.

7). Lo anterior evidencia el efecto positivo del tratamiento al fomentar un mejor crecimiento fustal y reduciendo el porcentaje de árboles con bifurcaciones a menos de 5 metros de altura del fuste.

Figura No. 7. Indicador de bifurcación de los fustes de caoba con y sin tratamiento químico inicial para el control de la *Hypsipyla grandella* en el CURLA a los 9.4 años de edad

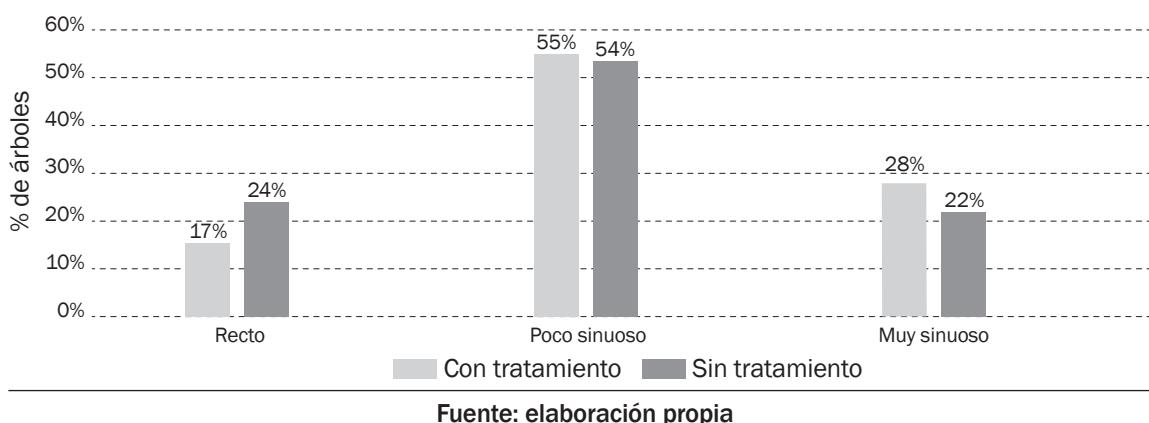


Fuente: elaboración propia

Referente al indicador sobre la sinuosidad del fuste, los árboles con y sin tratamiento químico inicial mostraron similares porcentajes de árboles rectos, poco sinuosos o muy

sinuosos (Figura No. 8), lo que demuestra que el tratamiento no tuvo ningún efecto en la sinuosidad de los fustes.

Figura No. 8. Indicador de rectitud de los fustes de caoba con y sin tratamiento químico inicial para el control de la *Hypsipyla grandella* en el CURLA a los 9.4 años de edad



Discusión

La investigación científica se ha enfocado a probar diferentes mecanismos para el control o disminución de los ataques de *Hypsipyla grandella* en caoba (Mayler y Newton 1998; FHIA, 2011). Entre estos métodos, los tratamientos químicos han demostrado ser los más efectivos. Estos tratamientos se aplican específicamente a los nuevos brotes o retoños de los árboles de caoba, minimizando así los posibles impactos negativos sobre el medio ambiente y los ecosistemas locales. En este estudio, el 89% de los árboles no tratados fueron atacados por *Hypsipyla grandella*, mientras que solo el 12% de los árboles tratados químicamente sufrieron ataques. FHIA (2011) reportó que en promedio un 62.5% de los árboles sin tratamiento sufrieron ataques de la plaga, mientras que un 15% de los árboles con tratamiento químico (con insecticida deltametrina, también un piretroide) tuvieron ataques, lo cual es consistente con los resultados mostrados en este estudio. Hernández, et. al. (2012) también reportan que la *Hypsipyla grandella* puede atacar en promedio el 80.5 % de los árboles de las especies meliáceas. De manera similar, Goulet et al. (2005) notaron que

la deltametrina proporcionó una prevención completa de los ataques en pequeñas plantaciones de *Swietenia humilis* en Honduras. Nuestros resultados y estos estudios apoyan colectivamente la eficacia de los tratamientos químicos en el control de los ataques de *Hypsipyla grandella*.

Los resultados de esta investigación demostraron que la aplicación de tratamiento químico durante los primeros dos años mejoró significativamente el crecimiento de los árboles de *Swietenia macrophylla*, tanto en términos de diámetro a la altura del pecho (DAP) como de altura, lo cual es consistente con estudios previos de Elvir et al. (2012) y FHIA (2011). Además, Ruiz et. al. (2016) concluyeron que la *Hypsipyla grandella* induce la malformación de fustes en árboles sin tratamiento contra la plaga, similar a lo encontrado en esta investigación.

Los sistemas agroforestales con especies de madera de alto valor pueden producir grandes volúmenes de madera, generando ingresos económicos significativos para los productores (CATIE, 2012), además de reducir la presión sobre los bosques naturales. En este contexto,

nuestra investigación resalta varios aspectos importantes en la gestión de los árboles de caoba en los SAF. Aplicar control químico contra el barrenador de ápices de caoba durante los primeros dos años mejora significativamente el crecimiento de los árboles y la calidad del fuste, con un impacto positivo en la conicidad del fuste, la rectitud y la reducción de bifurcaciones bajas. Las diferencias en el crecimiento y la calidad del fuste entre los árboles tratados y no tratados, que persisten años después de la aplicación del tratamiento, subrayan los beneficios a largo plazo de una gestión temprana de plagas. Específicamente, destaca el papel crítico de proteger los árboles jóvenes de caoba contra el barrenador de ápices, ya que los ataques durante las primeras etapas del desarrollo de los árboles pueden tener efectos duraderos sobre el crecimiento y la calidad del fuste. Mantener altas tasas de crecimiento y buena calidad del fuste puede impactar significativamente el valor económico de los árboles. Al proteger los árboles de caoba del barrenador de ápices desde temprano, los productores pueden garantizar una productividad a largo plazo en sus SAF. Sileshi et al. (2008) indica que los productores suelen centrarse más en sus cultivos principales y pueden carecer de conocimientos sobre los componentes arbóreos de los SAF, incluidos sus plagas y su manejo. Por lo tanto, al promover *Swietenia macrophylla* para los SAF, es esencial proporcionar a los productores información integral tanto sobre la plaga como sobre el tratamiento necesario para su control. Los productores deben estar completamente informados sobre todos los aspectos silviculturales para integrar exitosamente *Swietenia macrophylla* en sus SAF, lo que conducirá a beneficios a largo plazo.

Conclusiones

El tratamiento químico aplicado durante los primeros dos años de plantación redujo el impacto negativo de *Hypsipyla grandella* en los árboles de *Swietenia macrophylla*. Se observó un mayor crecimiento en los árboles tratados en comparación con aquellos que no recibieron tratamiento. Los árboles tratados mostraron una mejor calidad del fuste. Específicamente,

estos árboles presentaron menos bifurcaciones, mejor rectitud y conicidad en comparación con los árboles no tratados. Los resultados respaldan el uso de este tratamiento químico temprano contra *Hypsipyla grandella* como una estrategia viable para mejorar tanto el crecimiento como la calidad del fuste de los árboles de *Swietenia macrophylla*. Por lo tanto, esta valiosa especie de madera puede ser recomendada para su uso en SAF, siempre y cuando los productores estén informados sobre este problema de plagas y los tratamientos químicos y silviculturales necesarios para una gestión óptima de los árboles.

Agradecimientos

Se agradece a Saybyn Jusethe Aguilar por facilitar los datos meteorológicos de la estación de la UNAH-campus Atlántida, y a Julio César Puerto Bocanegra por su apoyo con el acceso a los ensayos de los sistemas agroforestales.

Referencias bibliográficas

- CATIE (2012) Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica. Eds Detlefsen, G. y Somarriba, E. Serie técnica Manual técnico no. 109. Turrialba, Costa Rica.
- Elvir. A., Navarro, C., Valle, C., Bejarano, L. y Alberto H. (2012). Efectividad de tratamientos para el control de ataques de *Hypsipyla grandella* en plantaciones de Caoba (*Swietenia macrophylla*). *Tatascan*, 23 (1): 11-20.
- FHIA. (2011). Evaluación de estrategias para el control de la *Hypsipyla grandella* (Zeller) en la caoba. Departamento de Protección Vegetal, Hoja Técnica No. 10.
- FHIA. (2017). Promoción de Sistemas Agroforestales de Alto Valor con Cacao en Honduras. Series Técnicas sobre Logros. La Lima, Honduras.
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N. and Snyder, P. K. (2005) Global

- consequences of land use. *Science*, 309, 570–574.
- Gómez, L.M., Amat E. and Uribe Soto, S.I. (2017). Actualización sobre la presencia y distribución de *Hypsipyla grandella* en plantaciones de *Cedrela odorata* en Colombia. *ResearchGate* V9 Nº2- ISSN 2027- 4378
- Goulet, E., Rueda, A. and Shelton, A. (2005). Management of the mahogany shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), through weed management and insecticidal sprays in 1- and 2-year-old *Swietenia humilis* Zucc. Plantations. *Crop Protection* 24(9), 821-828.
- Hernández, M., Azpíroz Rivero, H.S., Parraguirre Lezama, C., Sánchez Monsalvo, V., Velasco Bautista, E., Hernández Juárez, R., Sánchez Martínez, A., and Rueda Sánchez, A. (2012). Análisis de dimensiones dasométricas y porcentaje del ataque de *Hypsipyla grandella* Zeller en *Cedrela odorata* L. *Rev. mex. de cienc. forestales* vol.3 no.13 México.
- Mayler, J. and Newton, A. (1998). The silviculture of mahogany. CABI publishing, UK.
- Murillo, O. and Camacho, P. (1998). Evaluación de la Calidad de Plantaciones Forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. Serie de apoyo académico No. 27. Cartago, Costa Rica. pp. 8-30.
- Peix, A., Ramírez-Bahena, M.H., Velázquez, E. and Bedmar, E.J. (2015). Bacterial associations with legumes. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences*, 34, pp. 17-42.
- Ruiz, B.A., Tamayo, J.C., Martínez, M., Hernán Medina, H., Salcedo, E., Hernández, E., Palacios, C.A., Silva, J.A., and González, R. (2016). Valoración de métodos convencionales y no convencionales para el control del taladrador de las meliáceas en América. *Bosque* 37(1): 13-19, doi: 10.4067/S0717-92002016000100002
(Consultado el 27-10-2024).
- Sileshi, G.W., Kuntashula, E., Matakala, P. and Nkunika, P.O. (2008). Farmers' perceptions of tree mortality, pests and pest management practices in agroforestry in Malawi, Mozambique and Zambia. *Agroforestry Systems*, 72, 87–101.
- Doi: 10.1007/s10457-007-9082-5 (Consultado el 20-10-2024).
- Somarriba, E. and Beer, J. (2011). Productivity of *Theobroma cacao* agroforestry systems with legume and timber shade tree species. *Agroforestry Systems* 81:109-121.
- Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S. A., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., Hölscher, D., Juhrbandt, J., Kessler, M., Perfecto, I., Scherber, C., Schroth, G., Veldkamp, E., and Wanger, T.C. (2011). Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes - a review. *Journal of Applied Ecology*. 48:3: pp. 619-629.