

“TRONCOS TRAMPA” PARA LA ATRACCIÓN DE ESCARABAJOS DE AMBROSÍA EN PLANTACIONES DE TECA

“BOLT TRAPS” FOR AMBROSIA BEETLES ATTRACTION IN TEAK PLANTATIONS

Bernardo Navarrete-Cedeño¹, Ernesto Cañarte-Bermudez¹, Danilo Vera-Coello², Antonio Pinargote-Borrero¹, Ricardo Limongi-Andrade³

¹Departamento de Entomología. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Portoviejo: Km 12 vía Portoviejo-Santa Ana. Portoviejo-Manabí, Ecuador.

²Departamento de Fitopatología. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Tropical Pichilingue: Km 5 vía Quevedo-El Empalme. Mocache-Los Ríos, Ecuador.

³Programa de Forestería. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Portoviejo: Km 12 vía Portoviejo-Santa Ana. Portoviejo-Manabí, Ecuador.

E-mail: jose.navarrete@iniap.gob.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
21/06/2021

Aceptado:
15/12/2021

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista
ESPAMCIENCIA
12(2):1-9

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v12i2.267

Resumen

En la última década, la teca en Ecuador es afectada por una enfermedad conocida como “muerte regresiva” y posiblemente dispersada por escolitinos. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la condición ideal que garantice la mayor cantidad de atracción y recuperación de escarabajos de ambrosía, utilizando el método “troncos trampa”, que son secciones de tronco de teca de 20 cm de longitud, expuestos a colonización de hembras de escolitinos. Para ello, en una plantación de teca del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, se estableció un experimento que determinó la condición ideal para atraer la mayor cantidad de escolitinos. Los troncos se ubicaron siguiendo un diseño de bloques completamente al azar con los siguientes tratamientos: altura de colocación de los troncos (1; 1,5 y 2 m); inmersión previa en alcohol 70% (Si y No) y descortezado (Si y No). En total fueron 36 troncos distribuidos en tres repeticiones. La única variable analizada fue el número de escarabajos recuperados por tronco a los 30 días después de su retiro del campo. Se realizó en paralelo dos réplicas biológicas, la primera retirando los troncos a los 15 días y la segunda a los 30 días. En los troncos retirados a los 15 días, el número mayor de capturas se obtuvo en troncos colocados a 1,5 m, con inmersión previa en alcohol y descortezados; mientras que los que permanecieron 30 días, solo la inmersión previa en alcohol influyó positivamente en las capturas. No existieron diferencias entre las poblaciones totales al comparar las dos fechas de permanencia en campo.

Palabras clave: *Tectona grandis*, Scolytinae, monitoreo, alcohol.

Abstract

In the last decade, teak in Ecuador have been affected by a disease known as “muerte regresiva” and possibly dispersed by scolytids, the standard practice for monitoring them is the use of plastic bottles filled with ethanol. Another methodology proposed in this research is the use of “bolt traps”, which are sections of the tree trunk exposed to beetles colonization, for this reason, in a teak plantation of the National Institute for Agriculture Research, an experiment was designed to determine the ideal “bolt trap” condition that attracts the greatest number of borer insects. These bolts were deployed in a randomized complete block design with the following treatments; Height of placement (1 m, 1.5 m, 2 m), previous immersion in alcohol (Whit, Whitout) and debarking (Whit, Whitout). In total it were distributed 36 logs in three blocks. The only variable analyzed was the number of beetles recovered per bolt 30 days after their removal from the field. Two biological replicates were carried out in parallel, the first one removing the bolts at 15 days and the second one at 30 days. In bolts removed at 15 days, the highest number of captures was obtained in traps placed at 1.5, previously immersed in alcohol and debarked, while in those that remained 30 days, only immersion in alcohol positively influenced the captures. There were no differences between the total populations between the two dates of stay in the field.

Keywords: *Tectona grandis*, Scolytinae, monitoring, alcohol

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, bosques y plantaciones forestales como la teca (*Tectona grandis* L.f.), son afectados por escarabajos descortezadores y barrenadores de la madera; la mayoría de las especies de estos artrópodos pertenecen a las subfamilias Scolytinae y Platypodinae de la familia Curculionidae (Martínez et al., 2019) y se los conoce comúnmente como escolitinos o escarabajos de ambrosía. Aunque la actividad de estos coleópteros es necesaria en los sistemas no intervenidos por contribuir en la descomposición de árboles muertos y a la sucesión forestal (Morris et al., 2018), pueden convertirse en un problema si se hospedan en árboles sanos. El daño ocasionado puede ser directo ya que, ellos construyen galerías que afectan la calidad de la madera, o indirecto, por dispersión de enfermedades vasculares que, tienen serias consecuencias en el árbol hospedante (Deyrup y Atkinson, 1987; Benjamin et al., 2004). La producción de teca es importante para la economía ecuatoriana ya que su exportación genera ingreso de divisas (Vera et al., 2019). En el 2016, Ecuador aportó con el 7% de esta madera al mercado internacional (Aguirre y Piloso, 2017).

Las hembras de algunas especies de escarabajos de ambrosía colonizan troncos de árboles, realizando orificios en la corteza, por los cuales penetran al interior del floema y xilema, construyendo galerías donde crían sus larvas, utilizando como alimento, un hongo simbiote que transportan en estructuras especializadas llamadas micangias (Ploetz et al., 2013; Gómez, 2014; Kirkendall et al., 2015, Rivera et al., 2020). En la mayoría de casos, este hongo es inocuo para el árbol (Ploetz et al., 2013), pero hay casos en los cuales este organismo es patogénico (Hulcr y Stelinski, 2017), provocando enfermedades vasculares como el caso de la asociación *Xyleborus glabratus* - *Rafaella lauricola* en aguacate (Hamilton et al., 2021) y *Xylosandrus compactus* - *Fusarium solani* en café (Egonyu y Torto, 2018).

A partir del 2015, se empezó a evidenciar una inusual mortalidad de árboles de teca, caracterizada por un marchitamiento progresivo y descendente desde la parte apical de la planta, por lo que empezó a ser llamada por los productores como “muerte regresiva”, el cual se ha venido incrementando exponencialmente con grave afectación en las plantaciones del Litoral ecuatoriano. En el año 2015, en muestreos de problemas fitosanitarios en plantaciones de teca, se encontraron los hongos *Fusarium* sp.; *Lasiodiplodia* sp. y *Ceratocystis* sp., además, de insectos barrenadores de la madera de los géneros *Xyleborus* spp., *Coptoborus* sp. e *Hypothenemus* sp. (Curculionidae: Scolytinae), en árboles con síntomas de la enfermedad “muerte regresiva” (Vera et al., 2019). Al respecto, el hongo *Fusarium solani* ha sido reportado causando “muerte regresiva” en China (Huang et al., 2017) e India; en este último país, se asocia su transmisión

al escolitino *Xyleborus similis* (Balasundaran y Sankaran, 1991), por lo que es probable que en plantaciones de teca del Ecuador suceda un fenómeno parecido.

Para el estudio, monitoreo y manejo de escolitinos, es imprescindible un método apropiado de captura. Al respecto, el uso de trampas construidas con materiales caseros (botellas plásticas y alcohol en gel), es una metodología utilizada con éxito en estudios de identificación y distribución de estos insectos (Steininger et al., 2015). Sin embargo, este método no brinda una absoluta certeza acerca de los hospedantes de los individuos capturados en estas trampas. Los escolitinos y platipódidos, son atraídos por volátiles propios de una madera recientemente cortada, por lo que secciones de tronco o “troncos trampa” se convierten en lugares ideales para la colonización de las hembras fundatrices y la posterior concentración de poblaciones de estos barrenadores. En tales circunstancias, el objetivo de esta investigación fue evaluar la condición ideal que garantice la mayor cantidad de atracción y recuperación de escarabajos de ambrosía, utilizando el método de “troncos trampa”.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Esta investigación se realizó durante el periodo de abril a junio del 2019, en una plantación experimental de teca, de cuatro años de edad, establecida por el Programa de Forestería de la Estación Experimental Portoviejo en el lote Teodomira, localizado en la parroquia Lodana, cantón Santa Ana, provincia de Manabí, en las coordenadas 1°09'47,264" S y 80°23'17,689" W y a 56 m.s.n.m. de elevación (Figura 1) y condiciones ambientales con 851,57 mm de precipitación; 26,4°C y 81% de HR, suelo franco-arcilloso y topografía plana.



Figura 1. Vista aérea de plantación experimental de teca del Programa de Forestería de la Estación Experimental Portoviejo. 2021. Santa Ana, Manabí.

Procedimiento experimental

Para la captura de insectos barrenadores escolitinos se utilizaron “troncos trampas”, que son secciones de troncos o ramas de árboles sanos obtenidos en una plantación libre de problemas fitosanitarios (Paes *et al.*, 2012). Para obtenerlos, se seccionaron troncos de 20 cm de longitud y 8 a 12 cm de diámetro, utilizando una motosierra. Estos fueron colocados en árboles de teca, distribuidos en la plantación seleccionada, de acuerdo a los siguientes tratamientos: Factor A. Altura de ubicación de la trampa sobre el nivel del suelo (1; 1,5 y 2 m); Factor B. corteza (troncos con corteza y sin corteza) y Factor C. inmersión de troncos en alcohol etílico al 70% (con inmersión y sin inmersión), obteniendo 12 tratamientos, distribuidos en tres bloques, dando como resultado 36 unidades experimentales. El descortezamiento de los troncos que debían estar sin corteza se realizó con un machete. Para el proceso de inmersión de los troncos de madera en alcohol, se utilizó un recipiente plástico (30 cm x 15 cm), en el que se colocó un litro de alcohol al 70% (v/v) y en el interior se mantuvo a los troncos en inmersión por un minuto, para luego llevarlos a campo. Los troncos fueron sujetos a la altura respectiva, utilizando un alambre grueso, que permitió mantenerlos separados al menos 20 cm del tronco principal (Figura 2).



Figura 2. Preparación de troncos trampas: A. corte de troncos de 20 cm; B. inmersión de troncos en alcohol 70%; C. Troncos trampa listos para ser ubicados en la plantación; D. Tronco trampa colocado en árbol de teca, sujetado con alambre y separado a 20 cm del tronco principal. Se evidencia perforaciones en tronco trampa. Santa Ana, Manabí.

Para determinar el efecto de la permanencia de los troncos en el campo, se realizaron dos réplicas biológicas del experimento, siguiendo la metodología anteriormente descrita. Los troncos fueron retirados del campo de acuerdo a la réplica biológica; la primera a los 15 y la segunda a los 30 días posteriores a su ubicación en campo. Inmediatamente, se trasladaron hasta el Laboratorio de Entomología de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP, donde fueron ubicados individualmente en cámaras de recuperación, que son recipientes de plástico negro (50 cm x 20 cm), con un frasco en la parte superior para recuperar los adultos que emergían diariamente. Bajo estas condiciones permanecieron por 30 días. La diversidad de adultos emergidos fue observada en un estereoscopio para clasificarlos taxonómicamente hasta nivel de familia, usando claves taxonómicas (Baker *et al.*, 2009) y a partir de aquí, basándose en esquemas y caracteres morfológicos, se separó a los especímenes en morfoespecies (Figura 3).



Figura 3. Proceso de recuperación en laboratorio de adultos de coleópteros barrenadores presentes en “troncos trampa” A. Cámaras de recuperación de Scolytinae. B. Diversidad de morfoespecies de Scolytinae recuperados a ser clasificados bajo el estereomicroscopio. Portoviejo, Manabí.

Análisis estadístico

La única variable analizada fue el número de adultos de coleópteros barrenadores recuperado por “troncos trampa”. Previo a su análisis, los datos se sometieron a las pruebas de normalidad de Shapiro y de homogeneidad de varianzas de Bartlett. Por no cumplir con los supuestos del análisis de varianza, se transformaron a $\sqrt{x + 1}$ para analizarlos en un Diseño de Bloques Completamente al Azar en Arreglo Factorial (AxBxC). Para comparar los resultados de las dos réplicas biológicas se empleó la prueba de *T* no pareada. Todos los análisis y figuras se realizaron con el software estadístico R Studio (R Studio Team, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del total de troncos evaluados en este experimento, se recuperaron un total de 827 individuos de escarabajos barrenadores de la familia Curculionidae, subfamilia Scolytinae, agrupados en cinco morfoespecies (Figura 4). Estos resultados son coincidentes con estudios que reportan varias especies de las subtribus de Scolytinae como Corthylini, Scolytini, Xyleborini, y Premnobiini, asociadas a plantaciones de teca en el Ecuador (Martínez et al., 2017, Muñoz et al., 2020, Solano et al., 2020); es importante aclarar que, todos los insectos reportados en estos estudios anteriores, han sido capturados utilizando trampas con etanol, mientras que Flores et al. (2010) lo realizaron por observación directa en el campo y Vera et al. (2019) recuperaron insectos de madera infestada con coleópteros barrenadores.

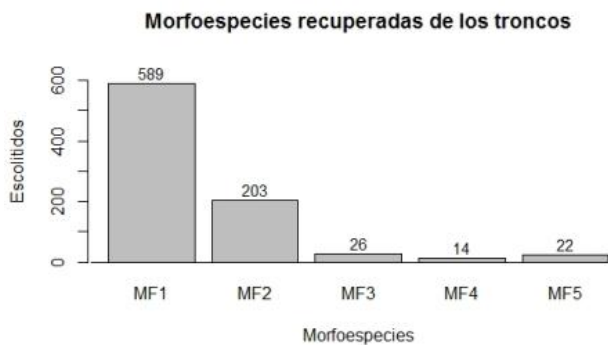


Figura 4. Distribución de morfoespecies recuperadas de troncos trampa en una plantación de teca. Santa Ana, Manabí.

En la réplica biológica, donde se retiraron los troncos a los 15 días (Figura 5), se observó diferencias significativas

para el factor altura de planta ($F_{1, 22} = 7,79$; $P=0,02$), presentando los troncos ubicados a 1,5 m, más insectos que los ubicados a 1 m. Esto es similar a lo reportado por Procházka et al. (2018), quienes obtuvieron mayor cantidad de escolitinos en trampas colocadas a 1,2 m sobre el nivel del suelo, en árboles en Europa del Este, así como también, en el estudio de Covre et al. (2021), quienes determinaron que, la altura de vuelo más frecuente del escarabajo ambrosia *Xylosandrus crassiusculus* es a 1,5 m en Brasil. Es importante considerar que existe una distribución vertical de las poblaciones de escolitinos en los árboles afectados. Los que ingresan hasta el xilema (escarabajos de ambrosía), se ubican preferentemente en los estratos más bajos mientras que los descortezadores son registrados en el estrato superior del árbol (Sheehan et al., 2019). De igual manera, hubo una cantidad significativamente mayor de escolitinos en troncos tratados con alcohol ($F_{1, 22} = 17,597$; $P=0,01$), y en troncos sin corteza ($F_{1, 22} = 27,47$; $P=0,01$). Estos resultados se explican, debido a que, los adultos de escolitinos, responden favorablemente a la presencia de alcohol y a las heridas provocadas en los árboles (Montgomery y Wargo, 1983; Hanula et al., 2008; Reding y Ranger, 2019). En el caso del alcohol, recientes investigaciones han establecido que, esta preferencia se da porque los hongos simbiotes que, sirven de alimento a los escarabajos ambrosiales necesitan de esa sustancia para desarrollarse adecuadamente (Ranger et al., 2018). Por otro lado, al descortezar los troncos, se produce una liberación de volátiles alcohólicos y terpenoides que atraen a los escolitinos (Cruz-López et al., 2016). También se ha comprobado que el grosor de la corteza es un elemento que influye en el grado de infestación de escarabajos barrenadores, siendo las cortezas más delgadas, aquellas más susceptibles a la infestación (Boland y Woodward, 2021).

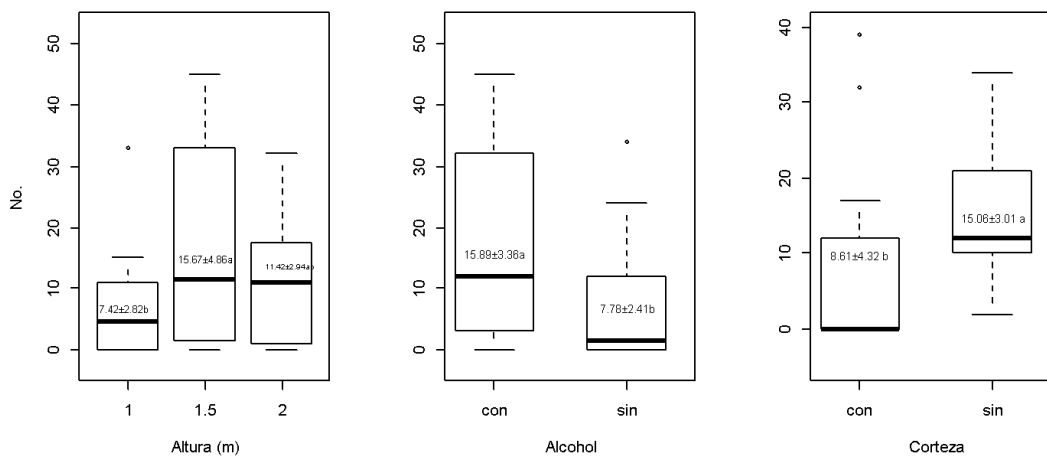


Figura 5. Efecto de los tratamientos en la recuperación de escolitinos en troncos trampas, retirados a los 15 días después de su colocación en una plantación de teca. Santa Ana, Manabí.

En esta réplica hubo interacciones entre los factores presencia de alcohol y de corteza $F_{1, 22} = 12,42$; $P=0,01$ (Figura 6). Los troncos sin corteza tuvieron poblaciones similares de escolitinos, usando o no alcohol; sin embargo, en los troncos con corteza, se obtuvo significativamente más insectos en troncos previamente sumergidos en alcohol, siendo muy baja la cantidad de escarabajos emergidos de troncos con corteza y sin alcohol. Esto se explicaría por qué tanto la presencia de alcohol como el descortezamiento tienen el mismo mecanismo de atracción, por lo que, cualquiera de las dos estrategias resulta en una fuerte capacidad de atraer escarabajos ambrosiales en teca; en contraste con el tratamiento sin alcohol y con corteza, donde ese efecto es inexistente por lo que, tuvo el menor valor de individuos capturados en los troncos trampa.

También hubo interacción entre altura de planta y la presencia de corteza $F_{2, 22} = 5,76$; $P=0,01$ (Figura 6). En este caso, se obtuvo la mayor captura utilizando troncos trampa con corteza y colocados a una altura de 1,5 m, del suelo; no obstante, en las otras alturas 1 y 2 m, los troncos sin corteza superaron significativamente a los descortezados. Esto podría explicarse por la alta población registrada a 1,5 m, que posiblemente influyó para la emisión de una mayor concentración de feromonas de agregación como el quercivorol (Byers *et al.*, 2021), elemento que pudo haber provocado que los escarabajos barrenadores se agreguen e ingresen de manera masiva en los troncos trampa con y sin corteza.

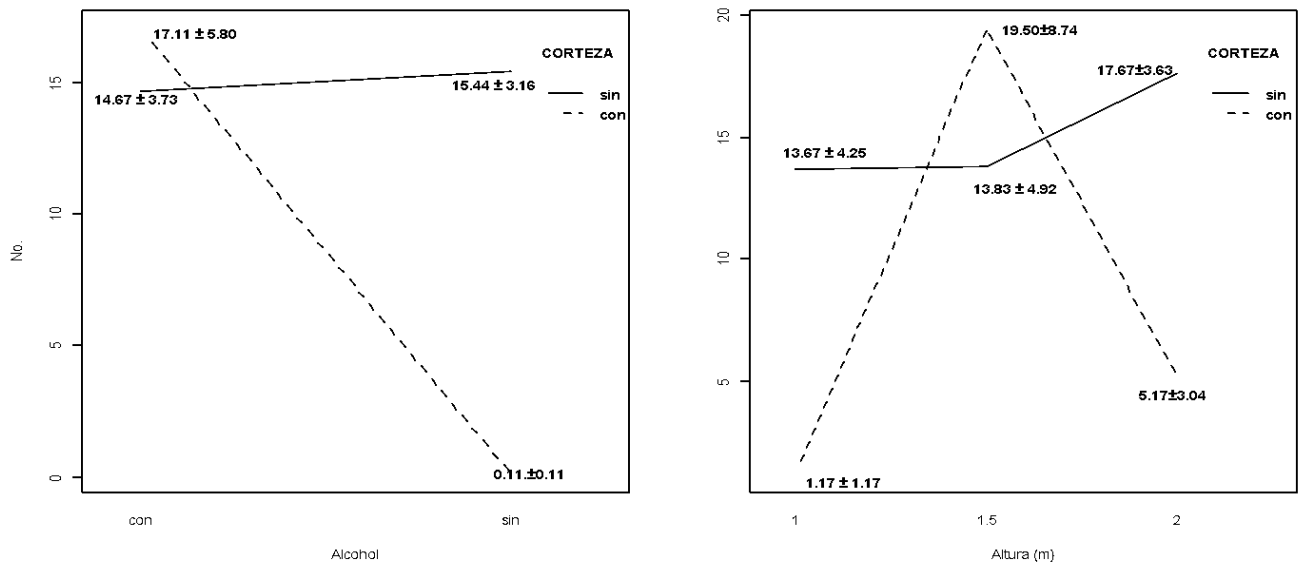


Figura 6. Interacciones Alcohol - Corteza y Corteza-Altura en troncos trampa retirados a los 15 días. Santa Ana, Manabí.

En la segunda réplica biológica con los troncos retirados a los 30 días (Figura 7), no se observó diferencias significativas para el factor altura de planta ($F_{2, 22} = 1,17$; $P= 0,33$), ni para el factor presencia de corteza ($F_{1, 22} = 0,01$; $P= 0,93$), pero si para el factor inmersión en alcohol, existiendo mayor captura de escolítidos en troncos previamente sumergidos en alcohol ($F_{1, 22} = 5,34$; $P=0,03$). Este resultado sugiere que, el efecto atrayente del alcohol persiste en los troncos más allá de los 15 días de su

aplicación, resultado que ubicaría a este factor como el más determinante al momento de asegurar una mayor captura de escarabajos barrenadores en los troncos trampa tratados; lo que, concuerda con los resultados de Cavaletto *et al.* (2021), quienes demostraron la fuerte atracción que ejerció el etanol en troncos trampas en ocho especies forestales, sobre varias especies de escarabajos ambrosiales en el noroeste italiano.

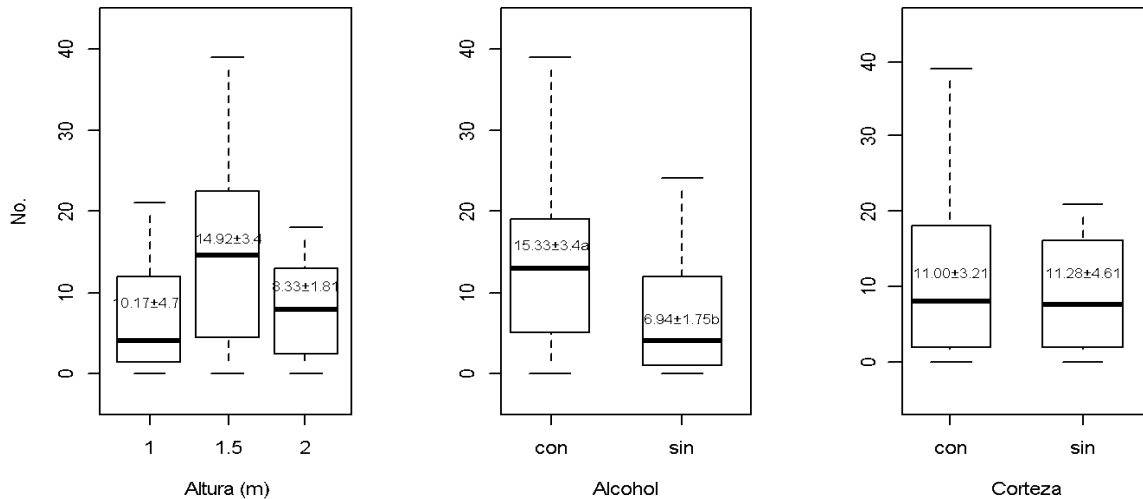


Figura 7. Efecto de los tratamientos en la recuperación de escolitinos en los “troncos trampa”, retirados a los 30 días después de su colocación en una plantación de teca. Santa Ana, Manabí

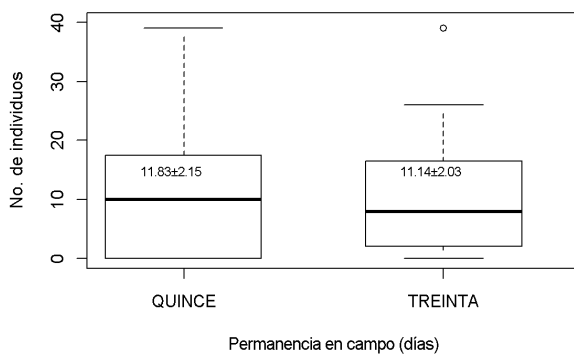


Figura 8. Efecto de la permanencia en campo de “troncos trampa” sobre poblaciones de escolítidos en una plantación de teca. Santa Ana, Manabí.

En esta investigación se ha demostrado la factibilidad de utilizar “troncos trampa” como una herramienta eficiente de monitoreo de escarabajos barrenadores en teca; lo cual, es coincidente con los resultados reportados por Paes *et al.* (2012), también en teca *T. grandis*. Así mismo, otros investigadores citan la eficacia de esta técnica, utilizada para la atracción y recuperación de escolitinos en *Theobroma cacao* (Ventocilla, 1965); *Prunus dulcis* (Benazoun, 2004); *Juglans hindsii* (Dallara *et al.*, 2012); *Pistacia vera* (Hadj *et al.*, 2020) y *Ostrya carpinifolia* (Cavaletto *et al.*, 2021); siendo la ventaja principal de esta metodología, el hecho que, asegura la identificación del hospedante colonizado por los escarabajos, situación no conseguida con el uso de trampas de etanol. Además, su elaboración no demanda mayores gastos para el productor, al poder usar troncos o ramas de árboles de su propia plantación. El uso de “troncos trampa” impregnados en alcohol, se ha usado como una herramienta de monitoreo, pero puede también

utilizarse como una estrategia directa de control (Giménez ,2009; Wells, 2015; Gugliuzzo *et al.* 2021).

CONCLUSIONES

“Troncos trampa” de 20 cm de longitud, colocados a una altura de 1,5 m del suelo, sin corteza y mantenidos previamente en inmersión en alcohol por un minuto, garantizaron las mayores capturas de escarabajos ambrosiales en teca. El uso de “troncos trampa” es una herramienta útil de monitoreo para escolitinos. Debido a su eficacia de captura, se considera su utilización incluso como una herramienta de control de especies de Scolytinae, dispersoras de enfermedades vasculares en plantaciones de teca.

AGRADECIMIENTOS

A la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECID) por el financiamiento de la investigación, a través del proyecto 2017/SPE/00004000109 “Etiología de la principal enfermedad de teca en Ecuador y rol de insectos en su dispersión”.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, T. y Piloso, J. 2017. Análisis de la comercialización internacional de teca producida en Ecuador, con propuesta de creación de una asociación de productores. Tesis de Ingeniero Comercial. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, EC. 118 p. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec>
- Baker, J., LaBonte, J., Atkinson T. y Bambara, S. 2009. An Identification Tool For Bark Beetles of the

- Southeastern United States. Lucid® v. 3.4.1. North Carolina State University, Raleigh, NC. 27695. Disponible en: <https://keys.lucidcentral.org>
- Balasundaran, M., Sankaran, K, 1991. *Fusarium solani* associated with stem canker and die-back of teak in southern India. *Indian Forester*. 117(2):147-149.
- Benazoun, A. 2004. Répartition des attaques de *Ruguloscolytus amygdali* Guerin (Coleoptera Scolytidae) sur amandier dans la région de Tafraout, *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*. 24(1): 35–44
- Benjamin, R., Blackwell, M., Chapela, I., Humber, A., Jones, G., Klepzig KD, Lichtwardt, R., Malloch, D., Noda, H., Roper, R., Spatafora, J., Weir, A. 2004 Insect- and other arthropod-associated fungi. In: Mueller GM, Bills GF, Foster MS (eds) *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods*. Elsevier Academic Press, San Diego, pp 395–434
- Boland, J., Woodward, D. 2021. Thick bark can protect trees from a severe ambrosia beetle attack. *PeerJ*, 9, e10755. DOI:<https://doi.org/10.7717/peerj.10755>
- Byers, J.A., Maoz, Y., Cohen, B. Fefer, D., Levi, A. 2021. Protecting avocado trees from ambrosia beetles by repellents and mass trapping (push–pull): experiments and simulations. *Journal of Pest Science*. 94: 991–1002 DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-020-01310-x>
- Cavaletto, G., Faccoli, M., Ranger, C., Rassati, D. 2021. Ambrosia beetle response to ethanol concentration and host tree species. *Journal of Applied Entomology*. 00: 1– 10. DOI: <https://doi.org/10.1111/jen.12895>
- Covre, S., Melo, A., Flechtmann, H. 2021. Flight activity and spread of *Xylosandrus crassiusculus* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) in Brazil. *Trees, Forests and People*. 4:100076. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100076>
- Cruz-López, L., Díaz-Díaz, B., Rojas, J. 2016. Coffee volatiles induced after mechanical injury and beetle herbivory attract the coffee berry borer and two of its parasitoids. *Arthropod-Plant Interactions*. 10(2): 151-159. DOI:<http://dx.doi.org/10.1007/s11829-016-9417-0>
- Dallara, P. L., Flint, M. L., & Seybold, S. J. 2012. An analysis of the larval instars of the walnut twig beetle, *Pityophthorus juglandis* Blackman (Coleoptera: Scolytidae), in northern California black walnut, *Juglans hindsii*, and a new host record for *Hylococcus* *hirtellus*. *The Pan-Pacific Entomologist*. 88(2): 248–266. DOI: <https://doi.org/10.3956/2012-16.1>
- Deyrup, M., Atkinson, T. 1987. Comparative Biology of Temperate and Subtropical Bark and Ambrosia Beetles (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae) in Indiana. *The Great Lakes Entomologist*. 20 (2):1-7.
- Egonyu, P., Torto, B. 2018. Responses of the ambrosia beetle *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) to volatile constituents of its symbiotic fungus *Fusarium solani* (Hypocreales: Nectriaceae). *Arthropod-Plant Interactions*. 12: 9–20. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9552-2>
- Flores-Velasteguí, T., Crespo-Gutierrez, M. y Cabezas-Guerrero, F. 2010. Plagas y enfermedades en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f) en la zona de Balzar, Provincia del Guayas. *Ciencia y Tecnología*. 3(1): 15-22.
- Giménez, R. 2009. *Megaplatypus mutatus*, bases para su manejo integrado. Serie técnica. Manejo Integrado de Plagas Forestales. Cuadernillo 5. EEA Bariloche. Laboratorio de Ecología de Insectos. San Carlos de Bariloche. Argentina. 14 p.
- Gómez, D. 2014. Escarabajos de Ambrosía. Reconocimiento a campo de plagas y enfermedades forestales. Cartilla No.24. INIA-Uruguay. 2 p. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3376/1/Cartilla-24-Forestacion-2014.pdf>
- Gugliuzzo, A., Biedermann, W., Carrillo, D., Castrillo, A., Egonyu, J., Gallego, D., Haddi, K., Hulcr, J., Jactel, H., Kajimura, H., Kamata, N., Meurisse, N., Li, Y., Oliver, J. Ranger, C., Rassati, D., Stelinski, L., Sutherland, R., Tropea Garzia, G., Wright, M., Biondi, A. 2021. Recent advances toward the sustainable management of invasive *Xylosandrus* ambrosia beetles. *Journal of Pest Science*. 94(3): 615–637. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10340-021-01382-3>
- Hadj T, K., Gharsallah, H., Ksentini, I., Leclerque, A., Schuster, C., Cheffi, M., Naayma, S., Triki, M., Ksantini, M. 2020. Screening of biological activities of fungi associated with pistachio bark beetle, *Chaetoptelius vestitus* (Coleoptera, Curculionidae), infesting pistachio cultivations in Tunisia. *Journal of Applied Microbiology*. 128(5): 1472–1485. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.14572>
- Hamilton, J., Fraedrich, S., Nairn, C., Mayfield, Albert., Villari, C. 2021. A field-portable diagnostic approach confirms Laurel Wilt Disease diagnosis in minutes

- instead of days. *Arboriculture & Urban Forestry*. 47(3): 98-109. DOI:<https://doi.org/10.48044/jauf.2021.010>.
- Hanula, J., Mayfield A., Fraedrich, S., Rabaglia, R. 2008. Biology and host associations of redbay ambrosia beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), exotic vector of laurel wilt killing redbay trees in the southeastern United States. *Journal of Economical Entomology*. 101(4):1276-86. DOI: [10.1603/0022-0493\(2008\)101\[1276:BAHAOR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2008)101[1276:BAHAOR]2.0.CO;2).
- Huang, S., Li, Z., Wei, J., Mo, J. Y., Li, Q., Guo, T., Luo, J., Yang, X., Tan, X., Yang, X. 2017. First report of stem canker caused by *Fusarium solani* on *Tectona grandis* in China. *Plant Disease*. 101(12), 2148–2148. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-17-0514-PDN>.
- Hulcr, J., Stelinski, L. 2017. The ambrosia symbiosis: From evolutionary ecology to practical management. *Annual Review of Entomology*. 62: 285-303.
- Kirkendall, L., Biedermann, P., Jordal, B. 2015. Evolution and diversity of bark and Ambrosia beetles. In F. E. Vega, & R. W. Hofstetter (Eds.), *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species* (pp. 85-156). San Diego: Elsevier.
- Martínez, M., Castro, J., Villamar-Torres, R., Carranza, M., Muñoz-Rengifo, J., Jiménez, E., Guachambala, M., Heredia-Pinos, M., García-Cruzatty, L., Mehdi-Jazayeri, S. 2017. Evaluation of the diversity of Scolitids (Coleoptera: Curculionidae) in the forest plantations of the central zone of the Ecuadorian littoral. *Ciencia y Tecnología*. 10(2): 25–32. DOI: <https://doi.org/10.18779/cyt.v10i2.163>
- Martínez, M., Cognato, A., Guachambala, M., Boivin, T. 2019. Bark and Ambrosia Beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) Diversity in Natural and Plantation Forests in Ecuador. *Environmental Entomology*. 48(3): 603–613. DOI:<https://doi.org/10.1093/ee/nvz037>
- Montgomery, M., Wargo, M. 1983. Ethanol and other host-derived volatiles as attractants to beetles that bore into hardwoods. *Journal of Chemical Ecology*. 9: 181–190. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00988035>
- Morris, J., Cottrell, S., Fettig, C. J., DeRose, R., Mattor, K., Carter, V. A., Clear, J., Clement, J., Hansen, W., Hicke, J., Higuera, P., Seddon, A., Seppä, H., Sherriff, L., Stednick, J., Seybold, S. 2018. Bark beetles as agents of change in social-ecological systems. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 16(S1), S34–S43. DOI:<https://doi.org/10.1002/fec.1754>
- Muñoz, X., Cañarte, E., Navarrete, B. y Vera, D. 2020. Escarabajos presentes en plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.f.) afectadas con “muerte regresiva” en el litoral ecuatoriano. [Resumen]. Ponencia presentada en Tercera Convención Internacional de la Universidad Técnica de Manabí 2019 Portoviejo, Ecuador: Universidad Técnica de Manabí: 278.
- Paes, J., Santos, L., Loiola, P., Santos, G., Capelini, W. 2012. Ataque de Coleopteros na madeira de teca (*Tectona grandis* L.f) em plantas localizadas na sul do Espiritu Santo. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*. 20 (1):1-9.
- Ploetz, R., Hulcr, J., Wingfield, M., de Beer, Z. 2013. Destructive tree diseases associated with Ambrosia and Bark Beetles. Black swan events in the tree pathology?. *Plant Disease*. 95(7): 856-872. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-13-0056-FE>
- Procházka, J., Cizek, L., Schlaghamerský, J. 2018, Vertical stratification of scolytine beetles in temperate forests. *Insect Conserv Divers*. 11: 534-544. DOI:<https://doi.org/10.1111/icad.12301>
- Ranger, C. Biedermann, P., Phuntumart, V., Beligala, G., Ghosh, S., Palmquist D., Mueller, R., Barnett, J., Schultz, PB., Reding, M. Benz, J. 2018. Symbiont selection via alcohol benefits fungus farming by ambrosia beetles. *Proceedings of National Academy of Science*. 115(17):4447-4452. DOI: [10.1073/pnas.1716852115](https://doi.org/10.1073/pnas.1716852115).
- Reding, M., Ranger, C. 2019. Attraction of Invasive Ambrosia Beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) to Ethanol-Treated Tree Bolts. *Journal of Economic Entomology*. Published. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toz282>
- Rivera, M., Martini, X., Conover, D., Mafrá-Neto, A., Carrillo, D., Stelinski, L. 2020. Evaluation of semiochemical based push-pull strategy for population suppression of ambrosia beetle vectors of laurel wilt disease in avocado. *Scientific Reports*. 10(1). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59569-0>
- RStudio Team 2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MS. Disponible en <http://www.rstudio.com/>.
- Sheehan, T., Ulyshen, M., Horn, S., Hoebeke, E. 2019. Vertical and horizontal distribution of bark and woodboring beetles by feeding guild: is there an optimal trap location for detection?. *Journal of Pest*

- Science. 92(1): 327-341. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-018-1026-5>
- Solano, E., Belezaca, C., López Tobar., Macías, K. 2020. Diversidad de escolítidos en trampas en plantaciones de *Tectona grandis* L.f. (Teca) en la costa ecuatoriana. Centrosur, 1(7), 47–55. DOI: <https://doi.org/10.37959/cs.v1i7.36>
- Steininger, M., Hulcr, J, Šigut, M., Lucky A. 2015. Simple and efficient trap for bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae) to facilitate invasive species monitoring and citizen involvement. Journal of Economic Entomology. 108:1115–23.
- Ventocilla, J. 1965. La influencia de la temperatura y la precipitación en la actividad de *Xyleborus ferrugineus* (Fabricius). Tesis de maestría. IICA, Turrialba (Costa Rica). 68 p.
- Vera, D., Cañarte, E., Navarrete, B., Solís K., Muñoz, X., Cevallos, V., y Borja, E. 2019. Muestreo de enfermedades vasculares e insectos barrenadores asociados a teca (*Tectona grandis* L.f.) y alternativas para su manejo. Mocache, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Manual Técnico no. 109). 130 p.
- Wells, L. 2015. Managing Ambrosia Beetles | UGA Pecan Extension. University of Georgia. Disponible en <https://site.extension.uga.edu>