

Universidad de Caldas

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Evaluación de la diversidad de géneros de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) asociados al agrosistema de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el oriente de Caldas, Colombia

Jeny Tatiana Bernal Zuluaga

Trabajo presentado para optar por el título de Bióloga

Director: Camilo Andrés Llano Arias

Codirector: Yeisson Gutiérrez López

Manizales, Caldas

2021-2

**Evaluación de la diversidad de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)
asociados al agrosistema de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Victoria – Caldas**

Jeny Tatiana Bernal Zuluaga¹, Camilo Andrés Llano Arias², Cristian Camilo Morales Marulanda³, Yeisson Gutiérrez Lopez⁴

¹ Universidad de Caldas, programa de Biología, semilleros de investigación Geuc y Ecobe

² Universidad de Caldas, grupo de investigación BioNat

³ Colcocoa, Fundación Local Partners

⁴ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA, CI El Mira, Tumaco

Tabla de contenido

| | |
|-------------------------------------|----|
| 1. RESUMEN..... | 3 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 4 |
| 3. OBJETIVOS | 7 |
| 4. MÉTODOS | 8 |
| 5. RESULTADOS | 11 |
| 6. DISCUSIÓN | 16 |
| 7. Anexos..... | 20 |
| 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 23 |

1. RESUMEN

Los escolitinos (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) son coleópteros presentes en agrosistemas arbóreos, algunas especies son consideradas de interés agrícola por sus hábitos barrenadores, construyendo galerías dentro del tejido vascular y generando condiciones óptimas para el ingreso de agentes etiológicos. En cacao, frecuentemente atacan árboles en diferentes estados fenológicos. A pesar de la importancia económica de este grupo de insectos, el estudio de su diversidad en el Neotrópico es incipiente. El objetivo de este estudio fue contribuir al conocimiento de la diversidad de escolitinos asociados al agrosistema del cacao en el magdalena medio Caldense. El estudio se realizó en Hacienda la Tentación S.A.S en Victoria-Caldas. El diseño del experimento consistió en cuatro lotes de cacao y dos lotes de bosque secundario, en cada lote se instalaron tres trampas Malaise, para un total de 18 trampas. El período de evaluación fue de octubre a diciembre de 2019. Se midió la cobertura de muestreo mediante la propuesta de Chao y Jost, 2012; se evaluó la diversidad mediante la propuesta de diversidad de orden Q (Jost 2006), en donde la riqueza está dada por el valor de $D^q=0$, la diversidad está dada por el valor de $D^q=1$ y la dominancia por $D^q=2$. Se comparó la riqueza y abundancia de escolitinos entre coberturas mediante modelos lineales generalizados mixtos (GLMM's). Se recolectaron 171 individuos, distribuidos en nueve tribus y 27 géneros. Los géneros más abundantes fueron *Cactopinus* (Schwarz), *Xyleborinus* (Reitter) y *Premnobius* (Eichhoff). La cobertura de muestreo fue mayor al 80% en todos los tratamientos evaluados, esto permitió trabajar con los datos observados. En los resultados del análisis de diversidad de orden Q, el bosque registro el mayor valor de riqueza, diversidad y dominancia. Según los GLMM's, no se encontró diferencias estadísticamente significativas para la riqueza entre coberturas ($p=0.1$), pero si en la abundancia ($p=0.04$), siendo la

cobertura de bosque la que presentó mayor abundancia de escolitinos. Nuestros resultados sugieren que los fragmentos de bosque inmersos en el agrosistema de cacao son un refugio para diferentes especies de escolitinos que participan en diversos procesos ecosistémicos y que pueden ser importantes para el equilibrio dinámico de estos organismos en las matrices agrícolas.

Palabras clave: Agrosistemas, biodiversidad, barrenadores.

2. INTRODUCCIÓN

Coleoptera es el orden más diverso de insectos y dentro de este la familia Curculionidae es la más especiosa. Una de sus subfamilias es Scolytinae, conocidos comúnmente como escarabajos de ambrosia o escarabajos de corteza. En el continente americano se encuentran registradas alrededor de 8125 especies de escolitinos, los cuales ocupan el 9.5% del total de curculiónidos registrados (barkbeetles.info, gbif.org)

Los escolitinos, al igual que todos los insectos xilófagos, juegan roles funcionales importantes en los ecosistemas de bosque, contribuyendo significativamente en los procesos de descomposición y dinámica de la madera muerta (Saint-Germain et al., 2007). La actividad de estos insectos al perforar la corteza y construir galerías, facilita la colonización y utilización de troncos por parte de otros invertebrados como Annelida, Diplopoda, Isopoda y otros Coleoptera, además (Zuo et al., 2016), sugieren que la diversidad y abundancia de la comunidad de macro detritívoros, también se relacionó positivamente con el área de corteza interna consumida por los escolitinos.

A pesar de su diversidad y su importancia para el funcionamiento de los ecosistemas de bosque, los escarabajos de corteza han sido estudiados principalmente por su rol como insectos problema, aunque son una minoría las especies que tienen la capacidad de colonizar árboles vivos de diferentes cultivos (barkbeetles.info), entre ellos el cacao (*Theobroma cacao* L).

El cultivo de cacao en Colombia juega un rol socioeconómico muy importante, dado que, alrededor de 38.000 familias dependen de su cultivo en la modalidad conocida como agricultura familiar (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural et al., 2012), el cacao y el café juntos representan el segundo renglón de exportación más grande de los países en desarrollo, debido a que ambos cultivos son la fuente principal de ingresos de los pequeños productores (De Beenhouwer et al., 2013).

Colombia se posiciona como el décimo productor de cacao a nivel mundial y el quinto en Latinoamérica, la producción anual de cacao en grano se obtiene de la explotación de más de 170.000 hectáreas productivas. Para el primer trimestre del año 2021, el cacao generó más de 20 millones de dólares producto de la exportación, además, el país evidenció un crecimiento del 47% en la producción del grano con respecto al año 2020 (Pabón & Herrera-Roa, 2016, Fedecacao.com.co).

Sin embargo, cada año el área de bosque decrece con un estimado de 4.7 millones de hectáreas debido a diferentes perturbaciones antropogénicas (FAO and UNEP, 2020), generando un declive en la biodiversidad que pone en riesgo la resiliencia de los bosques tropicales para sostener servicios ecosistémicos, esenciales para el funcionamiento tanto de ecosistemas como de agrosistemas. Entre los servicios vitales para los agrosistemas de cacao está el mantenimiento de parasitoides de insectos plagas, cuya diversidad aumenta con la

diversidad de árboles de sombra inmersos o circundantes del agrosistema (Schroth et al., 2011).

Los sistemas agroforestales de cacao tienden a mantener una alta riqueza de especies arbóreas y proporcional a ello se mantiene una alta diversidad de fauna invertebrada, sin embargo, no sustituyen los hábitats o micro hábitats necesarios para la conservación de la biodiversidad y como lo sugieren Schroth et al. (2011) incluso en sistemas agroforestales diversos estructuralmente y de manejo extensivo, ciertos grupos de especies están generalmente subrepresentadas o ausentes.

Dentro de las plagas determinantes en cuanto a riqueza y abundancia en los agrosistemas de cacao, se encuentran los géneros *Xyleborus* (Eichhoff, 1864) e *Hypothenemus* (Westwood, 1836) (Curculionidae: Scolytinae), los cuales barrenan el tejido blando de los árboles para formar galerías, allí transcurre todo su ciclo de vida, alimentándose de un hongo que es cultivado por ellos mismos en las paredes de las galerías (Saunders et al., 1967, Norris et al., 1968, Beaver, 1976, Mueller et al., 2005, Pérez-De La Cruz et al., 2009, Navarro, 2010).

A pesar de su hábito barrenador, el principal problema que causan los escolitinos en el árbol de cacao, es generar una lesión en sus haces vasculares (Wood, 1982) por la cual entra el hongo *Ceratocystis cacaofunesta* (Engelbrecht & Harrington 2005) causante de la marchitez letal en arboles de cacao. El hongo *C. cacaofunesta* es transportado dentro de una estructura denominada micangio, la cual está diseñada para transportar la cepa del hongo que sirve de alimento para los escolitinos (Wood, 1982).

La colonización de nuevos hospederos se realiza por parte de las hembras, quienes se aparean con los machos disponibles dentro de sus galerías previamente al vuelo y luego son atraídas

por compuestos volátiles; principalmente etanol (Mazón et al., 2013). Estos compuestos son emitidos por los árboles que han sufrido daños por podas o por lesiones causadas en los tallos, árboles sometidos a estrés hídrico o en estado de senescencia (Beaver, 1976).

Donis (1988) sugiere la importancia de realizar estudios rigurosos y de largo plazo en los agrosistemas de cacao, que permitan reconocer la diversidad de plagas. Entendemos que las prácticas de manejo dentro de los agrosistemas de cacao y en las zonas aledañas que incluyen fragmentos de bosque, influyen sobre la diversidad de escolitinos presente en la matriz agrícola.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la diversidad de escolitinos (en términos de su riqueza y abundancia), asociados al agrosistema de cacao en el municipio de Victoria, oriente de Caldas, con el fin de adoptar elementos básicos para un manejo poblacional acertado de estos insectos en el agrosistema de cacao.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar la diversidad de géneros de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) asociados al agrosistema de cacao en el municipio de Victoria, oriente de Caldas.

3.2 Objetivos específicos

- Comparar la diversidad de géneros de escolitinos asociados al agrosistema de cacao y a fragmentos de bosque de sucesión secundaria inmersos en esta matriz productiva.
- Evaluar la relación de la distancia entre los cultivos y los fragmentos de bosque, con la diversidad de géneros de escolitinos en el agrosistema de cacao.

4. MÉTODOS

4.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Hacienda La Tentación, ubicada entre los municipios de Victoria y Norcasia en el oriente del departamento de Caldas. Esta localidad cuenta con 130 hectáreas de cultivo de Cacao y 180 hectáreas de bosque de sucesión secundaria, distribuidos en una altitud entre los 250m a 400m. La Hacienda presenta una pluviosidad de 2700 mm anuales con tendencia bimodal de lluvias, una temperatura media de 27°C y una humedad relativa de 70%. La edad de siembra del cultivo es de cinco años (las plantaciones más antiguas), la producción inició en el año 2018 y el cultivo se encuentra bajo un manejo tradicional de sistemas agroforestales (Fig.1).



Figura 1. Sistema agroforestal: cacao asociado con melina (*Gmelina arborea*) y banano (*Musa acuminata*). Hacienda la Tentación año 2019.

4.2 Metodología

Para analizar la diversidad de escolitinos asociados al agrosistema de Cacao en la Hacienda La Tentación, se seleccionaron lotes de cultivo de tipo policlonal, en estado de levante, con una edad de dos años y medio aproximadamente y dos bosques secundarios como controles, el área mínima fue una hectárea por cada lote y se seleccionaron en total seis lotes de estudio, los factores a evaluar fueron: 1) la diversidad de géneros de escolitinos de cada lote y bosque, y 2) la relación de la distancia entre bosque y lotes y su diversidad de escolitinos. Se elaboraron los siguientes arreglos experimentales: 1) dos lotes de cacao lejos de bosque, 2) dos lotes de cacao cerca de bosque y 3) dos lotes de bosque secundario inmersos en la matriz agrícola. En cada cobertura se instalaron tres trampas tipo Malaise, cuyo recipiente colector contenía alcohol al 90% para sacrificar y conservar los insectos recolectados (Fig. 2). Las trampas se instalaron así: dos en el perímetro de las coberturas y una en el interior, instalando un total de 18 trampas (Fig. 3). La recolección de las muestras fue semanal, los individuos se almacenaron en viales de vidrio debidamente etiquetados. Se realizaron dos bloques de evaluación: tres semanas en octubre y tres semanas en diciembre de 2019.



Figura 2. Trampa tipo Malaise – Cultivo de cacao – Hacienda la Tentación – octubre de 2019

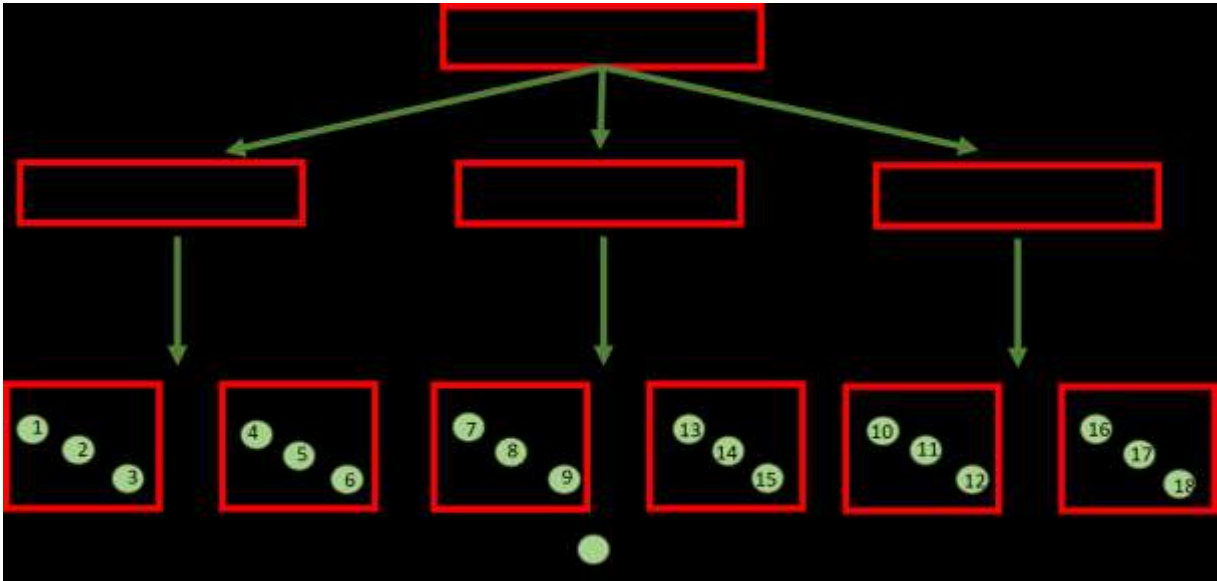


Figura 3. Diseño del experimento para evaluación de la diversidad de Scolytinae en Hacienda la Tentación, año 2019

Adicional al sistema de trampas, se realizó un monitoreo manual a ocho árboles alrededor de cada trampa tipo Malaise, donde se evaluó la presencia de galerías de escolitinos en las ramas y tronco de cada árbol. En total se revisaron 144 árboles de cacao en la semana del 21 al 25 de octubre de 2019 y nuevamente se realizó el mismo monitoreo en la semana del nueve al 13 de diciembre de 2019.

Para la identificación taxonómica de los escolitinos recolectados durante el muestreo, se utilizó la clave para géneros de Scolytinae del Neártico propuesta por (Arnett & Thomas, 2001). Todos los individuos fueron identificados y almacenados en el laboratorio de colecciones biológicas, en la colección entomológica CEBUC (registro Humboldt: 178) de la Universidad de Caldas.

4.3 Análisis de datos

Para evaluar la efectividad del muestreo se utilizó la propuesta de cobertura de muestreo de Chao & Jost (2012), donde la comunidad está representada en el número de especies capturadas, éste oscila entre 0%= inventario incompleto y 100%= alta completitud (Moreno, 2001). Además, esta propuesta compara las coberturas con la muestra más pequeña evitando sesgos espaciales.

Para evaluar la diversidad; se utilizó la propuesta de Jost (2006), conocida como “*Diversidad de orden q (D^q) o Diversidad efectiva*” la cual, se basa en la abundancia relativa de cada especie evitando el efecto de especies conocidas como raras. En esta propuesta, cuando $D^q=0$ se obtiene la riqueza efectiva, cuando $D^q=1$ se obtiene la diversidad efectiva o “*per se*” y cuando $D^q=2$ se obtiene la dominancia efectiva.

Finalmente, se analizó estadísticamente la riqueza y abundancia absoluta mediante modelos lineales generalizados mixtos (GLMM's), ya que los datos de conteos de especies generalmente no siguen una distribución normal, debido al comportamiento intrínseco de los procesos naturales (Bolker et al., 2009). Para cada modelo se utilizó el tipo de cobertura como efecto fijo (las capturas de las tres trampas se sumaron para obtener un único valor por lote) y los efectos aleatorios fueron los eventos de muestreo (corrigiendo así la auto correlación temporal - o medidas repetidas - existente en los datos). Se utilizó el coeficiente de Akaike como medida para la valoración del modelo; todos los análisis se realizaron en el software R utilizando RStudio (RStudio Team 2020), con los paquetes `fitdistrplus`, `lme4`, `car`, `sjPlot`, `ggplot2`, `Rmisc`, `performance`, `see`, `devtools` y `iNEXT`.

5. RESULTADOS

5.1 Generales

Se recolectaron un total de 171 individuos pertenecientes a la subfamilia Scolytinae, distribuidos dentro de nueve tribus: Cactopinini, Scolytini, Cryphalini, Crypturgini, Dryocoetini, Pityophthorini, Corthylini, Ctenophorini y Xyleborini y en 19 géneros (*Cactopinus*, *Premnobius*, *Xileborinus*, *Xileborus*, *Scolytus*, *Scolytogenes*, *Scolytodes*, *Dendrocranulus*, *Dendroterus*, *Cnemonyx*, *Crypahlus*, *Cryptocarenus*, *Crypturgus*, *Dolurgus*, *Ernoporicus*, *Gnathotrichus Lymantor*, *Monarthrum*, *Trypophloeus*), de los cuales los más abundantes fueron: *Cactopinus* (Schwarz 1899) con 49 individuos, seguido por *Xileborinus* (Reitter 1913) con 26 individuos y por último *Premnobius* (Eichhoff 1878) con 25 individuos y los géneros menos abundantes fueron *Cryphalus* (Erichson 1836) y *Cryptocarenus* (Eggers 1937) con un individuo cada uno. (Anexos 1 y 2).

Durante el presente trabajo de campo se alcanzó una cobertura de muestreo mayor al 80% en todos los tratamientos evaluados (Fig. 4). La cobertura de bosque obtuvo un 95%, la cobertura de cacao lejos de bosque un 85% y la cobertura de cacao cerca de bosque un 80% de cobertura de muestreo, lo cual permitió realizar todos los análisis utilizando los datos observados.

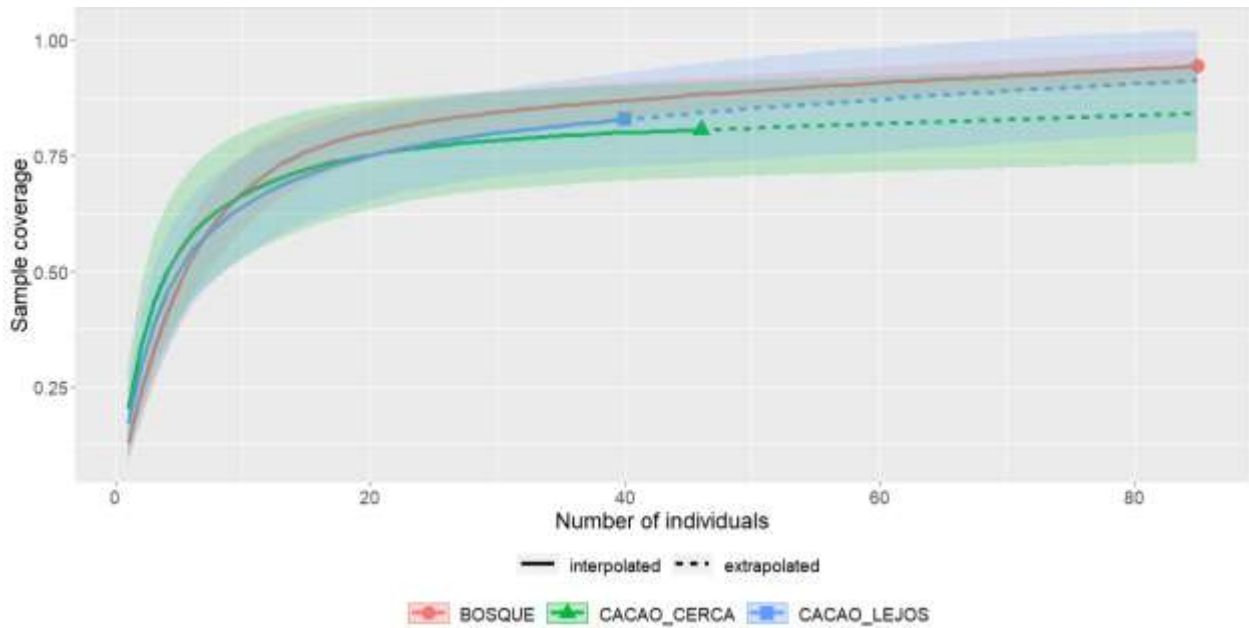


Figura 4. Cobertura de muestreo de Scolytinae en Hacienda la Tentación S.A.S. Octubre a diciembre de 2019

5.2 Diversidad Efectiva

En los resultados del análisis de diversidad de orden D^q (Fig. 5), se observó que la riqueza efectiva ($D^q=0$) por coberturas, fue de 16 en el bosque, seguido del cacao cerca con 14 y por último el cacao lejos con 13 géneros efectivos respectivamente, esto revela que la cobertura de bosque es 1.1 veces más rica en géneros que la cobertura de cacao cerca y 1.2 veces más rica en géneros que la cobertura de cacao lejos.

En cuanto a la diversidad ($D^q=1$) o diversidad “*per se*” nuestros resultados muestran el mismo patrón de la riqueza efectiva ($D^q=0$), en donde el bosque presentó un valor de nueve, seguido del cacao lejos con ocho y por último el cacao cerca con siete de 19 géneros totales.

Finalmente, los resultados en la dominancia ($D^q=2$), registran el mismo patrón para los dos parámetros anteriores de la diversidad efectiva ($D^q=0$ y $D^q=1$). En el cual, el bosque presentó siete, el cacao lejos presentó cinco y el cacao cerca presentó cuatro géneros dominantes respectivamente. Estos valores muestran que la cobertura de bosque presenta 1.4 veces más

géneros dominantes que la cobertura de cacao cerca y 1.8 veces más géneros dominantes que la cobertura de cacao lejos.

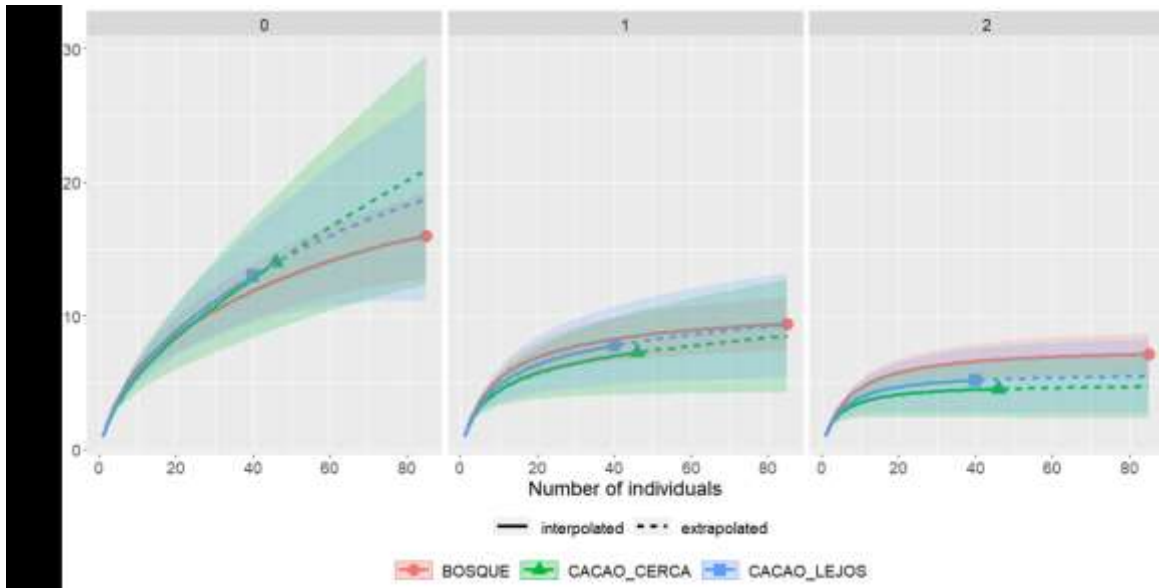


Figura 5. Diversidad de Scolytinae en Hacienda la Tentación S.A.S. octubre a diciembre de 2019. 0= Riqueza de géneros, 1= Diversidad de géneros, 2= Dominancia de géneros.

5.3 Análisis estadístico de riqueza y abundancia entre coberturas

La distribución de los datos de abundancia se ajustó a una distribución binomial negativa y los datos de riqueza se ajustaron a una distribución de Poisson, estos modelos obtuvieron la máxima verosimilitud según el criterio de información AIC. En los resultados de los modelos GLMM's para los datos de riqueza (Fig. 6), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los lotes de cultivo cerca y lejos del bosque y los fragmentos de bosque estudiados ($p=0.1$) es decir, que la fauna de Scolytinae comparte un número similar de

géneros tanto en los cultivos como en los bosques adyacentes a dichos cultivos. Para la abundancia (Fig. 7), si se encontraron diferencias significativas entre los cultivos tanto cerca como lejos del bosque frente al bosque estudiado ($p=0,4$) siendo la cobertura de bosque la que presentó mayores abundancias de escolitinos (Anexo 1).

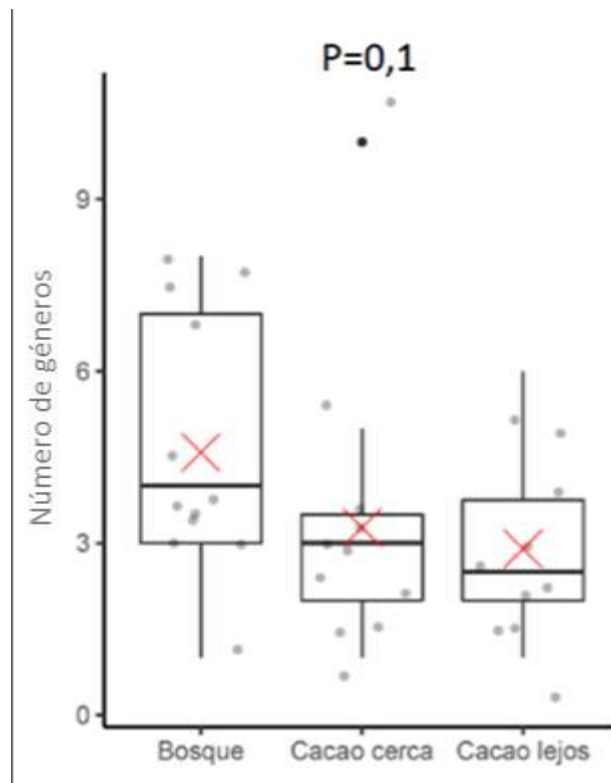


Figura 6. Riqueza de especies de Scolytinae en Hacienda la Tentación S.A.S. Octubre a diciembre de 2019

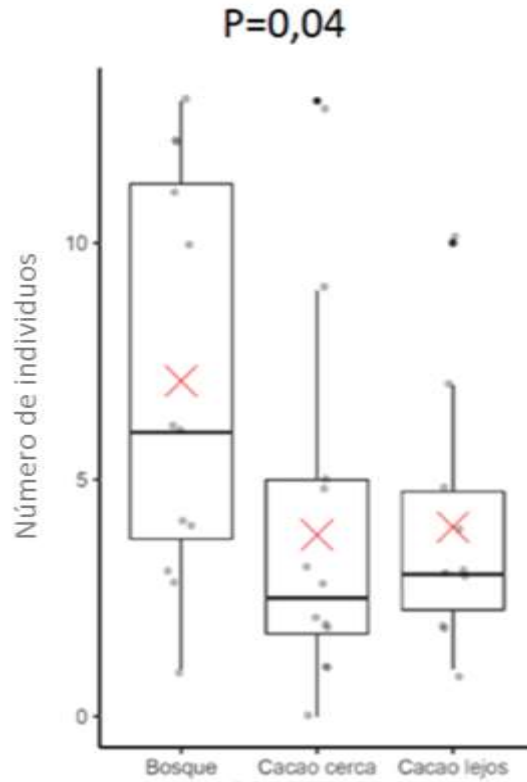


Figura 7. Abundancia de Scolytinae en Hacienda la Tentación S.A.S. octubre a diciembre de 2019

5.4 Monitoreo manual

Finalmente, en el monitoreo manual se encontró sólo una colonia de escolitinos en un árbol de cacao entre los 144 árboles evaluados.

6. DISCUSIÓN

El presente estudio es un primer insumo para comprender la diversidad de Scolytinae, asociada al sistema agroforestal del cacao y a fragmentos de bosques inmersos en esta matriz en la región de magdalena medio caldense.

Nuestros resultados generales difieren de otros estudios de escolitinos de importancia económica como los de Sandoval Rodríguez et al. (2017), Martínez et al. (2019), Solano (2020) y Dole et al. (2021), en los cuales se encontró una mayor abundancia, pero una menor riqueza genérica, la diferencia quizás es la elección del método de recolección, para nuestro estudio se utilizaron trampas Malaise que presentan alta acumulación, un esfuerzo intenso de muestreo, no presentan sesgos por el uso de cebo y permiten tener una mejor representación sobre la comunidad de insectos del área evaluada.

Para este estudio la tribu más abundante fue Xyleborini, lo cual concuerda con el estudio de Martínez et al. (2017) y Solano (2020), quienes también reportan esta tribu con mayor abundancia asociada a plantaciones de bosque y teca en Ecuador.

El género más abundante fue *Cactopinus*, el cual no ha sido reportado en otros estudios de la diversidad de escolitinos asociados al sistema agroforestal del cacao en Venezuela y México (Pérez-De La Cruz et al., 2009, Navarro, 2010). Al parecer todas las especies de este género tienen la capacidad de reproducirse en material hospedero totalmente seco (T. Atkinson, 2010), esto pudo estar asociado a la temporada de sequía durante el muestreo, ya que, según Atkinson (2016), el género *Cactopinus* se encuentra asociado a comunidades de plantas presentes en bosques tropicales en temporada de sequía. El segundo género más abundante fue *Xyleborinus*, el cual ha sido colectado asociado a plantaciones de bosque en Ecuador por Martínez et al. (2019), Dole et al. (2021) y en Brazil por Sandoval Rodríguez et al. (2017) pero en baja abundancia.

El género *Premnobius* fue el tercero más abundante y estuvo presente en todas las coberturas estudiadas, pero acumuló mayor número de individuos en la cobertura de bosque, esto concuerda con los hallazgos de Martínez et al. (2019), quienes sugieren la especie

Premnobius cavipennis como especie indicadora de bosque natural. Los géneros *Xyleborus* y *Xyleborinus* estuvieron presentes en todas las coberturas estudiadas, pero presentaron su pico de abundancia en la cobertura de bosque. Estos géneros también han sido reportados asociados al agrosistema de cacao por Navarro & Liendo (2010) y Pérez-De La Cruz et al. (2009).

Finalmente, los géneros *Cnemonix*, *Crypturgus* y *Scolytogenes* fueron exclusivos de la cobertura de bosque. Los organismos exclusivos del bosque presentan requerimientos especializados de hábitat, como la presencia de dosel y sotobosque; la presencia de árboles grandes y longevos y de un microclima que amortigua las condiciones extremas temporales, disminuye la radiación y conserva la humedad del ambiente (De Beenhouwer et al., 2013).

Los valores obtenidos para cada uno de los parámetros de la *diversidad de orden q* (D^q) riqueza, diversidad y dominancia, sugieren al bosque como un área importante para la conservación de la diversidad de este grupo de escarabajos de la madera. Sin embargo, De Beenhouwer et al. (2013) encontraron que el cambio en el uso de la tierra a partir de bosques a sistemas agroforestales y de estos a plantaciones, genera un impacto negativo en la biodiversidad y en los servicios ecosistémicos que se generan en los bosques y que benefician a la agricultura.

Estadísticamente los GLMMs, solo se encontraron diferencias o efecto entre la abundancia, la distancia de los bosques y los lotes evaluados, aunque no se tienen estudios previos sobre el efecto de la distancia entre cultivos y fragmentos de bosque, nuestros resultados de dominancia efectiva ($D^q = 2$) sugieren que el bosque presentó una mayor cantidad de géneros efectivos dominantes, incluso en los cultivos de cacao ubicados cerca del bosque existe una

menor dominancia de géneros y que esto va cambiando en relación con la distancia de los lotes .

Sin embargo, es de resaltar que los sistemas agroforestales frente a los monocultivos tienden a ofrecer una mayor diversidad de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, las cuales, a su vez, son un refugio para la conservación de la fauna invertebrada, estos sistemas han sido propuestos como una alternativa de producción más amigable con la biodiversidad y que propende por la conservación de la fauna y la flora (Schroth et al., 2011). Aclarando, que no sustituyen un hábitat natural o microhábitat en términos de la biodiversidad, ya que, ciertos grupos se encuentran subrepresentados o ausentes en estos sistemas.

Por último es importante resaltar la importancia de los fragmentos de bosque inmersos dentro de los sistemas agroforestales para los escarabajos de la subfamilia Scolytinae, dado que, el número de escolitinos recolectados, sugiere que el bosque puede actuar como hábitat importante para la conservación de su diversidad y servicios ecosistémicos derivados y que gracias a su alta heterogeneidad mantiene la comunidad de escolitinos en equilibrio dinámico, conservando relaciones con sus enemigos naturales, depredadores y parasitoides, (Schroth et al., 2011) los cuales podrían estar disponibles como una estrategia de manejo para los brotes esporádicos de escolitinos dentro de los cultivos.

7. Anexos.

Anexo 1. Número de individuos recolectados durante todo el periodo de muestreo por cada trampa y tipo de cobertura.

| TRAMPA | TRATAMIENTO | # INDIVIDUOS |
|---------------|--------------------|---------------------|
| 1 | Cacao lejos | 7 |
| 2 | Cacao lejos | 3 |
| 3 | Cacao lejos | 3 |
| 4 | Cacao lejos | 6 |
| 5 | Cacao lejos | 6 |
| 6 | Cacao lejos | 15 |
| 7 | Cacao cerca | 5 |
| 8 | Cacao cerca | 14 |
| 9 | Cacao cerca | 10 |
| 10 | Bosque | 8 |
| 11 | Bosque | 8 |
| 12 | Bosque | 7 |
| 13 | Cacao cerca | 5 |
| 14 | Cacao cerca | 5 |
| 15 | Cacao cerca | 7 |
| 16 | Bosque | 27 |
| 17 | Bosque | 16 |
| 18 | Bosque | 19 |

Anexo 2. Caracterización morfológica de los géneros más representativos de *Scolytinae*

Cactopinus (Schwarz 1899): La principal característica que distingue a este género; es un par de cuernos que salen del clipeo y se proyectan hacia el pronoto, los cuales son únicos de los machos. En hembras y machos, el pronoto presenta asperezas en el área media hasta la base (Robert 2002) (Fig. 8).



Figura 8. Vista lateral de *Cactopinus* sp. Hacienda la Tentación. Octubre – diciembre 2019.

Xyleborinus (Reitter 1913): Las especies dentro de este género presentan el pronoto más largo que ancho, de forma subcircular y la margen anterior con una serie de sierras medianas, la margen baja del élitro presenta un declive con una serie de tubérculos (Robert 2002) (Fig. 9).



Figura 9. Vista lateral de *Xyleborinus* sp. Hacienda la Tentación. Octubre – diciembre 2019.

Premnobius (Eichhoff 1878): Las principales características de este género son: élitro truncado oblicuamente en la región posterior; declive amplio, excavado cóncavamente y con márgenes agudos formando un círculo completo en la periferia (Robert 2002) (Fig. 10).



Figura 10. Vista lateral de *Premnobius* sp. Hacienda la Tentación. Octubre – diciembre 2019.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnett, R. H., & Thomas, M. C. (Eds.). (2001). *American beetles*. CRC Press.
- Atkinson, T. (2010). New species and records of *Cactopinus* Schwarz with a key to species (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae). *ZooKeys*, 56, 17-33.
<https://doi.org/10.3897/zookeys.56.515>
- Atkinson, T. H. (2016). A new species of *Cactopinus* Schwarz from central Mexico (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Zootaxa*, 4189(1), 196.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4189.1.13>
- barkbeetles.info. (2021). *T.H. Atkinson Bark and Ambrosia beetle pages: Home*. Bark and Ambrosia Beetles of the Americas. <http://www.barkbeetles.info/>
- Beaver, R. A. (1976). The biology of samoan bark and ambrosia beetles (coleoptera, scolytidae and platypodidae). *Bulletin of Entomological Research*, 65(4), 531-548.
<https://doi.org/10.1017/S0007485300006210>
- Bolker, B. M., Brooks, M. E., Clark, C. J., Geange, S. W., Poulsen, J. R., Stevens, M. H. H., & White, J.-S. S. (2009). Generalized linear mixed models: A practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(3), 127-135.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.10.008>
- Chao, A., & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: Standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533-2547.
<https://doi.org/10.1890/11-1952.1>

- De Beenhouwer, M., Aerts, R., & Honnay, O. (2013). A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 175, 1-7.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.05.003>
- Dole, S. A., Hulcr, J., & Cognato, A. I. (2021). Species-rich bark and ambrosia beetle fauna (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) of the Ecuadorian Amazonian Forest Canopy. *ZooKeys*, 1044, 797-813. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1044.57849>
- Donis, J. (1988). *Incidencia de plagas insectiles en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) bajo sol y sombra en la zona Atlántica de Costa Rica*. (D683). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba (Costa Rica).
- FAO and UNEP. (2020). *El estado de los bosques del mundo 2020: Los bosques, la biodiversidad y las personas*. FAO and UNEP. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Fedecacao.com.co. (2021). *Home Website*. Sitefedecacao. <https://www.fedecacao.com.co>
- gbif.org. (2021). *GBIF*. <https://www.gbif.org/>
- Jost, L. (2006). *Entropy and diversity*. *Oikos*, 113(2), 363-375.
<https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- 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. <https://doi.org/10.18779/cyt.v10i2.163>
- Martínez, M., Cognato, A. I., 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.

<https://doi.org/10.1093/ee/nvz037>

Mazón, M., Díaz, F., & Gaviria, J. C. (2013). Effectiveness of different trap types for control of bark and ambrosia beetles (Scolytinae) in Criollo cacao farms of Mérida, Venezuela. *International Journal of Pest Management*, 59(3), 189-196.

<https://doi.org/10.1080/09670874.2013.810794>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto colombiano agropecuario ICA, & Fedecacao. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del cacao (Theobroma cacao L.) medidas para la temporada invernal*. Camilo Ernesto Vásquez González.

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (1.^a ed.). Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO, Sociedad entomologica Aragonesa, SEA.

Mueller, U. G., Gerardo, N. M., Aanen, D. K., Six, D. L., & Schultz, T. R. (2005). The Evolution of Agriculture in Insects. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36(1), 563-595.

<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.102003.152626>

Navarro, R., & Liendo, R. (2010). Fluctuación poblacional de Scolytidae (INSECTA: COLEOPTERA) en cacao del estado de Aragua, Venezuela. 60, 7.

Norris, D. M., Bishop, W. O., Knoke, J. K., & Saunders, J. L. (1968). Further Studies of Factors Which Influence *Xyleborus* spp. Emergence and Attack of *Theobroma cacao* 12. *Annals of the Entomological Society of America*, 61(4), 852-856.

<https://doi.org/10.1093/aesa/61.4.852>

- Pabón, M. G., Herrera-Roa, L., & Sepúlveda, W. S. (2016). *Caracterización socio-económica y productiva del cultivo de cacao en el departamento de Santander (Colombia)*. 13.
- Pérez-De La Cruz, M., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Sánchez-Soto, S., García-López, E., & Bravo-Mojica, H. (2009). Escolítidos (Coleoptera: Scolytidae) asociados al agroecosistema cacao en Tabasco, México. *Neotropical Entomology*, 38(5), 602-609. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000500007>
- Saint-Germain, M., Drapeau, P., & M. Buddle, C. (2007). Host-use patterns of saproxylic phloeophagous and xylophagous Coleoptera adults and larvae along the decay gradient in standing dead black spruce and aspen. *Ecography*, 30(6), 737-748. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05080.x>
- Sandoval Rodríguez, C., Cognato, A. I., & Righi, C. A. (2017). Bark and Ambrosia Beetle (Curculionidae: Scolytinae) Diversity Found in Agricultural and Fragmented Forests in Piracicaba-SP, Brazil. *Environmental Entomology*, 46(6), 1254-1263. <https://doi.org/10.1093/ee/nvx160>
- Saunders, J. L., Norris, D. M., & Knoke, J. K. (1967). Insect-Host Tissue Interrelations between *Xyleborus ferrugineus* (Coleoptera: Scolytidae) and *Theobroma cacao* in Costa Rica¹. *Annals of the Entomological Society of America*, 60(2), 419-423. <https://doi.org/10.1093/aesa/60.2.419>
- Schroth, G., Faria, D., Araujo, M., Bede, L., Van Bael, S. A., Cassano, C. R., Oliveira, L. C., & Delabie, J. H. C. (2011). Conservation in tropical landscape mosaics: The case of the cacao landscape of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 20(8), 1635-1654. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0052-x>

- Solano, E. H. (2020). *Diversidad de escolitidos en plantaciones de Tectona Grandis L. F. en la provincia de Esmeraldas, Ecuador*. 5.
- Wood, S. L. (1982). The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. *Life Science Museum and Department of Zoology, Brigham Young University, Provo, Utah 84602, USA.*, 6, 16.
- Zuo, J., Cornelissen, J. H. C., Hefting, M. M., Sass-Klaassen, U., van Logtestijn, R. S. P., van Hal, J., Goudzwaard, L., Liu, J. C., & Berg, M. P. (2016). The (w)hole story: Facilitation of dead wood fauna by bark beetles? *Soil Biology and Biochemistry*, 95, 70-77. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.12.015>