



Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>

Artículo Científico | Scientific Article

Insectos plagas del pino caribe y sus enemigos naturales en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá

Insect pests of Caribbean pine and their natural enemies at the La Yeguada Forest Reserve, Panama

Oswaldo Rodríguez-Flores^{1,2}, Rosa María Estrada-Hernández^{1,3}

Correspondencia: oroflores@yahoo.com

- 1 Museo de Entomología, Departamento de Protección Agrícola y Forestal, Universidad Nacional Agraria; Managua, Nicaragua
- 2 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3659-2584>
- 3 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8621-4015>

RESUMEN

En Panamá, el pino caribe (*Pinus caribaea*) es un recurso forestal importante, sin embargo, el conocimiento de los problemas fitosanitarios de este, en el país, es poco. Se desarrolló esta investigación para identificar los insectos plagas que causan daños en la producción maderera de pino y conocer sus enemigos naturales. La investigación se realizó en plantaciones de pino caribe de la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. En los aserraderos e inmediaciones se realizaron muestreos de daños en madera, instalación de trampas Lindgren, cría de insectos en jaulas de emergencia y muestreos de árboles afectados. Para los parasitoides se estimó el nivel de parasitoidismo larval a lo largo del fuste y se compararon estadísticamente. Se encontraron dos tipos de daños en la madera aserrada: perforaciones y el manchado azul. Las perforaciones fueron ocasionadas por *Xyleborus affinis* y el manchado por un hongo asociado con un escarabajo del género *Ips*. Se encontraron diez especies

DOI: [10.5377/revminerva.v7i3.18905](https://doi.org/10.5377/revminerva.v7i3.18905)

Enviado: 9 de octubre de 2023
Aceptado: 16 de enero de 2024

Palabras clave: ambrosiales, *Ips apache*, control biológico, plagas forestales, termitas, escarabajos descortezadores.

Keywords: Ambrosia beetles, *Ips apache*, biological control, forest pest, termites, bark beetles.



Este contenido está protegido bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

insectiles de enemigos naturales, de estas, nueve son depredadores y un parasitoide. Dentro de los depredadores, dos especies de los géneros *Epiphloeus* y *Nemozoma* se especializan en escarabajos descortezadores y ambrosiales. El enemigo natural más abundante fue *Roptrocerus xylophagorum*, presentando niveles de parasitoidismo para *Ips* sp. de 12,6 %, valor frecuente para este parasitoide en especies de *Ips*. La distribución del parasitoide a lo largo del fuste fue mayor en la sección apical, lo cual está relacionado con la mayor presencia de larvas de tercer estadio presentes en esta sección.

ABSTRACT

Caribbean pine (*Pinus caribaea*) in Panama is an important forest resource; however, in the country there is little knowledge of its phytosanitary problems. This research was developed to identify the insect pests that cause damage in pine timber production and to know their natural enemies. The research was carried out in Caribbean pine plantations at Yeguada Forest Reserve, Panama. In the sawmills and surrounding areas, were carried out: wood damage sampling, setting Lindgren traps, breeding insects in emergency cages and sampling affected trees. For parasitoids, level of larval parasitoidism was estimated along the stem and statistically compared. Two types of damage were found in the sawn wood: perforations and blue staining. Perforations were caused by *Xyleborus affinis* and the blue spotting by a fungus associated with a beetle of the genus *Ips*. Ten insect species of natural enemies were found, nine of these are predators and one parasitoid. Among predators, two species of *Epiphloeus* and *Nemozoma* genera specialize in bark and ambrosia beetles. *Roptrocerus xylophagorum* was most abundant natural enemy, his parasitoidism levels on *Ips* sp. is 12.6%, frequent value for this parasitoid in *Ips* species. The distribution of the parasitoid along the stem was greater in the apical section, which is related to the greater presence of third-stage larvae in this section.

INTRODUCCIÓN

El pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W.H. Barrett & Golfari) es una de las especies forestales exóticas más conocidas en Panamá (Villalaz-Pérez et al. 2017). La experiencia forestal en el país con esta especie se ha adquirido en diferentes proyectos (Jaén, 2012). Por ejemplo, el proyecto (pionero) de plantaciones de pino caribe establecidas en la Reserva Forestal La Yeguada (Arcia, 2003; Howell, 1972). Es una de las especies incluidas en los programas de plantaciones anuales de la República de Panamá, establecida principalmente en sitios que tienen suelos de baja calidad o degradados que no son adecuados para el cultivo de otras especies maderables más valiosas (Jaén, 2012; Lyon et al. 2012).

Los insectos que se comportan como plagas, en las plantaciones de pino caribe, están muy poco estudiados en Panamá, en comparación con otros lugares de la región centroamericana. En el país, las investigaciones realizadas en plagas de pinos se han enfocado en aspectos ecológicos y taxonómicos de especies consideradas plagas importantes, como los escarabajos descortezadores del género *Ips* (Jaén, 2013; Smith y Cognato, 2009; Rodríguez et al. 2011) y algunos escarabajos ambrosiales (Guerra-Rodríguez, 2011).

La Reserva Forestal La Yeguada es un proyecto de reforestación caracterizado por tener la mayor área plantada de pino caribe en Panamá (Arcia, 2003). Durante los últimos años, las empresas dedicadas a la explotación maderera en la Reserva han reportado daños en la madera de pino, lo cual ha impactado negativamente en su comercialización. Este problema se agrava porque no se cuenta con capacidades, ni el conocimiento básico sobre los agentes causantes de daños en pino a nivel local y nacional. Solo una investigación relacionada con insectos de importancia forestal ha incluido a esta Reserva, que se enfocaba en estudiar la comunidad de los escarabajos ambrosiales de la subfamilia Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) en ecosistemas de pino en Panamá (Guerra-Rodríguez, 2011).

La detección e identificación adecuada de plagas son cruciales para la correcta aplicación de medidas fitosanitarias (Food and Agriculture Organization [FAO], 2006). Los insectos fitófagos en los sistemas forestales presentan variaciones en la densidad poblacional, estos cambios están regulados por factores bióticos y abióticos que afectan la vitalidad y supervivencia de los individuos, siendo los principales el clima y el conjunto de antagonistas naturales (Roversi y Nannelli, 2012). Dentro de los antagonistas naturales están los enemigos naturales o agentes del control biológico (depredadores, parasitoides y patógenos) (Hajek y Eilenberg, 2018). La caracterización precisa de los agentes de control biológico es un paso clave en los programas de control (Lima et al., 2018). Esto adquiere importancia en los ecosistemas forestales, porque los agentes del control biológico se proyectan positivamente en la regulación de plagas, debido a que, intuitivamente, los ecosistemas forestales deberían ser más favorables para ellos (Kenis et al., 2017).

En Panamá el pino caribe contribuye en la transformación de suelos degradados o de baja calidad, a áreas de uso forestal. Además, realiza

aportes a la economía nacional, a la preservación de los bosques nativos y, específicamente, a la dinámica comercial y ambiental de la Reserva Forestal La Yeguada. Sin embargo, el conocimiento de sus plagas y enfermedades es poco en el país, siendo esto una condición negativa al momento de enfrentar los problemas fitosanitarios que le ocurren a esta especie. Con el propósito de identificar los insectos que están causando daños en la producción maderera de la Reserva Forestal La Yeguada e identificar aspectos taxonómicos y ecológicos de sus enemigos naturales, se realizó la presente investigación. La cual, además de explicar un problema local, aportará al conocimiento de las plagas de pino caribe en Panamá y sus enemigos naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

Los muestreos se realizaron en la Reserva Forestal La Yeguada, ubicada en el Corregimiento La Yeguada, distrito de Calobre, Provincia de Veraguas, República de Panamá. Tiene una extensión de 7 802 hectáreas (González, 1990) con un área de reforestación de 2 333,5 hectáreas de *P. caribaea* var. *hondurensis* (Gallardo, 1998). Está ubicada entre las coordenadas 8°27'33" hasta 8°31'00" latitud norte y 80°49'00" hasta 80°54'00" longitud oeste (González, 1990). La altitud fluctúa entre los 540 y 1350 m.s.n.m. (Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables [INRENARE], 2000).

Procedimiento de muestreo

Con el propósito de identificar taxonómicamente las plagas que afectan a los productos comerciales obtenidos del sistema forestal e identificar enemigos naturales de las plagas encontradas, se muestrearon aserraderos, áreas de corte y rodales maduros de *P. caribaea* var. *Hondurensis* con una edad de 20 años. Se realizaron dos muestreos durante el año 2015, un muestreo en abril durante la estación seca y otro en junio durante la estación lluviosa. En el muestreo de junio, además de los muestreos de depredadores, se realizaron muestreos para identificar características bioecológicas de los parasitoides de escarabajos descortezadoras.

Muestreo de daños y sus agentes causales

Se muestrearon dos aserraderos donde se realizaron tres tipos de muestreos: directo en las estructuras afectadas, cría de insectos asociados a los daños y muestreo de insectos plagas en los aserraderos y alrededores. La cría de insectos asociados a los

daños, consistió en colocar secciones de los árboles y madera aserrada afectada en jaulas diseñadas para este propósito. Las jaulas tenían dimensiones de 0.60 m de alto, 1.20 m de ancho y 0,50 m de profundidad, construidas con tubo PVC de ½" de diámetro, forradas con tela de nylon de 1 250 agujeros por pulgada cuadrada. El muestreo de insectos plagas (descortezadores, barrenadores, ambrosiales y termitas) se realizó en los aserraderos y alrededores. Para los descortezadores, barrenadores y ambrosiales, en cada sitio se instalaron tres trampas Lindgren de ocho embudos por un periodo de 48 horas. Las trampas fueron cebadas con esencia de trementina y alcohol etílico al 96 % a razón 1:1, se instalaron a una altura de 0,5 m del suelo, y con una distancia de 200 m entre ellas. Para el muestreo de termitas se empleó el método de muestreo por transecto, estos se realizaron en dos áreas del bosque contiguas a los aserraderos. La metodología utilizada fue la descrita por Eggleton et al. (1997), revisando diferentes microambientes: suelo y hojarasca, hasta una profundidad de cinco cm, troncos y ramas caídas en diferentes estados de descomposición, incluyendo árboles y troncos en pie hasta una altura de dos metros para la búsqueda de nidos o galerías.

Muestreo de depredadores de escarabajos descortezadores y de escarabajos ambrosiales en pino

Se utilizaron tres métodos: captura con trampas Lindgren, captura en jaulas de emergencia y captura directa en galerías. El método de muestreo de depredadores fue el mismo utilizado para los descortezadores, barrenadores y ambrosiales, utilizando el principio de alelomonas de los semioquímicos utilizados. La captura en jaulas de emergencia consistió en colocar estructuras de madera de pino afectadas y con presencia de las plagas identificadas en el primer muestreo y capturar todos los insectos emergidos en las jaulas.

Muestreo de depredadores y parasitoides en galerías del descortezador del pino

Con el propósito de capturar parasitoides y depredadores larvales o pupales y determinar niveles de parasitoidismo, se seleccionaron cuatro árboles adultos derribados y afectados (30 días). Las alturas de los árboles eran de 24.7 a 32.68 m, el diámetro a la altura del pecho entre 0.33 – 0.47 m y la altura comercial entre 10.7 - 16 m. El tallo principal de cada árbol fue delimitado en cuatro secciones: base del fuste comercial, medio del fuste comercial,

ápice del fuste comercial y tallo central con ramas. En cada sección se realizaron muestreos basados en la metodología utilizada por Nebeker et al. (1978), pero modificada en cuanto al área de descortezado para muestreo, que consistió en descortezar en cada sección del árbol un área de 0.10 m x 0.20 m a cada costado.

Identificación de los insectos plagas, sus depredadores y parasitoides

Los insectos encontrados fueron identificados taxonómicamente y depositados en las colecciones entomológicas del Programa Centroamericano de Maestría en Entomología de la Universidad de Panamá, Panamá y del Museo de Entomología de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Las literaturas utilizadas para la identificación taxonómica fueron Hulcr y Smith (2010) y Douglas et al. (2019) para escarabajos ambrosiales y escarabajos descortezadores; Constantino (2002a) y Mill (1983) para termitas; De Vere Graham (1969), Hanson y Gauld (1995) y Fernández (2003) para depredadores y parasitoides del orden Hymenoptera; Leavengood (2008), Opitz (2008) y Kolibáč (2013) para depredadores del orden Coleoptera. Los especímenes fueron observados en un estereoscopio Motic SMZ-168 con magnificación de 15 - 100x y un microscopio Motic BA310E con magnificación de 40 - 1 000x. Las fotografías fueron realizadas con una cámara DSLR Canon montada en un estereoscopio VanGuard 1272ZL, la edición de estas fue con el programa Adobe PhotoShop CS6.

Análisis estadísticos

Para determinar los porcentajes de parasitoidismo en descortezadores se utilizó la fórmula:

$$\text{Porcentaje de parasitoidismo} = \frac{\text{Cantidad de larvas parasitoidadas}}{\text{Cantidad de total de larvas registradas}} \times 100$$

Se realizaron comparaciones estadísticas de las capturas de parasitoides en las secciones del árbol por medio de Análisis de Varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias con el estadístico de Tukey. Todas las pruebas estadísticas se realizaron con un valor de significancia de 0,05; además se realizaron pruebas de normalidad (estadístico Shapiro-Wilk) y pruebas de Homocedasticidad de la varianza (estadístico Levene) de los datos para realizar la prueba ANOVA. Los análisis se realizaron con los programas STATISTICA versión 8 y SPSS versión 24.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Daños encontrados, sus agentes causales y otros insectos plagas

En la madera aserrada, dos tipos de daños fueron identificados: perforaciones (figura 1a) y el manchado azul de la madera (figura 1d). Un total de 90 especímenes del escarabajo *Xyleborus affinis* Eichhoff, 1868 (Coleoptera, Curculionidae) (figura 1b-c) emergieron de las jaulas de crías, también esta especie fue capturada en las trampas instaladas en las áreas de corte de los aserraderos. En los muestreos una especie del género *Ips* (Coleoptera, Curculionidae) (figura 1d-e) fue encontrada en abundancia (761 especímenes) en los árboles recién derribados en las áreas de corte de los aserraderos. Con respecto a las termitas, se encontraron 88 especímenes con tres especies: *Nasutitermes corniger* (Motschulsky, 1855), *N. glabritergus* Snyder and Emerson, 1949 (Blattodea, Termitidae) y *Heterotermes convexinotatus* (Snyder, 1924) (Blattodea, Rhinotermitidae). La especie más abundante fue *N. corniger*, con 26 especímenes. Con respecto a *N. glabritergus* y *H. convexinotatus* se registraron 22 y 18 especímenes, respectivamente.

X. affinis es una especie con hábitos xilomicetófagos utilizando diferentes hospederos no emparentados, entre ellos varias especies del género *Pinus* (Zanuncio, 2002). Es una especie con amplia presencia en los trópicos americanos (Macedo-Reis et al. 2016; Pérez-De La Cruz et al. 2016). En Panamá se ha encontrado en localidades con predominio de Pino (Lyon et al. 2012) y en bosques del área del canal de Panamá (Rodríguez-Flores y Barrios, 2020). La importancia de *X. affinis* radica en los daños estructurales que puede producir en la madera de uso comercial por las galerías que construye (Rangel et al. 2012), siendo mayores que otros tipos de escarabajos ambrosiales, debido a la organización familiar, a las divisiones de labores de la progenie, así como la conducta de sobreponer sus poblaciones dentro de un mismo huésped (Sobel et al. 2015). Lo anteriormente planteado refuerza el planteamiento de que esta especie está afectando directamente la calidad de la madera de pino en la Reserva Forestal La Yeguada.

Con respecto a las termitas encontradas, las especies *N. corniger* y *H. convexinotatus* son consideradas plagas de estructuras de maderas (Constantino, 2002b). *N. corniger* es una especie neotropical con una gran adaptabilidad a un amplio rango de hábitats, en Centroamérica, por ejemplo, es común en tierras bajas (Dunn y Messier, 1999). Esta especie es considerada una de las plagas más importantes

Figura 1

Daños encontrados en pino caribe y sus agentes causales. A. Perforaciones en madera aserrada realizada por *Xyleborus affinis*; B. *Xyleborus affinis* en vista lateral; C. Declive elitral de *Xyleborus affinis*; D. Madera aserrada con el hongo del manchado azul; E. *Ips cf. apache* en vista lateral; F. Declive elitral de *Ips cf. apache*



en el nuevo mundo (Constantino, 2002b; Álvarez, 2016; Boulogne et al. 2017). Su alimentación es variada: madera seca, húmeda o en descomposición (He et al. 2013), sin embargo, se ha observado que tiene preferencia por madera recién descompuesta (Bustamante y Martius, 1998). De la especie *H. convexinotatus*, al igual que el género *Heterotermes*, existe muy poca información respecto a subbiología y distribución geográfica. Las especies del género *Heterotermes* son consideradas de importancia económica, se encuentran ampliamente distribuidas en Suramérica, pueden encontrarse tanto en hábitat urbanos como naturales (Constantino, 2000). Con respecto a *N. glabritergus*, hasta la fecha no se cuentan con datos sobre su ecología o biología, existen algunos registros de su distribución geográfica (Costa Rica, Panamá y Ecuador), por lo que es considerada neotropical (Krishna, 2013). En las zonas donde se ubicaron los transectos no se observaron árboles y estructuras de madera con afectaciones, tampoco los propietarios y trabajadores de los aserraderos manifestaron problemas vinculados con termitas. La presencia de estas especies de termitas en el sistema productivo de pino se debe a la disponibilidad constante de madera que el sistema genera, ya sean como desecho, sobrantes o bien por la mortalidad de los árboles. Aunque pueden ser un problema fitosanitario, su presencia en el sistema forestal se

identifica como parte de la fauna degradadora de materia vegetal. Esto porque muchas especies de termitas tienen roles importantes en los procesos de descomposición, aireando el suelo por medio del ciclo de nutrientes, reciclando materia vegetal y fijando nitrógeno (Vasconcellos y da Silva, 2010).

El manchado azul de la madera es ocasionado por hongos de los géneros *Grosmannia* y *Ceratocystis* (Ascomycota: Sordariomycetes), los cuales son transmitidos por las especies de escarabajos descortezadores del género *Ips* (Douglas et al. 2019; Krokene y Solheim, 1998; Meng et al. 2015). La especie de descortezador del género *Ips* encontrada en todos los muestreos es caracterizada por tener seis pares de espinas a cada lado del declive elitral y el disco elitral con punturaciones entre las estrías (figura 1e y f). Dentro del género *Ips* hay dos especies que presentan estas características morfológicas: *I. apache* e *I. calligraphus* (Douglas et al. 2019), ambas especies presentes en Panamá (Jaén, 2013; Smith, y Cognato, 2009). Sin embargo, identificar estas dos especies, a través de caracteres morfológicos, es difícil debido a la similitud que tienen entre ellas. La distribución conocida de *I. calligraphus* indica que esta especie habita en el Neártico, Antillas Mayores y Filipinas, mientras que *I. apache* se distribuye desde el sureste de los Estados Unidos hasta Panamá (Douglas et al. 2019). Esta condición conlleva a

proponer que la especie de *Ips* de seis espinas que se encontró en el área de estudio, es *I. apache*. No obstante, para comprobar esto es fundamental utilizar protocolos adecuados de identificación taxonómica, como el realizado por Smith y Cognato (2009).

Depredadores y parasitoides de descortezadores y escarabajos ambrosiales

Se encontraron nueve especies depredadoras y una especie parasitoide de escarabajos descortezadores (Tabla 1). Dentro del grupo de especies depredadoras, siete se observaron depredando larvas, pupas y adultos de *I. cf. apache* durante los muestreos. Una especie depredadora fue capturada en las trampas instaladas en los aserraderos y una en las jaulas de emergencia. El parasitoide *Roptrocerus xylophagorum* (Ratzeburg, 1844) fue la especie que más se capturó durante los muestreos, actuando como parasitoide de larvas de *I. cf. apache*.

R. xylophagorum (Figura 2a-c) es un ectoparasitoide idiobionte de larvas y pupas de Scolytinae (Coleoptera, Curculionidae) que afectan coníferas, especialmente de los géneros *Pinus* y *Picea* (Mills, 1983; Samson, 1984; Espelie et al. 1996). Este parasitoide, en especies del género *Ips*, tiene una marcada conducta de ovipositar un huevo por hospedero, así como una preferencia de oviposición en el tercer instar larval y en la etapa de pupa del hospedero (Samson, 1984).

Es una de las especies de parasitoides de escarabajos descortezadores más abundantes (Wegensteiner et al. 2015), con amplia distribución, conocida de países de Europa, América, Asia y Oceanía (De Vere Graham, 1969; Espelie et al. 1996; Mendel y Halperin, 1981; Garrido y Nieves-Aldrey, 1999; Doychev et al. 2016). En Centroamérica se ha reportado en Guatemala (De Vere Graham, 1969). En Panamá, una especie no identificada del género *Roptrocerus* ha sido encontrada parasitoidando larvas de *Ips grandicollis* (Rodríguez et al. 2011). Sin embargo, *R. xylophagorum*, a la fecha, no se había registrado para Panamá, por lo tanto, su hallazgo en el presente trabajo constituye el primer registro de la especie para este país.

Dos especies del orden Coleoptera depredadoras fueron encontradas en los muestreos, pertenecientes a las familias Cleridae y Trogossitidae. Ambas familias tienen varias especies depredadoras de escarabajos descortezadores (Wegensteiner et al. 2015; Stephen y Dahlsten, 1976; Hérard y Mercadier, 1996). Sin embargo, las especies depredadoras de Trogossitidae exhiben conductas de depredación especializada, mientras que las de Cleridae exhiben conductas generalistas (Kohnle y Vité, 1984). Tres especímenes adultos de una especie del género *Nemozoma* (Trogossitidae) se obtuvieron de las jaulas de emergencia. Los representantes del género *Nemozoma* son depredadores, los adultos viven juntos con sus larvas bajo la corteza de coníferas cazando especialmente

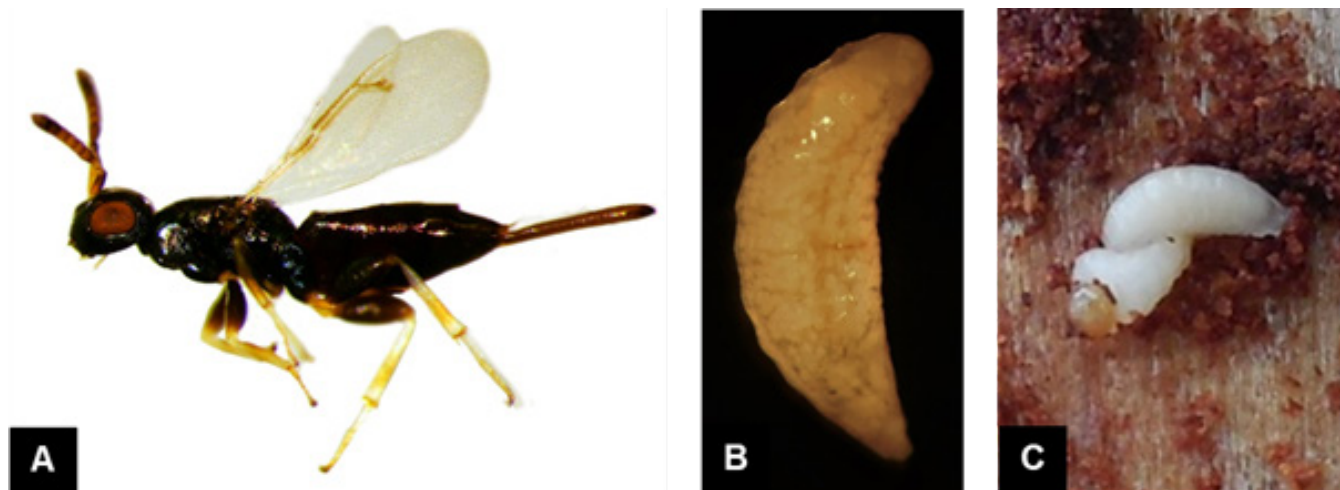
Tabla 1

Depredadores y parasitoides encontrados en el sistema forestal de pino de la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá

Conducta observada	Insecto (orden: nombre científico)	Especímenes capturados	Hospedero/presa
Parasitoide	Hymenoptera: <i>Roptrocerus xylophagorum</i>	107	<i>Ips cf. apache</i> .
Depredador	Coleoptera: <i>Nemozoma</i> sp. <i>Epiphloeus</i> sp.	3 2	<i>Xyleborus affinis</i> Varias especies de Scolytinae
Depredador ocasional	Hymenoptera: <i>Solenopsis</i> sp. <i>Polybia occidentalis</i> Oliver, 1791 <i>Agelaia areata</i> (Say, 1837) <i>Agelaia myrmecophila</i> (Ducke, 1905) <i>Pseudomyrmex</i> sp. <i>Paratrechina</i> sp. <i>Neivamyrmex</i> sp.	17 3 2 2 1 1 1	<i>Ips cf. apache</i>

Figura 2

Parasitoide *Roptrocerus xylophagorum*. A. Hembra en vista lateral; B. Larva; C. Larva de *Roptrocerus xylophagorum* parasitoidando larva de *Ips cf. apache*



escarabajos descortezadores (Kolibáč, 2013). Con respecto a Cleridae, dos especímenes de una especie del género *Epiphloeus* fueron capturados con las trampas instaladas en el área de corte. Los representantes del género *Epiphloeus* son depredadores, estos frecuentan los troncos caídos para depredar adultos y larvas de insectos xilófilos, como los escarabajos descortezadores (Opitz, 2008). En Panamá, cuatro especies están presentes: *E. duodecimmaculatus*, *E. fundurufus*, *E. princeps* y *E. tigrinus* (Opitz, 2014).

Las especies del orden Hymenoptera depredadoras encontradas en los muestreos, exhibieron conductas de captura activa y constante de larvas, pupas y adultos de *Ips cf. apache*. La actividad depredadora exhibida por estas especies con el descortezador del género *Ips* posiblemente ocurra de forma ocasional. Esto debido a que la depredación sucedió posterior al descortezamiento que se realizó durante los muestreos, en los cuales había una exposición constante de inmaduros y adultos de esta especie. En la clase Insecta, los grupos taxonómicos sobresalientes con especies depredadoras de descortezadores incluyen Coleoptera, Diptera y Hemiptera (Heteroptera), existen otros ordenes insectiles con especies depredadoras, pero tienen poco impacto en la dinámica poblacional de los escarabajos descortezadores, por lo tanto, han recibido poca atención de investigación (Wegensteiner et al. 2015). La interacción de Formicidae y Vespidae

con escarabajos descortezadores muy poco se ha documentado, esto posiblemente esté relacionado con el poco impacto significativo que realizan en la dinámica poblacional de los escarabajos descortezadores.

Comportamiento y niveles de parasitoidismo de *R. xylophagorum* en *Ips cf. apache*

Un total de 94 larvas de *I. cf. apache* se encontraron parasitoidadas por *R. xylophagorum*, representando un 12,6 % de parasitoidismo general en larvas (Tabla 2). El porcentaje de parasitoidismo osciló entre 5 a 19 % en los árboles muestreados. Se determinó la distribución de las larvas de *I. cf. apache* a lo largo del fuste de los árboles muestreados y los niveles de parasitoidismo de *R. xylophagorum* en esta distribución. Encontrándose diferencias estadísticas (Prueba ANOVA $P < 0.05$) en la cantidad de larvas parasitadas en las secciones de los árboles. La diferencia fue entre la base y la sección de ramas, en esta última se identifica una mayor cantidad de larvas parasitoidadas, mientras que en las otras secciones las cantidades no fueron diferentes estadísticamente (Tabla 3).

Los niveles de parasitoidismo de *R. xylophagorum* encontrados en el muestreo están dentro de los niveles reportados para este parasitoide en especies del género *Ips*. En Australia, investigaciones en laboratorio, evaluaron la eficacia y el establecimiento

Tabla 2Características cuantitativas del parasitoidismo por *Roptrocerus xylophagorum* en larvas de *Ips cf. Apache*

Parámetro	Árbol muestreado				Total
	1	2	3	4	
Larvas totales encontradas	160	202	209	175	746 ± 11,47
Larvas parasitadas	9	23	39	23	94 ± 6,13
Porcentaje de parasitismo	5,62 %	11,38 %	18,66 %	13,14 %	12,60 %

Tabla 3Niveles de parasitismo de *Roptrocerus xylophagorum* en las secciones de los árboles muestreados en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Sección del árbol	Larvas totales encontradas	Larvas en tercer estadio	Larvas parasitoidadas ^a	Porcentaje de parasitoidismo
Fuste-base	161 ± 18,12 a	47 ± 8,11 b	7 ± 0,25 b	7,44
Fuste-medio	147 ± 7,27 a	35 ± 0,62 b	20 ± 1,68 ab	21,27
Fuste-ápice	229 ± 7,68 a	102 ± 7,77 ab	19 ± 1,54 ab	20,21
Ramas	209 ± 11,23 a	91 ± 1,08 a	48 ± 3,62 a	51,06
Total	746 ± 5,74	275 ± 2,94	94 ± 1,36	100

Nota: letras diferentes en la misma columna, indican diferencias estadísticas ($p < 0,05$).

de *R. xylophagorum* como parasitoide de *I. grandicollis*, las tasas de parasitoidismo encontradas en larvas oscilaron entre 8,8 y 12,5 % (Samson y Smibert, 1986). En estudios realizados en Estados Unidos las tasas de parasitoidismo de esta especie sobre *I. paraconfusus*, en campo, alcanzaron un 10 % (Ball y Dahlsten, 1973). Mientras que, en Bulgaria, los niveles de parasitoidismo sobre *I. typographus* fue de un 1,6 % (Georgiev y Stojanova, 2006). Con respecto a la diferenciada concentración del parasitoide en la sección del tallo donde se forma la copa, esto puede estar relacionado con el grosor de la corteza y la alta presencia de larvas de tercer estadio de *Ips cf. apache* en esta sección (Tabla 3). Se ha dicho que el grosor de la corteza, una función del diámetro limita la capacidad de los parasitoides para ovipositar a través de la corteza y llegar a sus hospederos (Nuorteva, 1956; Ryan, 1962). Ball & Dahlsten (1973) encontraron ó una marcada tendencia del parasitoidismo de himenópteros sobre *Ips paraconfusus* en ramas de pino de menor diámetro. Estudios realizados con *R. xylophagorum* en *Ips grandicollis* encontraron una marcada preferencia de oviposición en el tercer instar larval (Samson, 1984). En un estudio con parasitoides,

que incluía a *R. xylophagorum*, se encontraron altas tasas de parasitoidismo sobre *Ips spp.* en el tronco superior de dos especies de pino (Berisford et al. 1971).

CONCLUSIÓN

En la Reserva Forestal La Yeguada, se identificaron dos tipos de daños en la madera aserrada de pino: perforaciones y el manchado azul. Las perforaciones son ocasionadas por el escarabajo *X. affinis*, mientras que el manchado azul es ocasionado por un hongo, el cual está asociado con una especie de escarabajo descortezador del género *Ips* encontrada en abundancia durante los muestreos.

Se encontraron diez especies de insectos considerados enemigos naturales de los insectos relacionados con los daños encontrados. De estas especies, nueve actúan como depredadores y una como parasitoide. Dentro del grupo de los depredadores, dos especies se especializan en escarabajos descortezadores y ambrosiales, encontrándose evidencias de depredación en galerías de *X. affinis* de un coleóptero del género *Nemozoma*.

El enemigo natural más abundante fue la avispa parasitoide *R. xylophagorum* con un 12,6 % de parasitoidismo de larvas del género *Ips*. La distribución del parasitoide fue mayor en la sección apical del fuste de los árboles.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD) por el financiamiento parcial de la presente investigación. A los profesionales del Ministerio de Ambiente de Panamá: Fidencio Aisprua y Bolívar Jaen, por brindar las facilidades de acceso a la Reserva Forestal La Yeguada.

REFERENCIAS

- Alvarez, S. (2016). Potential economic costs of invasive structural pests: conehead termites, *Nasutitermes corniger*, in Florida. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(12), 2145-2162.
- Arcia, D. (21-23 de mayo de 2003). Reforestación en áreas degradadas de Panamá, el caso de la Yeguada, Veraguas: una respuesta concreta para generar empleo y mitigar la pobreza. V Congreso Forestal Centroamericano, Ciudad de Panamá, Panamá.
- Ball, J. C. y Dahlsten, D. L. (1973). Hymenopterous parasites of *Ips paraconfusus* (Coleoptera: Scolytidae) larvae and their contribution to mortality: I. Influence of host tree and tree diameter on parasitization. *The Canadian Entomologist*, 105(11), 1453-1464.
- Berisford, C. W., Kulman, H. M., Pienkowski, R. L. y Heikkinen, H. J. (1971). Factors affecting distribution and abundance of hymenopterous parasites of *Ips* spp. bark beetles in Virginia (Coleoptera: Scolytidae). *The Canadian Entomologist*, 103(2), 235-239. <https://doi.org/10.4039/Ent103235-2>
- Boulogne, I., Constantino, R., Amusant, N., Falkowski, M., Rodrigues, A. M. y Houël, E. (2017). Ecology of termites from the genus *Nasutitermes* (Termitidae: Nasutitermitinae) and potential for science-based development of sustainable pest management programs. *Journal of Pest Science*, 90, 19-37.
- Bustamante, N. C. R. y Martius, C. (1998). Nutritional preferences of wood-feeding termites inhabiting floodplain forests of the Amazon River, Brazil. *Acta amazonica*, 28(3), 301-301. <https://doi.org/10.1590/1809-43921998283307>
- Constantino, R. (2000). Key to the soldiers of South American Heterotermes with a new species from Brazil (Isoptera: Rhinotermitidae). *Insect Systematics & Evolution*, 31(4), 463-472.
- Constantino, R. (2002a). An illustrated key to Neotropical termite genera (Insecta: Isoptera) based primarily on soldiers. *Zootaxa*, 67(1), 1-40. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.67.1.1>
- Constantino, R. (2002b). The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. *Journal of Applied Entomology*, 126(7-8), 355-365.
- De Vere Graham, M. W. R. (1969). The Pteromalidae of North-Western Europe. *Bulletin of the British Museum of Natural History*, 16, 1-908. <https://doi.org/10.5962/p.258046>
- Douglas, H. B., Cognato, A. I., Grebennikov, V. y Savard, K. (2019). Dichotomous and matrix-based keys to the *Ips* bark beetles of the World (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 38. doi:10.3752/cjai.2019.38
- Doychev, D., Kechev, M., Todorov, I., Mirchev, P., Bencheva, S. y Georgiev, G. (2016). New Entomophagous Enemies of *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae) from Bulgaria. *Acta zoologica bulgarica*, 68(1), 131-134.
- Dunn, R. y Messier, S. (1999). Evidence for the opposite of the dear enemy phenomenon in termites. *Journal of insect behavior*, 12, 461-464. <https://doi.org/10.1023/A:1020958505815>
- Eggleton, P. (1997). The species richness and composition of termites (Isoptera) in primary and regenerating lowland dipterocarp forest in Sabah, East Malaysia. *Ecotropica*, 3, 119-128.
- Espelie, K. E., Berisford, C. W. y Dahlsten, D. L. (1996). Use of cuticular hydrocarbons in bark beetle parasitoid taxonomy: a study of *Roptrocercus xylophagorum* (Ratzeburg) (Hymenoptera: Torymidae) from the United States, Europe and Australia. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 113(1), 193-198. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(95\)02049-7](https://doi.org/10.1016/0305-0491(95)02049-7)
- Gallardo, B. (1998). Potencial del rendimiento de madera sub-utilizada procedente de raleos

- forestales en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Veraguas [Tesis de Maestría, Universidad de Panamá]. Panamá: Universidad.
- Garrido Torres, A. M. y Nieves-Aldrey, J. L. (1999). Pteromálidos de la comunidad de Madrid: faunística y catálogo (Hymenoptera, Chalcidoidea, Pteromalidae). *Graellsia*, 55, 9-147.
- Georgiev, G. y Stojanova, A. (2006). New pteromalid parasitoids (hymenoptera: Pteromalidae) of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae) in Bulgaria. *Silva Balcanica*, 7(1), 89-93.
- González, A., L. (1990). Evaluación financiera y económica de las plantaciones de *Pinus caribaea* en la Reserva Forestal La Yeguada. Panamá: Universidad.
- Guerra-Rodríguez, L. (2011). Las comunidades de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) asociadas a cinco sitios con predominio de Pino en la República de Panamá. *Scientia*, 21(2), 85-94.
- Food and Agriculture Organization. (2006) Diagnostic protocols for regulated pests. Secretariat of the International Plant Protection Convention.
- Fernández, F. (Ed.). (2003). Introducción a las hormigas de la región Neotropical Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Hajek, A. E. y Eilenberg, J. (2018). Natural enemies: an introduction to biological control. Cambridge University Press.
- Hanson, P.E. y Gauld, I. D. (1995). The Hymenoptera of Costa Rica, London, Oxford University Press.
- He, S., Ivanova, N., Kirton, E., Allgaier, M., Bergin, C., Scheffrahn, R. H. y Hugenholtz, P. (2013). Comparative metagenomic and metatranscriptomic analysis of hindgut paunch microbiota in wood-and dung-feeding higher termites. *PloS one*, 8(4), e61126. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061126>
- Herard, F. y Mercadier, G. (1996). Natural enemies of *Tomicus piniperda* and *Ips acuminatus* (Col., Scolytidae) on *Pinus sylvestris* near Orleans, France: temporal occurrence and relative abundance, and notes on eight predatory species. *Entomophaga*, 41(2), 183-210.
- Howell, J. H. (1972). Inventariación y demostraciones forestales-Panamá-Reforestación. Informe Técnico 11, FAO.
- Hulcr, J. y Smith, S. (2010). Xyleborini ambrosia beetles: an identification tool to the world genera. <https://idtools.org/id/xyleborini/index.htm>
- Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables. (2000). Plan de Manejo de La Yeguada 1998-2000. INRENARE-ANAM.
- Jaén Lara, B. A. (2012). Monitoreo de la dispersión de la población de los calligraphus en las plantaciones forestales de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en el proyecto bosque siglo XXI, en Río Hato, provincia de Coclé, República de Panamá [Tesis de Maestría, Universidad de Panamá]. Vicerrectoría de Investigación y Posgrado, Universidad de Panamá.
- Jaén Lara, B. A. (2013). Monitoreo de la dispersión de la población de *Ips calligraphus* en las Plantaciones Forestales de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en el Proyecto Bosque Siglo XXI, en Río Hato, Provincia de Coclé, República de Panamá. *Scientia*, 23(1), 87-102.
- Kenis, M., Hurley, B. P., Hajek, A. E. y Cock, M. J. (2017). Classical biological control of insect pests of trees: facts and figures. *Biological Invasions*, 19, 3401-3417.
- Kohnle, U. y Vité, J. P. (1984). Bark beetle predators: Strategies in the olfactory perception of prey species by clerid and trogositid beetles 1. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 98(1-5), 504-508.
- Kolibáč, J. (2013). Trogossitidae: A review of the beetle family, with a catalogue and keys. *ZooKeys*, 366, 1. <https://doi.org/10.3897/zookeys.366.6172>
- Krishna, K., Grimaldi, D. A., Krishna, V. y Engel, M. S. (2013). Treatise on the Isoptera of the World: Termitidae, vol.5, Termitidae (part two). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 5, 1499-1987.
- Krokene, P. y Solheim, H. (1998). Pathogenicity of four blue-stain fungi associated with aggressive and nonaggressive bark beetles. *Phytopathology*, 88(1), 39-44.
- Leavengood, J. M. (2008). The checkered beetles (Coleoptera: Cleridae) of Florida [Tesis de

- Maestría, University of Florida]. http://etd.fcla.edu/UF/UFE0023794/leavengood_j.pdf
- Lima, D. B., Rezende-Puker, D., Mendonça, R. S., Tixier, M. S., Gondim, M. G., Melo, J. W. y Navia, D. (2018). Molecular and morphological characterization of the predatory mite *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae): surprising similarity between an Asian and American populations. *Experimental and Applied Acarology*, 76, 287-310.
- Lyon, S. W., Quesada-Pineda, H. y Smith, R. L. (2012). A case study to determine drivers and barriers of Appalachian Forest products in Central America. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 9(22), 40.
- Macedo-Reis, L. E., Novais, S. M. A. D., Monteiro, G. F., Flechtmann, C. A. H., Faria, M. L. D. y Neves, F. D. S. (2016). Spatio-temporal distribution of bark and ambrosia beetles in a Brazilian tropical dry forest. *Journal of Insect Science*, 16(1).
- Mendel, Z. y Halperin, J. (1981). Parasites of bark beetles [Col.: Scolytidae] on pine and cypress in Israel. *Entomophaga*, 26, 375-379.
- Meng, X. J., Lu, Q., Liu, X. W., Jiao, X. J., Liang, J. y Zhang, X. Y. (2015). The species specific associations between *Ips subelongatus* and ophiostomatoid fungi. *Acta Ecologica Sinica*, 35(2), 313-323.
- Mill, A. E. (1983). Generic keys to the soldier caste of New World Termitidae (Isoptera: Insecta). *Systematic Entomology*, 8(2), 179-190.
- Mills, N. J. (1983). The natural enemies of scolytids infesting conifer bark in Europe in relation to the biological control of *Dendroctonus* spp. in Canada. *Biocontrol News and Information*, 4(4), 303-326.
- Nebeker, T. E., Hackney, O. P., Hocking, R. R., Paz, M., y Lashomb, J. H. (1978). Methods for and comparison of sampling schemes for estimating within tree southern pine beetle populations (Coleoptera: Scolytidae) 1. The Canadian Entomologist, 110(10), 1015-1022.
- Nuorteva, M. (1956). Über den Fichtenstamm-Bastkafer *Hylurgops palliafus* Gyll., und seine Insektenfeinde", *Acta Entomologica Fennica*, 13, 1-118.
- Opitz, W. (1997). Classification, natural history, and evolution of the Epiphloeinae (Coleoptera: Cleridae). Part VI. The genera of *Epiphlaeus* Spinola and *Opitzius* Barr. *Annales Zoologici*, 58(1), 1-34.
- Opitz, W. (2014). Classification, natural history, and evolution of Epiphloeinae (Coleoptera, Cleridae). Part XI. Generic taxonomy, intergeneric phylogeny, and catalogue of the subfamily. *Acta Musei Moraviae, Scientiae biologicae*, 99(2), 5-94.
- Pérez De la Cruz, M., Hernández-May, M. A., la Cruz-Pérez, D y Sánchez-Soto, S. (2016). Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos áreas de conservación en Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 64(1), 319-326.
- Rangel, R., Pérez, M., Sánchez, S. y Capello, S. (2012). Fluctuación poblacional de *Xyleborus ferrugineus* y *X. affinis* (Coleoptera: Curculionidae) en ecosistemas de Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 60(4), 1577-1588.
- Rodríguez, P. A., Romero, B. y Rodriguez, E. J. (2011). Reporte del descortezador *Ips gradicollis* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) y de su parasitoide *Roptrocerus* (Hymenoptera: Pteromalidae) en plantaciones de *Pinus caribaea* en el proyecto de reforestación bosque siglo XXI, Coclé: Panamá. *Scientia*, 21(2), 135-138.
- Rodríguez-Flores, O. y Barrios, H. (2020). Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de la Isla Barro Colorado, Panamá. *Scientia*, 30(1), 15-52.
- Roversi, P. F. y Nannelli, R. (2012). Arthropods and Nematodes. En Blanco, J. A. y Y.-H. Lo (Eds) *Functional Biodiversity in Forest Ecosystems* (29-52). InTech. doi: 10.5772/31257
- Ryan, R. B. (1962). A device for measuring the oviposition potential of a bark beetle parasite. *The Canadian Entomologist*, 94(7), pp. 737-738.
- Samson, P. R. (1984). The biology of *Roptrocerus xylophagorum* (Hym.: Torymidae), with a note on its taxonomic status. *Entomophaga*, 29(3), 287-298.

- Samson, P. R. y Smibert, J. (1986). Preliminary studies on the efficacy and establishment of *Roptrocerus xylophagorum* [Hym.: Torymidae], a parasitoid of *Ips grandicollis* [Col.: Scolytidae], in Australia. *Entomophaga*, 31, 173-182.
- Smith, S. M. y Cognato, A. I. (2009). Occurrence of *Ips apache* Lanier (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Panama. *The Coleopterists Bulletin*, 63(4), 452-453.
- Sobel, L., Lucky, A., & Hulcr, J. (2015). An Ambrosia Beetle *Xyleborus affinis* Eichhoff, 1868 (Insecta: Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Entomology and Nematology*, 627, 1-4.
- Stephen, F. M., & Dahlsten, D. L. (1976). The arrival sequence of the arthropod complex following attack by *Dendroctonus brevicomis* (Coleoptera: Scolytidae) in ponderosa pine. *The Canadian Entomologist*, 108(3), 283-304.
- Vasconcellos, A. y da Silva Moura, F. M. (2010). Wood litter consumption by three species of *Nasutitermes* termites in an area of the Atlantic Coastal Forest in northeastern Brazil. *Journal of Insect Science*, 10(1), 72.
- Villalaz-Pérez, J. A., Cerrud-Pérez, O., Villarreal-Núñez, J. E., Santo-Pineda, A. y Barahona-Amores, L. A. (2017). Comportamiento de especies maderables nativas y exóticas cultivadas en suelos ultisoles de Veraguas. *Ciencia Agropecuaria*, 26, 84-96.
- Wegensteiner, R., Wermelinger, B. y Herrmann, M. (2015). Natural enemies of bark beetles: predators, parasitoids, pathogens, and nematodes. In *Bark beetles* (pp. 247-304). Academic press.
- Zanuncio, J. C., Sossai, M. F., Couto, L. y Pinto, R. (2002). Occurrence of *Euplatypus parallelus*, *Euplatypus* sp. (Col.: Euplatypodidae) and *Xyleborus affinis* (Col.: Scolytidae) in *Pinus* sp. in Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Revista Árvore*, 26, 387-389.