

## LOS ESCARABAJOS DESCORTEZADORES (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) EN LOS BOSQUES DE PINO (PINALES: PINACEAE: *Pinus*) DE CHIAPAS, MÉXICO

Miguel Ángel García-Villafuerte 

Laboratorio de Entomología de Sanidad Forestal, Dirección de Protección Forestal, Subsecretaría de Desarrollo Forestal y Jardines Botánicos, Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, Calle Río Usumacinta No. 851, Col. Laguitos 29020, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

 [mgarciavillafuerte@yahoo.com.mx](mailto:mgarciavillafuerte@yahoo.com.mx)

### Resumen

Los bosques de coníferas forman parte de los recursos naturales más importantes y valiosos para México. En Chiapas, estos bosques cubren el 6.77% de la superficie forestal y están representados por bosques de oyamel, cedro y pino. Los bosques de pino han mantenido una relación ecológica con escarabajos descortezadores desde hace millones de años. Estos insectos actúan como agentes de saneamiento natural y son pocas las especies que causan un grave daño a los bosques. Sin embargo, el cambio climático global ha coadyuvado a la vulnerabilidad de estos ecosistemas forestales frente al avance de especies de importancia económica de escarabajos descortezadores, principalmente las especies del género *Dendroctonus*. Por lo tanto, las acciones fitosanitarias a través de los proyectos de Sanidad Forestal, son de vital importancia en la conservación de los bosques de coníferas.

*Palabras clave:* bosque, *Dendroctonus*, México, plaga.

### Abstract

Coniferous forests are one of the most important and valuable natural resources in Mexico. In Chiapas, these forests cover 6.77% of the forest surface and are represented by fir, cedar, and pine forests. Pine forests have maintained ecological relationships with bark beetles for millions of years. These insects act as natural sanitation agents, and few species cause serious damage to forests. However, global climate change has contributed to the vulnerability of these forest ecosystems to the advancement of economically important species of bark beetles, mainly those of the genus *Dendroctonus*. Therefore, phytosanitary actions through Forest Health projects are vital in the conservation of coniferous forests.

*Keywords:* *Dendroctonus*, forest, Mexico, plague.

### INTRODUCCIÓN

Para Chiapas se han registrado más de 11,200 especies de plantas y animales, esto lo ubica como uno de los estados de México con mayor riqueza de especies de flora y fauna (CONABIO, 2013). La diversidad florística en el estado asciende a más de 8,000 especies, lo que representa el 40% de la flora que se conoce para el país (SEMARNAT, 2018). Esta diversidad florística puede ser dividida en dos grandes grupos: bosques de clima templado y selvas tropicales, aunque también existe presencia de pastizales, manglares y palmares (SEMARNAT, 2018). Los bosques templados incluyen aquellas comunidades de conife-

ras como los bosques de pino, cedro, encino y bosques mixtos de pino-encino (SEMARNAT, 2018).

Los bosques de coníferas representan uno de los recursos naturales más importantes y valiosos para México, ya que desde una perspectiva ecológica, son proveedores de varios servicios ambientales como la provisión de hábitats para numerosas especies de plantas y animales, captura y almacenamiento de carbono, provisión de agua, retención de suelos, regulación del microclima y belleza escénica (García y González, 2003; Ramírez-Herrera *et alii*, 2005). Desde una perspectiva comercial, estos bosques producen grandes cantidades de madera para la

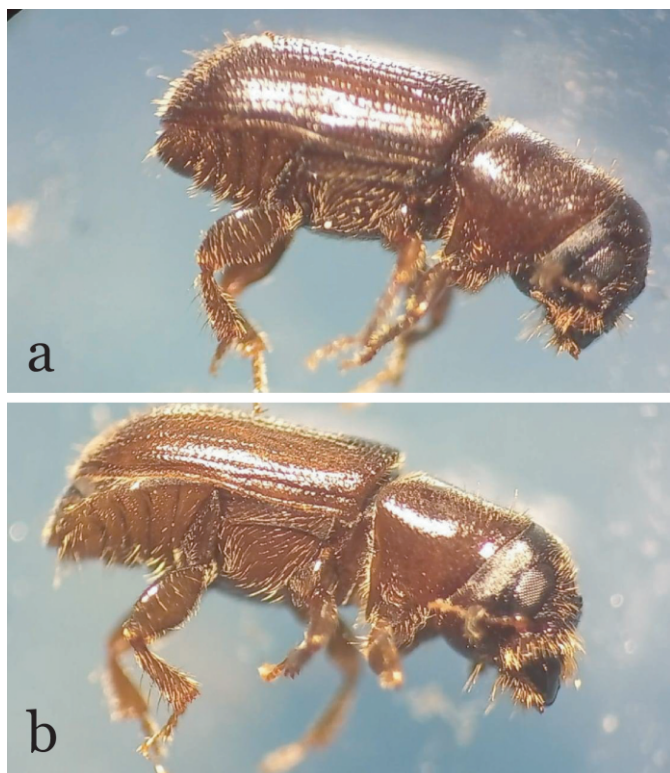


Figura 1. Escarabajo descortezador *Dendroctonus frontalis*. a) macho y b) hembra.

elaboración de inmuebles, enseres y servicios. De acuerdo con Rzedowski (2006) esto es gracias a su facilidad de explotación y la relativa rapidez de crecimiento que se presenta en muchas especies de pino, pero principalmente por su extensa distribución y el buen desarrollo que se observa en ellos. De allí que estos bosques poseen gran relevancia social, ya que muchas comunidades rurales dependen de estos como un estilo y forma de vida (del-Val y Sáenz-Romero, 2017).

Tal como menciona del-Val y Sáenz-Romero (2017), los bosques de pino en México cubren cerca de 10 millones de hectáreas. Sin embargo, Challenger y Soberon (2008) señalan que solo el 50% se encuentra en buen estado de conservación y el resto presenta algún tipo de deterioro. del-Val y Sáenz-Romero (2017) indican que debido a la sobreexplotación y cambio de uso del suelo, algunas especies de pino están dañadas y requieren protección legal para su conservación.

De acuerdo al Inventario Estatal Forestal y de Suelos (SEMARNAT-CONAFOR, 2013) la cobertura forestal en Chiapas comprendía 4,199,189.39 ha; de esta cifra, los bosques de

coníferas representan el 6.77% de la superficie forestal en el estado.

En Chiapas, las coníferas se distribuyen en la región de la Sierra Madre de Chiapas y en los Altos de Chiapas, donde están representadas en bosques de oyamel, cedro y pino, estos últimos formados principalmente por árboles del género *Pinus*, principalmente por la especie *Pinus oocarpa*, con una amplia distribución en el estado y un rango altitudinal de 300 a 3,000 m (Rzedowski, 2006). Por otro lado, las especies *P. pseudostrobus*, *P. ayacahuite*, *P. strobus* var. *chiapensis* y *P. tenuifolia* forman comunidades en parajes húmedos. Además, las especies de *P. montezumae* y *P. teocote* constituyen bosques en diversas localidades, mientras que las especies *P. rudis* y *P. hartwegii* prevalecen en altitudes superiores a 2,800 m (Miranda, 1952; Rzedowski, 2006).

Los bosques de pino albergan otras comunidades vegetales con un estrato bajo y una extensión limitada, en algunos sitios se desarrollan pequeños manchones de matorrales que cubren el sotobosque; también constituyen el hogar de muchas especies de mamíferos, reptiles, aves y una gran diversidad de artrópodos (Rzedowski, 2006), entre ellos, insectos de importancia económica y ecológica como los escarabajos descortezadores.

#### ESCARABAJOS DESCORTEZADORES

Los escarabajos descortezadores y ambrosiales son insectos que forman parte de la subfamilia Scolytinae (Coleoptera, Curculionidae), miden de 1 a 6 mm de longitud, tienen un cuerpo cilíndrico, antenas y patas muy cortas en relación al cuerpo y sus colores varían de un café oscuro a negro y no presentan otros patrones de coloración (Atkinson, 2017) (Figura 1). Esta subfamilia comprende más de 6,000 especies alrededor del mundo, distribuidas en 257 géneros (Hulcr *et alii*, 2015). Para México se han registrado 1,053 especies distribuidas en 91 géneros, sin embargo, el número de especies podría aumentar considerando que existen áreas que aún no han sido muestreadas de manera sistemática en el país (*e.g.* Atkinson, 2017, 2023). Para Chiapas se han registrado 238 especies de escarabajos de la subfamilia Scolytinae (Equihua y Burgos, 2002; Equihua-Martínez *et alii*, 2011; Pérez-Silva *et alii*, 2020; Aguilar-Castillo, 2022, Atkinson, 2023), lo cual representa cerca del 22% de la fauna de Scolytinae en México.

Desde una perspectiva ecológica, los miembros de Scolytinae comprenden especies de escarabajos con dos diferentes estrategias de alimentación, por un lado están los “escolitinos descortezadores” que se alimentan directamente del floema y

otros tejidos; y los “escolitinos ambrosiales”, quienes presentan una simbiosis con hongos que son cultivados en las paredes de las galerías que construyen en el xilema de las plantas (Hulcr *et alii*, 2007). Los escarabajos descortezadores tienen una función en la dinámica de los bosques templados, la cual consiste en promover el recambio de especies vegetales, permitiendo el establecimiento de otras menos competitivas cuando son eliminadas las especies dominantes (del-Val y Sáenz-Romero, 2017).

Son pocas las especies de insectos descortezadores que por sí mismas pueden causar la mortalidad de árboles, ya que la mayoría de esas especies no matan al árbol hospedero, sino que estos insectos se mantienen en pequeñas poblaciones como agentes de saneamiento natural de los bosques (Cristianse y Bakke, 1988). Sin embargo, existen especies de escarabajos descortezadores que pueden causar un severo daño (Figuras 2 y 3), incluso causando la muerte de las coníferas (Figura 4) (del-Val y Bakke, 2017). Para México se han registrado menos de 20 especies de escarabajos descortezadores que afectan el arbolado de los bosques de coníferas, donde la mayoría de ellas pertenecen al género *Dendroctonus* y otras al género *Ips* (Cibrián-Tovar *et alii*, 1995; Salinas-Moreno *et alii*, 2004; Fonseca *et alii*, 2008).



Figura 2. Fuste de *Pinus oocarpa*. a-c) evidencia del daño provocado por escarabajos descortezadores del género *Dendroctonus*. Fotografías de Gerardo Cruz González.

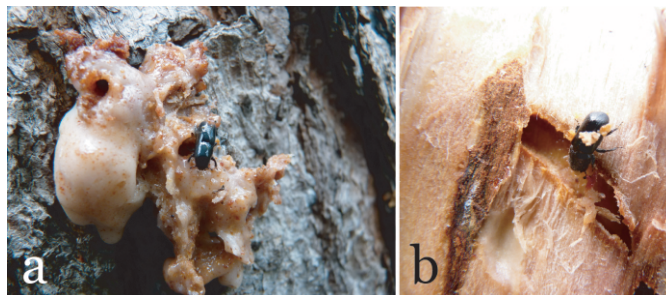


Figura 3. Ataque de escarabajos descortezadores sobre fuste de *Pinus oocarpa*. a) *Dendroctonus* sp. y resinación de pino, b) *Dendroctonus* sp. y sección de galería. Fotografías de Gerardo Cruz González.

### REGISTRO FÓSIL DE ESCARABAJOS DESCORTEZADORES

El registro fósil de escarabajos descortezadores es escaso en comparación con el de otros tipos de insectos. Por un lado, se registró evidencia fósil de perforaciones en la madera de *Ningxiaites specialis*, una conífera que data del Pérmico tardío (254–252 millones de años) de China, que fueron atribuidas a escarabajos barrenadores (Feng *et alii*, 2017). También se han registrado paleobioglifos (trazos producidos por organismos que vivieron en el pasado geológico) en madera fosilizada de Brasil, del Jurásico tardío e inicios del Cretácico (150-145 millones de años), que fueron atribuidos a *Pluriramosus missaovelhensis* (Turman *et alii*, 2021).

El escarabajo descortezador más antiguo es *Cylindrobrotus pectinatus*, descubierto en el ámbar del Líbano, con una antigüedad aproximada de 140-113 millones de años (Kirejtshuk *et alii*, 2009). Los escarabajos descortezadores son bien conocidos en el ámbar del Báltico (40 millones de años) y se han descrito especies fósiles que corresponden a géneros vivientes como *Hylurgops*, *Hylastes*, *Phloeosinus*, *Taphrorychus* y *Trypodendron* (Petrov y Perkovsky, 2008). Por otro lado, se tiene evidencia fósil de una galería construida por escarabajos descortezadores del género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) en madera de pino del género *Larix* (Coniferales: Pinaceae) del Eoceno medio (47 millones de años) en Canadá (Lalondeira *et alii*, 2001). Así mismo, existen especies fósiles de escarabajos ambrosiales registrados para el ámbar de Chiapas (Figura 5) y República Dominicana (15 a 23 millones de años), e.g.: *Cenocephalus succinicaptus*, *C. hurdi*, *C. rhinoceroide*, *C. exquisitus*, *C. quasiexquisitus*, *C. spinatus*, *C. tenuis*, *Tesseroseus simojovelensis* (Peris *et alii*, 2015).





Figura 4. Vista panorámica del daño causado por escarabajos descortezadores en bosque de pino de Chiapas, México. Fotografía de Stoni López Mendoza.

#### LOS BOSQUES DE PINO EN CHIAPAS Y LOS ESCARABAJOS DESCORTEZADORES

En la actualidad, existen 43 especies de árboles de pino registradas para México (Durán y Poloni, 2014), distribuidas en 24 estados de la República (SEMARNAT, 2016), incluyendo Chiapas. El registro fósil indica que los pinos llegaron a territorio mexicano en el Cretácico tardío, hace 90 millones de años, a través de la Sierra Madre Occidental (Sánchez-González, 2008). Posteriormente, durante el Cenozoico medio (c. 30 millones de años) los pinos se dispersaron del oriente de los Estados Unidos a través de la Sierra Madre Oriental (Sánchez-González, 2008). Sánchez-González (2008) menciona que durante este proceso la Faja Volcánica Transmexicana funcionó como punto de contacto entre las especies que se dispersaron a través de la Sierra Madre Occidental y Oriental, para posteriormente funcionar como un centro de diversificación del género *Pinus*. Eguiluz-Piedra (1985) menciona que algunas especies de la Faja Volcánica Transmexicana migraron hacia el sur y arribaron a las montañas de Chiapas a mediados del Cenozoico, para posteriormente migrar hacia Centroamérica. Probablemente en esa época, entre el Oligoceno y Mioceno (27 a 23 millones de años aproximadamente), iniciaría la relación entre especies del género *Pinus* y los escarabajos descortezadores de la subfamilia Scolytinae en Chiapas, sin embargo, a la fecha no se ha encontrado evidencia fósil que respalde esta idea.

La interacción entre escarabajos descortezadores y bos-

ques de pino ha existido desde hace varios millones de años, puesto que esta relación ecológica es necesaria en la regeneración de los bosques, ya que los escarabajos descortezadores son considerados un componente natural en un bosque sano, atacando solo a árboles viejos o enfermos, y así abrir el espacio en el dosel permitirá la regeneración del bosque (Cibrian *et alii*, 1995; Weed *et alii*, 2013; del-Val y Sáenz-Romero, 2017). Por otro lado, Armendáriz-Toledano *et alii* (2018) señalan que solo un número pequeño de especies de escarabajos, que se concentran en los géneros *Conophthorus*, *Dendroctonus*, *Hypothenemus*, *Ips*, *Scolytus* y *Tomicus*, son de importancia económica, ya que tienen la capacidad de colonizar y matar árboles, plántulas y semillas vivas en comunidades naturales o cultivos comerciales.

Los árboles de pino tienen mecanismos de defensa que contrarrestan el ataque de estos insectos, coadyuvados por los depredadores naturales y el clima, ya que los escarabajos descortezadores son muy sensibles a los cambios de temperatura y humedad (Cibrian *et alii*, 1995; Dukes *et alii*, 2009). Sin embargo, las poblaciones de escarabajos descortezadores pueden fluctuar, convirtiéndose en ocasiones en plagas que atacan masivamente a árboles sanos de cualquier edad, provocando mortalidad en extensas áreas boscosas (Dukes *et alii*, 2009). Debido a esto, son de gran interés, especialmente las especies que producen infestaciones recurrentes que afectan a las comunidades vegetales, que en muchos casos son irreversibles, provocando grandes pérdidas económicas en la industria forestal (Armendáriz-Toledano *et alii*, 2018).

Se ha documentado que el ataque de escarabajos descortezadores en bosques de pino suele ser devastador. Por ejemplo, entre 1997–2008, *Dendroctonus poderosae* afectó más de 13 millones de hectáreas de bosques en Canadá (Raffa *et alii*, 2008). En México, las especies de escarabajos descortezadores provocaron la pérdida de aproximadamente 400,000 m<sup>3</sup> de madera por año, entre los años 1975 y 1995 (Cibrián y Cibrián, 1998).

En lo que respecta a Chiapas, los primeros trabajos de saneamiento realizados en bosques de pino, a causa del escarabajo descortezador *D. frontalis*, se reportó en 1980 en el municipio de Motozintla (Álvarez-Zarate com. pers., 2023; Cruz-González, com. pers., 2023). Posteriormente, a través del proyecto de Sanidad Forestal, en coordinación con la Comisión Nacional de Áreas Forestales (CONAFOR), se diagnosticaron y sanearon más de 48,900 ha que fueron afectadas por plagas y enfermedades forestales entre el 2001 y el 2021, siendo los escarabajos descortezadores del género *Dendroctonus* los

principales agentes causales de esta pérdida forestal. Desde el 2005 a la fecha se han detectado y reportado presencia de escarabajos descortezadores de los géneros *Dendroctonus* e *Ips*, los cuales se han convertido en plagas para los bosques de pino en diferentes municipios del Estado. Las áreas recurrentes que han sido afectadas por estos insectos se localizan en los municipios de Altamirano, Las Margaritas, La Independencia, La Trinitaria, Ocosingo, Comitán de Domínguez, San Cristóbal de Las Casas, Teopisca, Amatenango de la Frontera, Bejucal de Ocampo, Motozintla, Jitotol, Bochil, Cintalapa, Jiquipilas, Villaflores, Villa Corzo, Ángel Albino Corzo, La Concordia, Unión Juárez, Cacahoatán y Coapilla.

### ESCARABAJOS DESCORTEZADORES, SALUD FORESTAL Y CAMBIO CLIMÁTICO

En las últimas décadas, la humanidad se ha enfrentado a una crisis medio ambiental, ya que vivimos en un mundo que está a punto de cambiar, probablemente, de manera irreversible (e.g. Halffter y Ezcurra, 1992). La crisis de biodiversidad que hoy se padece tiene similitudes con lo que ocurrió en el pasado, cuando desaparecieron diferentes grupos de organismos (Leakey y Lewin, 1997). Sin embargo, los procesos de extinción que se viven en la actualidad son diferentes a los que antiguamente ocurrieron, pues aquellos fueron provocados por medios naturales, mientras que en la actualidad es el ser humano el principal inductor de estas extinciones (Chapin III *et alii*, 2000; Tellería, 2013).

Las actividades antropogénicas han provocado que la Tierra experimente cambios ambientales, los cuales han tenido una serie de repercusiones en los diferentes ecosistemas (del-Val y Sáenz-Romero, 2017). Por lo que el promedio de la temperatura global del planeta se ha incrementado entre 0.5-1°C, mismos que han promovido diversos fenómenos meteorológicos extremos como tormentas y huracanes (World Meteorological Organization, 2013). Para México, Sáenz-Romero *et alii* (2010) observaron un aumento generalizado de la temperatura en épocas recientes y predicen que para el año 2030 nuestro país experimentará en promedio un aumento de la temperatura de 1.4°C y una disminución de la precipitación de 5.6%. En general, los efectos del cambio climático se ha documentado y su efecto es evidente sobre la flora y fauna en todo el mundo (e.g. Walther *et alii*, 2002; Parmesan y Yohe, 2003; Wilson *et alii*, 2005; Lenoir *et alii*, 2008).

En lo que respecta a los bosques templados, el cambio climático global ha propiciado la disminución de la intensidad de los inviernos, es decir, se ha reducido el número de días con

bajas temperaturas, por lo que estos ecosistemas han sido considerados como uno de los más vulnerables ante este fenómeno (González *et alii*, 2010). Desde una perspectiva biológica, del-Val y Sáenz-Romero (2017) explican que ante estas alteraciones climáticas, el crecimiento de los árboles se extiende por un mayor período de tiempo en las regiones más frías (e.g. Bentz *et alii*, 2010), mientras que los árboles en el límite de distribución altitudinal inferior y latitudinal hacia el Ecuador, se encuentran más estresados por sequía, ocasionando mortalidades masivas por falta de agua (e.g. Allen *et alii*, 2010; Worrall *et alii*, 2013). Las bajas temperaturas regulan las poblaciones de escarabajos descortezadores (e.g. Cibrian *et alii*, 1995; Duker *et alii*, 2009), pero el incremento de la temperatura a nivel mundial, ha favorecido el aumento de las poblaciones de estos insectos, dando como resultado que se conviertan en plagas al expandir sus poblaciones, principalmente las especies del género *Dendroctonus* (e.g. del-Val y Sáenz-Romero, 2017).

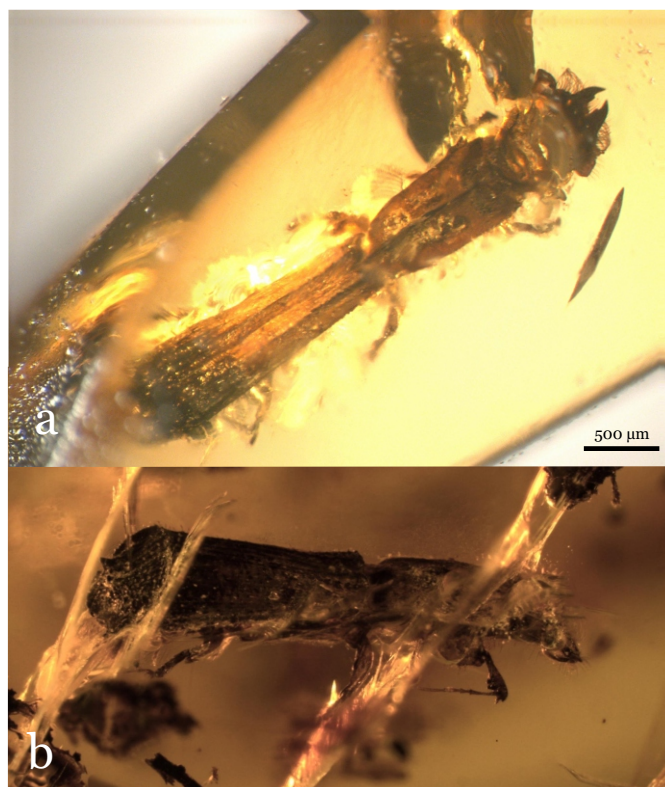


Figura 5. Escarabajos ambrosiales fósiles registrados en el ámbar de Simojovel de Allende, Chiapas, México. a) *Cenocephalus tenuis*; b) *Cenocephalus hurdi*. Fotografías cortesía de Mónica M. Solorzano Kraemer.

En México, las especies de *Dendroctonus* han presentado un amplio rango de distribución altitudinal (Salinas-Moreno *et alii*, 2004). En el Cuadro 1 se enlistan las especies del género *Dendroctonus* registradas para Chiapas y los datos sobre su distribución altitudinal conocida. Sin embargo, los efectos del cambio climático global pueden provocar que estas especies de descortezadores migren y se asienten en otros intervalos latitudinales y altitudinales, amenazando así otras áreas de bosques templados. En Chiapas se ha observado, a través del proyecto de Sanidad Forestal (SEMAHN), que *D. frontalis* presenta un rango de distribución altitudinal desde los 1,300 hasta los 1,700 msnm en los municipios de Ixtapa, Comitán, Las Margaritas, Jitotol, Motozintla, Amatenango y Mazapa de Madero. Sin embargo, en el 2019, esta especie de escarabajo descortezador fue observado en bosques de *Pinus oocarpa* y *P. maximinoi*, en Montebello, municipio de La Trinitaria (Cruz-González obs. pers., 2019). Cabe mencionar que de las especies de *Dendroctonus* registradas, *D. frontalis* es una de las más agresivas y devastadoras en los bosques de pino (Hernández-Paz, 1975).

Cuadro 1. Rango altitudinal y rango altitudinal preferido por cada especie de *Dendroctonus* en Chiapas, México (Armendáriz-Toledano *et alii*, 2018).

Especie	Rango altitudinal (m.s.n.m.)	Rango altitudinal preferido
<i>Dendroctonus adjunctus</i>	1300 - 3940	2500 - 3000
<i>Dendroctonus approximatus</i>	1600 - 3200	1600 - 3200
<i>Dendroctonus frontalis</i>	311 - 2612	1500 - 2000
<i>Dendroctonus mesoamericanus</i>	600 - 2500	2000 - 2500
<i>Dendroctonus valens</i>	800 - 3900	2000 - 2500
<i>Dendroctonus vitei</i>	1000 - 2500	1000 - 1500

## CONCLUSIONES

Desde una perspectiva ecológica, social y comercial, los bosques de pino representan uno de los recursos naturales más importantes para México. Sin embargo, debido a la sobre explotación y cambio del uso de suelo, hay algunas especies que están amenazadas, por lo que requieren protección legal para su conservación. Estos bosques constituyen el hogar de muchas otras especies, entre ellos insectos de importancia ecológica y económica, como los escarabajos descortezadores. La relación entre pinos y escarabajos descortezadores se remonta millones de años atrás, estos insectos han actuado como agentes del saneamiento natural de estos bosques, permitiendo su regeneración. Son pocas las especies que pueden causar un grave daño al arbolado, cuando sus poblaciones fluctúan y en ocasiones se convierten en plagas que atacan

masivamente a árboles sanos. Ante esta situación, los bosques de pino tienen mecanismos de defensa que contrarrestan el ataque de estos insectos, coadyuvados por los depredadores naturales y el clima, ya que las bajas temperaturas regulan las poblaciones de escarabajos descortezadores. Sin embargo, el incremento de la temperatura a nivel mundial, ha favorecido el aumento de las poblaciones de estos insectos para convertirse así en plagas, principalmente las especies del género *Dendroctonus*. De allí la importancia de las acciones fitosanitarias a través de los proyectos de Sanidad Forestal, en donde se verifiquen, diagnostiquen y se señalen las acciones de saneamiento para contribuir a la preservación de los bosques de coníferas.

## AGRADECIMIENTOS

A Luis Rey Álvarez Zarate y Gerardo Cruz González, por la información histórica proporcionada. Al personal técnico de Sanidad Forestal (SEMAHN) por su valioso apoyo con las fotografías e información histórica del proyecto. A Miguel Eduardo José Zambrano por las observaciones hechas al manuscrito. A Mónica M. Solórzano Kraemer (Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum), por las fotografías de escarabajos registrados en el ámbar de Simojovel de Allende, Chiapas. Al revisor anónimo, por las observaciones, comentarios y sugerencias hechas que mejoraron el manuscrito. Esta investigación se llevó a cabo como parte del proyecto "Sanidad Forestal", de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, financiado por el Gobierno del Estado de Chiapas.

## LITERATURA

- Aguilar-Castillo C.E., 2022. Diversidad de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) de la Región Frailesca del estado de Chiapas. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. Tesis de Maestría: 102pp.
- Allen C.D., Macalady A.K., Chenchouni, H., Bachelet D., McDowell M., Vennetier T., Kintzberger A., Rigling D.D., Breshears E.H., Hogg-González P., Fensham R., Zhang J., Castro J., Deminova N., Lin J.H., Allard G., Running S.W., Smeric A. & Cobb N.S. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forest. *Forest Ecology and Management*, 259: 660-684. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>
- Atkinson T., 2017. Familia Curculionidae: Scolytinae, en: Cibrián D (ed.). *Fundamentos de Entomología Forestal*. Redes temáticas de la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT): 269-276.
- Atkinson T.H., 2023. Bark and ambrosia beetles of the Americas (en línea). <<http://www.barkbetetles.info>>, consulta: 16 de marzo de 2023.
- Atkinson T.H. & Equihua A.M., 1985. Notes on biology and distribution of Mexican and Central American Scolytidae (Coleoptera). II. Scolytinae: Cryphalini and Corthylini. *The Coleopterists Bulletin*, 39(4):355-363.
- Armendáriz-Toledano F., Zuñiga G., García-Román L.J., Valerio-Mendoza O. & García-Navarrete P.G., 2018. Guía ilustrada para identificar a las especies



- del género *Dendroctonus* presentes en México y Centroamérica. Instituto Politécnico Nacional (IPN), Ciudad de México, México: 116 pp.
- Bentz B.J., Régnière J., Fetting C.J., Hansen E.M., Hayes J.L., Hicke J.A., Kelsey R.G., Negrón J.F. & Seybold S.J., 2010. Climate change and bark beetles of the western of United States and Canada: Direct and indirect effects. *Bio-Science*, 60:602-613.
- Callicot J.B., Crowder J.B. & Mumford K., 1999. Current normative concepts in conservation. *Conservation Biology*, 13:22-35. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97333.x>
- Castello J. & Teale S., 2011. Forest health: An integrated perspective. UK: Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511974977>
- Challenger A. & Soberón J., 2008. Los ecosistemas terrestres, en: CONABIO (ed.). *Capital Natural de México, vol. 1*. Conocimiento actual de la Biodiversidad, CONABIO: 87-108.
- Chapin III F.S., Zavaleta E.S., Eviner V.T., Naylor R.L., Vitousek P.M., Reynolds H. L., Hooper D.U., Lavelle S., Sala O.E., Hobbie S.E., Mack M.C. & Díaz S., 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405: 234-242. DOI: <https://doi.org/10.1038/35012241>
- Cibrián T.J., & Cibrián T. D., 1998. Las plagas y enfermedades de los bosques de México, en: Memoria del Ciclo de Conferencias: El Sector Forestal de México, Avances y perspectivas. México, D.F: 19-23.
- Cibrián T.D., Méndez J.T., Campos R., Yates III O. & Flores J., 1995. *Insectos Forestales de México-Forest Insects of Mexico*. Universidad Autónoma de Chapingo, México: 485pp.
- Comisión Nacional Para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), 2013. Capital Natural de Chiapas, visión estratégica para su conservación y uso sustentable. Boletín de prensa, CONABIO, No. 132:1-3.
- Cristianse E. & Bakke A., 1988. The Spruce bark beetle of Eurasia, en: Berryman A.A. (ed.), *Dynamics of forest insects population. Population Ecology*. Springer, Boston, Massachusetts, USA: 479-503.
- del-Val E. & Sáenz-Romero C., 2017. Insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) y cambio climático: problemática actual y perspectivas en los bosques templados. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 20(2): 53-60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.04.006>
- Dukes J.S., Ponitus J., Orwig D., Garnas J.R., Rodgers V.L., Brazeel N., Cooke B., Theoharides K.A., Stange E.E., Harrington R. Ehrendfel J., Gurevitch J., Lerdau M.M., Sitinson K., Wick R. & Ayres M., 2009. Responses of insect pests, pathogens, and invasive plant species to climate change in the forest of northeastern North America: What can we predict? *Canadian Journal of Forest Research*, 39(2): 231-248. DOI: <https://doi.org/10.1139/X08-171>
- Durán E. & Poloni A., 2014. Escarabajos descoerzadores: diversidad y saneamientos en bosques de Oaxaca. *Biodiversitas*, 117: 7-12.
- Eguiluz-Piedra T., 1985. Origen y evolución del género *Pinus* (con referencia especial a los pinos mexicanos). *Dasonomía Mexicana*, 6: 5-31.
- Equihua M.A. & Burgos S.A., 2002. Scolytidae, en: Llorente J. & Monrrone J.J. (eds.), *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Volumen III*. CONABIO-IBUNAM, México: 539-557.
- Equihua-Martínez A., Estrada-Venegas E.G. & Burgos-Sólorio A., 2011. Descortezadores y barrenadores (Insecta: Coleoptera: Scolytidae), en: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (ed.). *La biodiversidad de Veracruz: Estudio de Estado. Gobierno del Estado de Veracruz*, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México: 383-390.
- Feng Z., Wang J., Rößler R., Ślipiński A. & Labandeira C., 2017. Late Permian wood-borings reveal an intricate network of ecological relationships. *Nature Communications*, 8(556): 1-6. DOI:10.1038/s41467-017-00696-0
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe Nacional México. FRA 2010/132, FAO, Roma.
- Fonseca G.J., de Los Santos-Posada H., Llanderal C.C., Cibrián-Tovar D., Rodríguez T.D. & Vargas, H.G., 2008. *Ips* e insectos barrenadores en árboles de *Pinus montezumae* dañados por incendios. *Madera y bosques*, 14:69-80.
- García A.A. & González M. S., 2003. *Pináceas de Durango*. Instituto de Ecología A.C., Comisión Nacional Forestal, México: 187 pp.
- González P., Neilson R.P., Lenihan J.M. & Drake R.J., 2010. Global patterns in the vulnerability of ecosystems to vegetation shifts due to climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 19(6):1-14. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00558.x>
- Halffter G. & Ezcurra E., 1992. ¿Qué es la biodiversidad?, en: Halffter G. (ed.), *La diversidad biológica de Iberoamérica I*. Acta Zoológica Mexicana. Volumen Especial. México: 4.
- Hernández Paz M., 1975. El gorgojo de la corteza, plaga de los pinares. *Dendroctonus frontalis* Zimm (Coleoptera: Scolytidae). *COHDEFOR (Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal)*, 1: 1-3.
- Hulcr J., Mogia M., Isua B. & Novotny V., 2007. Host specificity of ambrosia and bark beetles (Col., Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae) in a New Guinea rainforest. *Ecological Entomology*, 32:762-772. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2007.00939.x>
- Hulcr J., Atkinson T.H., Cognato A.I., Jordal B.H. & McKenna D.D., 2015. Morphology, taxonomy and phylogenetics of Bark beetles, en: Vega F.E. & Hofstetter R.W. (eds.). *Bark Beetles. Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Academic Press, London: 41-84. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00002-2>
- Kirejtshuk A.G., Azar D., Beaver R.A., Mandelshtam M.Y. & Nel A., 2009. The most ancient bark beetle known: a new tribe, genus and species from Labanese amber (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae). *Systematic Entomology*, 34: 101-112. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2008.00442.x>
- Labandeira C.C., Le Page B.A. & Johnson A.H., 2001. A *Dendroctonus* bark engraving (Coleoptera: Scolytidae) from a middle Eocene Larix (Coniales: Pinaceae): Early or delayed colonization? *American Journal of Botany*, 88(11): 2026-2039. DOI: <https://doi.org/10.2307/3558429>
- Leakey R. & Lewin R., 1997. *La sexta extinción: el futuro de la vida y de la humanidad*. Tusquets Editores S.A. Barcelona, España: 177 pp.
- Lenoir J., Gégout J.C., Marquet P., de Ruffray P., & Brisse H., 2008. A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science*, 320(5884): 1768-1771. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1156831>
- Margalef R., 1980. *La Biosfera. Entre la termodinámica y el juego*. Editorial Omega, Barcelona, España: 236 pp.
- Miranda F., 1952. *La Vegetación de Chiapas*, Vol. I y II. Ediciones del Gobierno del Estado, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México: 600 pp.
- Parmesan C., & Yohe G., 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421:37-42. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature01286>
- Pérez S.M., Equihua M.A., Romero N.J., Segura L.O.L., Atkinson T.H., López-Buenfil J.A. & Chamé-Vázquez E.R., 2020. New distribution and host plant records of Xyleborini (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Mexico. *The Coleopterists Bulletin*, 74(4): 860-868.

- Peris D., Solórzano-Kraemer M.M., Peñalver E. & Delclòs X., 2015. New ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae) from Miocene Mexican and Dominican ambers and their paleobiogeographical implications. *Organisms Diversity and Evolution*, 15:527-542. DOI: 10.1007/s13127-015-0213-y
- Perry J.P. Jr., 1991. *The pines of México and Central America*. Timber Press. Portland, Oregon, USA: 231 pp.
- Petrov A.V. & Perkovsky E.E., 2008. New species of bark beetles from the Rovno amber (Insecta: Coleoptera: Scolytidae). *Paleontological Journal*, 42(4): 406-408. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0031030108040096>
- Raffa K.F., Aukema B.A., Bentz B.J., Carroll A.L., Hicke J.A., Turner M.G. & Romme W.H., 2008. Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: The dynamics of bark beetle eruptions. *BioScience*, 58(6): 501-517. DOI: <https://doi.org/10.1641/B580607>
- Ramamorthy T.P., Bye R., Lot A. & Fa J., 1998. Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución. *Ciencias*, 51: 62-63.
- Ramírez-Herrera C., Vargas-Hernández J.J. & López-Upton J., 2005. Distribución y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii*. *Acta Botánica Mexicana*, 72: 1-16. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm72.2005.997>
- Rzedowski J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*, 14:3-21. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm14.1991.611>
- Rzedowski J., 2006. Vegetación de México (en línea). 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, <[https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx\\_Cont.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf)>, consulta: 26 de mayo 2023.
- Salinas-Moreno Y., Mendoza M.G., Barrios M.A., Cisneros R., Macías-Sámano J. & Zúñiga G., 2004. Areography of the genus *Dentroctonus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Mexico. *Journal of Biogeography*, 31: 1163-1177. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01110.x>
- Sánchez-González, A., 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y Bosques*, 14(1): 107-120.
- SEMARNAT-CONAFOR, 2013. *Inventario Estatal Forestal y de Suelos, Chiapas-2013*. SEMARNAT-CONAFOR, México: 200 pp.
- SEMARNAT, 2016. Anuarios Estadísticos de la Producción Forestal. México, D.F., México (en línea). <<https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>>, consulta: 19 de marzo de 2023.
- SEMARNAT, 2018. Bosques templados de México, riqueza forestal y belleza escénica. <<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/bosques-templados-de-mexico-riqueza-forestal-y-belleza-escenica>>, consulta: 20 de marzo 2023.
- Tellería J.L., 2013. Pérdida de biodiversidad. Causas y consecuencias de la desaparición de las especies. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 10:13-25.
- Turman V.Q.P., Peixoto B. de C.P.M., Marinho T. da S. & Fernandes M.A., 2021. A new trace fósil produced by insects in fossil wood of Late Jurassic-Early Cretaceous Missão Velha Formation, Araripe Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 109:103266. DOI:10.1016/j.jsames.2021.103266
- Walther G.R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee T.J.C., Fromentin J.M., Hoegh-Guldberg O. & Barilein F., 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416: 389-395. DOI: <https://doi.org/10.1038/416389a>
- Weed A.S., Aires M.P. & Hicke J.A., 2013. Consequences of climate change for biotic disturbances in North America forest. *Ecological Monograph*, 83: 441-470. DOI: <https://doi.org/10.1890/13-0160.1>
- World Meteorological Organization, 2013. The Global Climate 2001-2010; a decade of climate extremes; summary report. World Meteorological Organization, Génova, Suiza. <<https://public.wmo.int/en>>, consulta: 22 de mayo de 2023.
- Wilson R.J., Gutiérrez J., Martínez D., Agudo R. & Monserrat V.J., 2005. Changes to the elevational limits and extent of species ranges associated with climate change. *Ecology Letters*, 8: 1138-1146. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00824.x>
- Worrall J.J., Rehfeldt G.E., Hamann A., Hogg E.H., Marchetti S.B., Michaelian M. & Gray L.K., 2013. Recent declines of *Populus tremuloides* in North America linked to climate. *Forrest Ecology and Management*, 29:35-51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.033>

Recibido: 07 de junio de 2023  
Aceptado: 20 de septiembre de 2023