



# ACEITES ESENCIALES ¿UNA ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DEL ESCARABAJO DESCORTEZADOR?

Luis Mario Ayala-Guerrero, Daniel Jafet Valle-Ortíz, Brandon Hernández-Gutiérrez, Dolores Guadalupe Aguilar-Muñoz, Fabiola Eloísa Jiménez-Montejo, María del Carmen Cruz-López, Aarón Mendieta-Moctezuma

Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada. Instituto Politécnico Nacional. Carretera Estatal Santa Inés Tecuexcomac-Tepetitla, Km 1.5, Tepetitla de Lardizábal, 90700, Tlaxcala, México.  
Correo electrónico: luis.marioni.a@gmail.com, mendietam@ipn.mx

## RESUMEN

Los insectos descortezadores son una plaga de importancia nacional en México, siendo el segundo agente de mayor disturbio en bosques de clima templado. Los principales brotes de descortezadores se han presentado en la Faja Volcánica Transmexicana, zona con una amplia diversidad de especies de *Pinus*, tales como *Pinus leiophylla*, *Pinus oo-carpa*, *Pinus montezumae* y *Pinus hartwegii*, las cuales son especies susceptibles al ataque de este insecto. El método más común para controlar los brotes de escarabajos descortezadores es mediante el uso de insecticidas sintéticos de amplio espectro llamados piretroides, los cuales pueden acumularse en el suelo y alcanzar los depósitos de agua a través de la escorrentía, afectando a otros organismos. La búsqueda de compuestos naturales para el control biológico de plagas se ha enfocado en explorar alternativas que representen un menor riesgo para los humanos y el ambiente. Los aceites esenciales (AE) cuentan con el potencial para controlar este tipo de plagas, ya que son sustancias de origen vegetal cuyas mezclas de metabolitos secundarios volátiles forman parte de la defensa química de las plantas al poseer actividad insecticida.

## ABSTRACT

Barking insects are a pest of national importance in Mexico, being the second most disturbing agent in temperate climate forests. The main outbreaks of bark beetles have occurred in the Faja Volcánica Transmexicana, an area with a wide diversity of *Pinus* species, such as *Pinus leiophylla*, *Pinus oocarpa*, *Pinus montezumae* and *Pinus hartwegii*, which are species susceptible to attack by this insect. The most common method of controlling bark beetle outbreaks is through the use of broad-spectrum synthetic insecticides called pyrethroids, which can accumulate in the soil and reach water bodies through run-off, affecting other organisms. The search for natural compounds for the biological control of pests has focused on exploring alternatives that represent less risk to humans and the environment. Essential oils (EO) have the potential to control this type of pest, since they are substances of plant origin whose volatile secondary metabolite mixtures are part of the chemical defense of plants, as they have insecticidal activity.

Palabras clave: *Dendroctonus* sp., aceites esenciales, actividad biológica, inhibición de acetilcolinesterasa.

Keywords: *Dendroctonus* sp., essential oils, biological activity, acetylcholinesterase inhibition.

## I. INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Pinus* son uno de los componentes vegetales más importantes en los bosques templados de

México, ya que se encuentran en el 75 % de la superficie del país y son un recurso forestal de gran valor ecológico y económico, debido a los servicios ambientales y productos que ofrecen, tales como madera, celulosa, resina, carbón vegetal, entre otros (López y Flores 2020). México es un centro secundario de diversificación del género *Pinus*, con 49 (40 %) de las aproximadamente 120 especies en el mundo (Gernandt y Pérez 2014). Las afectaciones a estos bosques pueden ser antropogénicas o naturales, estas últimas incluyen incendios, sequías, especies invasoras, plagas y enfermedades forestales (Dale et al. 2001). Los escarabajos descortezadores del género *Dendroctonus* juegan un papel fundamental en la estructura de los bosques de coníferas, ya que colonizan y matan árboles enfermos, dañados y debilitados, contribuyendo a la sucesión de la población, al ciclo de nutrientes y al adelgazamiento del dosel (Raffa et al. 2015). En México, el 40.5 % de los reportes de fitopatógenos en bosques de coníferas están relacionados con descortezadores del género *Dendroctonus*, los cuales afectaron 69,000 hectáreas (ha) entre 1990 y 2014 (Sosa Díaz et al. 2018). Para el año 2021 la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) reportó una superficie afectada de 52,164.37 ha, de las cuales 13,840.46 ha correspondieron a disturbios causados por insectos descortezadores (Tabla 1).

Tabla 1. Superficie afectada (ha) por descortezadores en 2021.

Estado	Superficie afectada (ha)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Porcentaje*
Oaxaca	1,968	286,276	14.22
Tlaxcala	1,591	85,420	11.49
Ciudad de México	86	3,549	0.62
Michoacán y Estado de México (RB Mariposa Monarca)	147	22,018	1.06

\*Porcentaje de afectación con respecto al total afectado a nivel nacional por insectos descortezadores: 13,840.46 ha. Fuente: Coordinación General de Conservación y Restauración; Gerencia de Sanidad Forestal de la CONAFOR 2021.

La Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2017 establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores. En esta norma se contempla la aplicación de sustancias químicas insecticidas mediante aspersión o fumigación, sin embargo, el uso generalizado de insecticidas sintéticos ha generado serias preocupaciones respecto a la resistencia de los insectos, residuos generados y el impacto negativo al ambiente. Como consecuencia, el desarrollo de insecticidas naturales y no persistentes es prioritario. Los AE cuentan con propiedades ecotoxicológicas favorables, que incluyen baja toxicidad para los humanos, biodegradabilidad y menor impacto ambiental (Azeem et al. 2022). Por lo que este tipo de compuestos pueden ser efectivos en el control de plagas debido a sus propiedades fumigantes, repelentes y antialimentarias (Isman et al. 2019).

## II. ESCARABAJO DESCORTEZADOR

Los escarabajos descortezadores que integran los géneros *Dendroctonus*, *Ips*, *Pseudips*, *Orthotomicus*, *Pityophthorus*, *Pseudopityophthorus*, *Phloeosinus*, *Scolytus*, entre otros, son un grupo diverso de insectos con distribución a nivel mundial. La mayoría de las especies de escarabajos descortezadores atacan árboles debilitados por la edad, sequía, fuego, enfermedades o daño mecánico, por lo que generalmente el ciclo reproductivo de estos insectos se lleva a cabo en árboles muertos, desempeñando funciones primordiales en la dinámica de los bosques templados. Sin embargo, algunas especies pueden atacar en forma masiva árboles vivos y aparentemente sanos, lo cual provoca pérdidas económicas de gran magnitud para los productores. Los árboles objetivo pueden ser atacados en diferentes estructuras como la raíz o el tronco principal, pudiendo afectar hospederos en distintas etapas de desarrollo, tanto a renuevos como a árboles adultos (Figura 1).

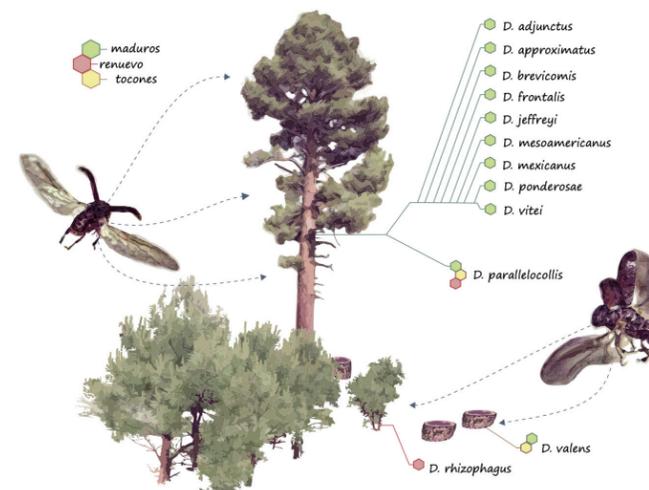


Figura 1. Preferencias de colonización de las especies de *Dendroctonus* que habitan México y Centroamérica. Árboles mayores a 3 metros de altura, renuevos y tocones (Armendáriz-Toledano et al., 2018).

Las especies del género *Dendroctonus*, son los agentes que causan el mayor daño a los bosques de coníferas de alto valor comercial como *Pinus* sp., *Abies* sp. y *Picea* sp. en el hemisferio norte. Estos daños se miden en términos económicos de acuerdo a la superficie afectada por los insectos, la tasa de mortalidad de los hospederos y el impacto económico en la población dependiente de los recursos forestales (Morris et al. 2017).

Los insectos descortezadores pasan la mayor parte de su vida dentro de su planta huésped o en sitios de hibernación. Su ciclo de vida se puede dividir en tres fases principales: la fase de dispersión, la fase de colonización y la fase de desarrollo. Durante la fase de dispersión, la nueva generación emerge del árbol atacado o del sitio de hibernación y vuela hacia un nuevo árbol. La fase de colonización incluye la selección del huésped y la perforación de la corteza. La colonización de árboles comienza cuando un escarabajo aterriza y penetra

la corteza de un árbol que aún no ha sido atacado. Estos escarabajos llamados pioneros deben evaluar la capacidad de defensa y la calidad nutricional del árbol. Dentro de la corteza, los pioneros emiten feromonas que atraen a más insectos, este proceso es conocido como atracción secundaria. La fase de desarrollo ocurre dentro de la corteza e incluye el apareamiento, la construcción de galerías, la oviposición y el desarrollo de las crías. La capacidad de los escarabajos para matar árboles relativamente saludables radica principalmente en la efectividad de las feromonas de agregación que coordinan veloces ataques masivos en árboles hospederos, así como en la asociación de los insectos con organismos simbióticos que pueden ayudar a contrarrestar las defensas de los árboles y así aumentar el impacto de cada ataque (Raffa et al. 2015).

De las 14 especies del género *Dendroctonus* reportadas en México, *Dendroctonus adjunctus*, *Dendroctonus frontalis*, *Dendroctonus mesoamericanus*, *Dendroctonus mexicanus*, *Dendroctonus ponderosae*, *Dendroctonus pseudotsugae* y *Dendroctonus rhizophagus* se consideran las especies más importantes, al encontrarse catalogadas como especies agresivas que pueden tornarse en plagas (Figura 2). Cabe mencionar que *D. mexicanus* y *D. frontalis* pueden llegar a tener hasta 6 y 7 ciclos biológicos anuales respectivamente (Armendáriz et al. 2014).

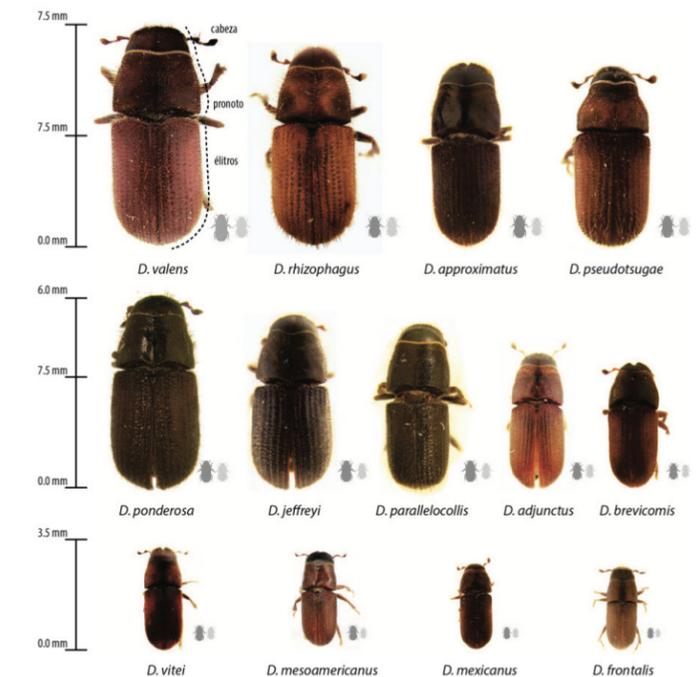


Figura 2. Vista dorsal de las 13 especies de *Dendroctonus* distribuidas en México y Centroamérica (Armendáriz-Toledano et al., 2018).

## III. EL CAMBIO CLIMÁTICO: UN ALIADO DEL ESCARABAJO

El clima en el mundo se ha modificado como resultado del aumento en la temperatura promedio global durante

los últimos 100 años. La excesiva acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera está provocando estos cambios. Evidencia de ello es el aumento de 0.87 °C en la temperatura, que se ha registrado en el periodo de 2006 a 2015. De continuar con esta tendencia, se podrían alcanzar los 1.5 °C para el año 2040 (Allen et al. 2018).

La magnitud, frecuencia e intensidad de los brotes de descortezadores puede darse por efectos directos o indirectos del clima. La variación en la temperatura se considera un factor importante en el aumento de la abundancia y en la dinámica poblacional de los descortezadores a lo largo del año (Hart et al. 2014). Con un incremento de 1.6 °C en la temperatura, los descortezadores podrían aumentar el número de generaciones por año, por lo que podrían ampliar su distribución y podrían ubicarse en mayores latitudes y altitudes (Pureswaran et al. 2018).

Cuando los árboles se encuentran sanos y vigorosos, sus mecanismos de defensa generalmente contribuyen a regular las poblaciones de escarabajos descortezadores, manteniendo los niveles bajos y endémicos. Sin embargo, los factores de perturbación bióticos y abióticos pueden estresar a los árboles y aumentar su susceptibilidad al ataque. Las perturbaciones que pueden inducir la susceptibilidad de los árboles y desencadenar brotes de escarabajos descortezadores incluyen sequías severas, daños por tormentas, inundaciones, rayos, defoliación y enfermedades (Raffa et al. 2015), lo cual puede permitir que menos escarabajos sean capaces de atacar, abrumar y matar a los potenciales huéspedes, favoreciendo indirectamente el éxito de la población (Anderegg et al. 2015). La precipitación es un factor climático muy importante, ya que además de condicionar la susceptibilidad de los árboles para ser atacados, puede interrumpir el ciclo de vida y la supervivencia de los escarabajos descortezadores durante el proceso de dispersión (Raffa et al. 2015). Otro factor importante es el manejo del bosque, ya que las prácticas silvícolas inadecuadas o la falta de éstas en la regulación de la densidad y el área basal, incrementa la competencia por nutrientes y luz, provocando estrés en el arbolado y haciéndolo más susceptible al ataque de plagas (Axelson et al. 2018).

En México, Soto et al. (2019) determinaron que existe una relación entre las variables climáticas como la temperatura e índice de aridez asociados a la altitud, mismas que influyen en la abundancia de escarabajos descortezadores de *Dendroctonus frontalis* en los bosques de pino-encino en la Sierra de Zimapán en el estado de Hidalgo, México.

### III. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE ACEITES ESENCIALES

Los métodos para controlar el escarabajo descortezador comprenden el control químico, biológico, físico o una

combinación de estos. En México es frecuente el uso de insecticidas sintéticos como los piretroides, los cuales se emplean para controlar dicha plaga, sin embargo, se ha demostrado que este tipo de insecticidas pueden bioacumularse en mamíferos marinos y humanos (Aznar-Alemán y Eljarrat 2020), esto a pesar de sus ventajas respecto al uso de otros insecticidas químicos como organofosforados. Los productos naturales se caracterizan por tener una gama de propiedades biológicas útiles contra las plagas de insectos. La búsqueda de compuestos de origen natural con potencial para controlar plagas continúa, en un intento por encontrar alternativas que representen menor riesgo para los humanos y el ambiente, en relación a los pesticidas convencionales existentes. Los AE son productos derivados de plantas aromáticas que contienen alrededor de 20 a 60 componentes en diferentes concentraciones. Sus constituyentes más comunes son los terpenos, compuestos aromáticos y alifáticos, especialmente alcoholes, ésteres, éteres, aldehídos, cetonas, lactonas, fenoles y fenoléteres (Bakkali et al. 2008). Los AE se encuentran bajo especial investigación por su amplio espectro de propiedades para el control de plagas, pues se ha demostrado que poseen actividad insecticida (Odeyemi et al. 2008). Las investigaciones se han enfocado en evaluar efecto insecticida de los AE sobre plagas de interés agroindustrial como *Sitophilus zeamais*, *Plodia interpunctella*, *Sitophilus oryzae* y *Tribolium castaneum*. Sin embargo, actualmente existe interés en evaluar la actividad insecticida de los terpenos contenidos en los AE respecto a los escarabajos descortezadores (Tabla 2). Gokturk et al. (2011) reportaron la eficacia de los AE de *Artemisia spicigera*, *Helichrysum plicatum*, *Mentha longifolia*, *Origanum acutidens*, *Rosmarinus officinalis* y *Salvia multicaulis* con hasta un 73.3 % de mortalidad en larvas de *Dendroctonus micans*.

Tabla 2. Efecto inhibitorio de terpenos respecto a acetilcolinesterasa en ensayos in vitro.

Compuesto	IC <sub>50</sub> (µM)
β-Linalol	150.47 ± 0.001
1,8-Cineol	2.27 ± 0.13
Eugenol	40.32 ± 2.44
Alcanfor	21.43 ± 1.77

Los resultados se expresan como media ± error estándar, (n=3).  
Fuente: Farag et al., 2016.

Por su parte, Mudrončková et al. (2018) reportaron el efecto de los AE de *Origanum vulgare*, *Thymus vulgaris* y *Pimpinella anisum* sobre *Ips typographus*, obteniendo niveles de mortalidad de 99, 98 y 78 % respectivamente. Es evidente que este tipo de compuestos de origen vegetal cuentan con potencial para el desarrollo de nuevos agentes para el control de insectos descortezadores. La formulación, evaluación y aplicación de AE como insecticida en los procesos de saneamiento forestal, puede representar una estrategia que permita reemplazar o reducir el uso de insecticidas sintéticos y sus consecuentes afectaciones al

ambiente (Figura 3). La actividad insecticida de los AE se lleva a cabo mediante una alteración al sistema colinérgico del insecto, a través de la inhibición de las enzimas acetilcolinesterasa (AChE) y butirilcolinesterasa (BChE) (López y Pascual-Villalobos 2010); aunque existen otros mecanismos de acción tales como efectos sobre el ácido gamma aminobutírico (GABA), sistemas mitocondriales, octopaminérgicos y alteraciones hormonales (Rattan 2010).

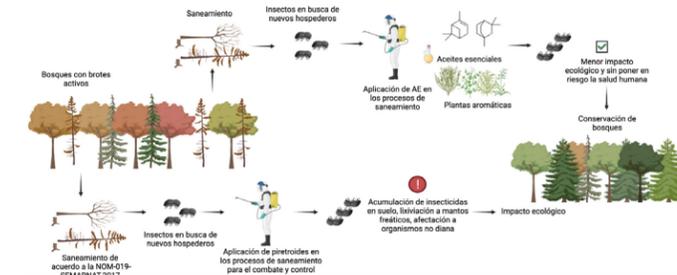


Figura 3. Propuesta de aplicación de aceites esenciales en el combate y control de *Dendroctonus* en el proceso de saneamiento.

## IV. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Los insectos descortezadores son fundamentales en la estructura y dinámica de los bosques templados, sin embargo, la capacidad de algunas especies del género *Dendroctonus* para atacar de forma masiva árboles vivos y desarrollar brotes epidémicos, genera que estos insectos tengan una importancia económica y ecológica. Aunque el uso de insecticidas sintéticos para el combate de descortezadores se encuentra respaldado en la NOM-019-SEMARNAT-2017, es primordial desarrollar estrategias para el control de plagas basadas en el uso de derivados de plantas con un menor impacto al ambiente. En este sentido, **los AE pueden representar una opción como potencial agente insecticida frente a especies del género *Dendroctonus***. La aplicación de la fórmula a base del aceite esencial, podría realizarse durante el proceso de saneamiento de brotes activos de acuerdo a la normatividad, reemplazando el uso de insecticidas sintéticos después del derribo y descortezado del árbol infestado. **Es importante impulsar investigación aplicada que permita materializar y llevar a campo estas alternativas para atender oportunamente esta problemática.**

## V. REFERENCIAS

Allen R, Dube P, Solecki W, Aragón-Durand F, Cramer W, Humphreys S, Kainuma M, Kala J, Mahowald N, Mulugetta Y, Perez R, Wairiu M, Zickfeld K (2018) Framing and Context. In: IPCC (2018) Masson-Delmotte, V. et al (Eds) Global warming of 1.5 °C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and

related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Cambridge: Cambridge University Press.

Anderegg L, Hicke A, Fisher A, Allen D, Aukema J, Bentz J (2015) Tree mortality from drought, insects and their interactions in a changing climate. *New Phytologist* 208: 674–683.

Armendáriz-Toledano F, Zúñiga G, García-Román J, Valerio-Mendoza O, García-Navarrete G (2018) Guía ilustrada para identificar a las especies del género *Dendroctonus* presentes en México y Centroamérica. Red Temática de Salud Forestal; Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología; Instituto Politécnico Nacional, México. 114 p.

Armendáriz-Toledano F, Niño A, Sullivan T, Macías S, Víctor J, Clarke R, Zúñiga G (2014) Two species within *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae): evidence from morphological, karyological, molecular, and crossing studies. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 107: 11–27.

Axelson N, Hawkes C, Van Akker L, Alfaro I (2018) Stand dynamics and the mountain pine beetle - 30 years of forest change in Waterton Lakes National Park, Alberta, Canada. *Can. J. For. Res.* 48(10): 1159–1170.

Azeem M, Zaman T, Abbasi M, Abid M, Mozūratī R, Alwahibi S, Elshikh S (2022) Pesticidal potential of some wild plant essential oils against grain pests *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) and *Aspergillus flavus* (Link, 1809). *Arab. J. Chem.* 15, 103482.

Aznar-Alemán Ò, Eljarrat E (2020) Bioavailability and bioaccumulation of pyrethroid insecticides in wildlife and humans. In: *The Handbook of Environmental Chemistry*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 1–21.

Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M (2008) Biological effects of essential oils. A review. *Food Chem. Toxicol.* 2008, 46: 446–475

Bentz B, Régnière J, Fettig J, Hansen M, Hayes L, Hicke A, Kelsey G, Negrón F, Seybold J (2010) Climate change and bark beetles of the western United States and Canada: direct and indirect effects. *BioScience*, 60(8): 602–613

Dale H, Joyce A, McNulty S, Neilson P, Ayres P, Flannigan D, Wotton M (2001) Climate change and forest disturbances: Climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides. *BioScience* 51(9): 723–734

Farag, M, Ezzat S, Salama, M, Tadros M, Serya R (2016) Anti-acetylcholinesterase activity of essential oils and their major constituents from four *Ocimum* species. *Z. Naturforschung., C, J. Biosci.* 71(11–12): 393–402.

Gernandt S, Pérez R (2014) Biodiversidad de pinophyta (coníferas) en México. Rev. Mex. Biodivers. 85: 126-133.

Gokturk T, Kordali S, Calmasur O, Tozlu G (2011) Insecticidal effects of essential plant oils against larvae of great spruce bark beetle, *Dendroctonus micans* (Kugelann) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Fres Environ. Bull. pp. 2365-2370

Hart J, Veblen T, Eisenhart S, Jarvis D, Kulakowski D (2014) Drought induces spruce beetle (*Dendroctonus rufipennis*) outbreaks across northwestern Colorado. Ecology, 95: 930-939

Isman MB (2008) Perspective, botanical insecticides: for richer, for poorer Pest. Manage. Sci. 64: 8-11

López G, Flores A (2020) Importancia económica del pino (*Pinus* sp.) como recurso natural en México. Rev. Mex. Cienc. Forestales 11(60): 161-185.

Lopez D, Pascual-Villalobos J (2010) Mode of inhibition of acetylcholinesterase by mono-terpenoids and implications for pest control. Ind. Crops Prod. 31: 284-288

Morris L, Cottrell S, Fettig J, Hansen D, Sherriff L, Carter A, Clear L, Clement J, Deroose J, Hicke A, Higuera E, Mattor M, Seddon W, Seppä T, Stednick D, Seybold J (2017) Managing bark beetle impacts on ecosystems and society: Priority questions to motivate future research. J. Appl. Ecol. 54: 750-760.

Mudrončeková S, Ferenčík J, Gruřová D, Barta M (2019) Insecticidal and repellent effects of plant essential oils against *Ips typographus*. J. Pest. Sci. 92, 595-608.

Odeyemi O, Masika P, Afolayan J (2008) Insecticidal activities of essential oil from the leaves of *Mentha longifolia* L. Sub sp. capensis against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae). Afr. Entomo. 16(2): 220-225

Pureswaran S, Roques A, Battisti A (2018) Forest insects and climate change. Curr. Forestry Rep. 4(2): 35-50

Raffa F, Gregoire C, Lindgren S (2015) Natural history and ecology of bark beetles. In: Vega FE, Hofstetter RW Bark Beetles Biology and Ecology of Native and Invasive Species. Elsevier/Academic Press; London, UK. pp. 1-40.

Rattan S (2010) Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. Crop Protect., 29(9): 913-920

Sosa-Díaz L, Méndez G, García A, Cambrón H, Villareal A, Ruiz G (2018) Distribución potencial de barrenadores, defoliadores, descortezadores y muérdagos en bosques de coníferas de México. Rev. Mex. Cienc. Forestales 9: 187-208

Soto-Correa C, Avilés-Carrillo I, Giron-Gutiérrez D, Cambrón-Sandoval H (2019) Abundancia altitudinal de *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae) en relación a variables climáticas en Hidalgo, México. Rev. Biol. Trop. 67(3): 370-379

