

El cambio climático y su impacto en los escarabajos longicornios (Coleoptera: Cerambycidae)

Orthon R. Vargas-Cardoso^{1,2*} , Victor Rivelino Juárez-González^{3,4**} ,
Jorge I. Nestor-Arriola⁵ , Jessica M. Sosa-Armenta⁶ 

¹Escuela de ingeniería y ciencias, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), campus Cuernavaca, Morelos, México. CP: 62790. ²Escuela de estudios superiores Jicarero, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Jojutla, Morelos, México. CP: 62915.

³Dirección de Posgrado en Ciencias en Biotecnología, Universidad Politécnica del Estado de Morelos, Jiutepec, Morelos, México. CP.62550. ⁴Departamento de Medicina Molecular y Bioprocesos, Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 2001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. México. CP: 62210. ⁵Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad #1001. Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. CP: 62209. ⁶Investigadora independiente, Calle arrastradero #204, Col. Nogales, Ocoatepec, Cuernavaca, Morelos.

Email de autores para correspondencia: *ricardo.cardosol@tec.mx; **rivelino.juarez@ibt.unam.mx

Recibido: 26 agosto 2024. **Aceptado:** 28 noviembre 2024

RESUMEN

Desde mediados del siglo XX, los científicos han desarrollado el interés por estudiar el cambio climático ya que afecta la salud de muchas maneras provocando, muertes y enfermedades por fenómenos meteorológicos extremos cada vez más frecuentes, como olas de calor, tormentas, inundaciones, etc. El cambio en el clima afecta a todas las especies y particularmente en este trabajo hablaremos de cómo afecta a los escarabajos longicornios que hasta el momento se han descrito 34,490 especies, provocando alteraciones en los patrones de distribución, cambios en los ciclos de vida, aumento de plagas, cambios en la disponibilidad de alimentos, etc. Es fundamental entender y concientizar a la humanidad sobre los efectos que causa el cambio climático en las diversas especies y buscar alternativas para poder disminuirlo evitando en un futuro mayores daños en los ecosistemas y en las especies que los habitan, incluidos nosotros.

Palabras clave: Cambio climático; escarabajos; plagas; Coleoptera; Cerambycidae.

ABSTRACT

Since the mid-20th century, scientists have increasingly focused on studying climate change due to its profound impact on health, causing deaths and diseases through extreme weather events such as heatwaves, storms, and floods. Climate change affects all species. In this work, we explore its effects on longhorn beetles (Cerambycidae), a group with 34,490 described species. These impacts include alterations in distribution patterns, changes in life cycles, increased pest activity, and shifts in food availability. Understanding and raising awareness about the effects of climate change on different species is essential. Additionally, we must seek solutions to mitigate these impacts to prevent greater harm to ecosystems and the species that inhabit them, including humanity.

Keywords: Climate change; beetles; pests; Coleoptera; Cerambycidae.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es el cambio del clima y temperaturas que ha habido en los últimos años provocado por las emisiones de gases de efecto invernadero debido a las actividades humanas y al uso de combustibles fósiles [1]; algunos de los principales ejemplos de estas actividades son: los sectores de suministro de energía, el sector industrial, la vivienda; ya que su construcción contribuye a la contaminación del aire y agua debido al uso de combustibles en la calefacción y cocina, aguas de uso doméstico, así como la obtención de los materiales de construcción piedras brutas, grava, arena y madera, la silvicultura, la agricultura y la ganadería [2]. El cambio climático tiene afectaciones a nivel mundial; provocando el derretimiento de los glaciares y casquetes polares, el aumento del nivel del mar, cambios en los patrones de precipitación, eventos climáticos extremos como huracanes e inundaciones, y alteraciones en los ecosistemas

y en la distribución de las especies (Figura 1) [3-5].



Figura 1. Causas y efectos del cambio climático.

Estos cambios pueden tener consecuencias graves para la salud humana, la seguridad alimentaria, el suministro de agua y la biodiversidad [6-8]. En cuanto a las perturbaciones en la biodiversidad se han registrado evidencias de extinciones de especies de anfibios, en las regiones tropicales como Costa Rica donde el 67 % de 110 especies

endémicas se han extinguido en sólo dos décadas a causa de infecciones por el patógeno fúngico *Batachochytrium dendrobatidis*; un hongo quitrido (Figura 2). Estas infecciones se han diseminado más debido al aumento de la temperatura y de la humedad en el mundo causadas por el cambio climático provocado por el hombre y el calentamiento global [9, 10]. Otros ejemplos de biodiversidad son los corales que son muy sensibles al aumento de la temperatura del agua, lo que causa el fenómeno de blanqueamiento y aumenta la mortalidad en especies clave en arrecifes tropicales [11]. La pérdida de hielo marino en el Ártico reduce el hábitat del oso polar, afectando su capacidad de cazar y reproducirse [12]. Finalmente, la disminución del hielo marino afecta las zonas de reproducción y la disponibilidad de alimentos del pingüino emperador, reduciendo

las poblaciones de esta especie en la Antártida [13].

En el caso de los insectos a menudo dependen de factores climáticos para su desarrollo y supervivencia, por lo que el cambio climático ha alterado estos patrones, por ejemplo, en Europa varias especies de mariposas como *Parnassius apollo* (Linnaeus, 1758), *Anthocaris cardamines* (Linnaeus, 1758) o *Glaucopsyche alexis* (Poda, 1761) han desplazado su área de distribución hacia el norte debido al calentamiento global (Figura 3). Para 38 especies de mariposas el cambio en el rango ha recorrido hasta 200 km en un lapso de 27 años [14-16]. Estos cambios de distribución hacia los polos han sido reportados para una amplia variedad de grupos taxonómicos [17].



Figura 2. Ejemplo ilustrativo que resume la afectación del hongo patógeno *Batachochytrium dendrobatidis*, el hongo quitrido causante de la extinción de varias especies de ranas.

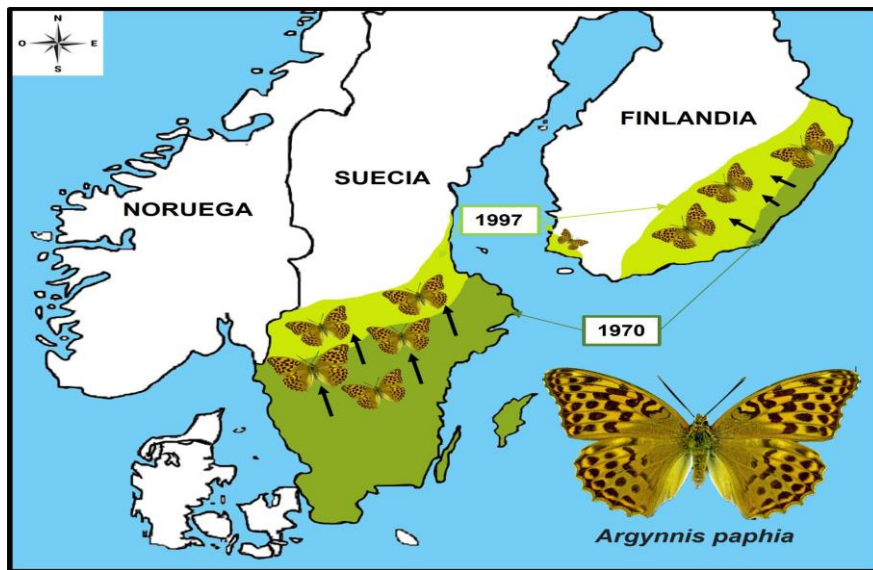


Figura 3. Desplazamiento de sur a norte de la Mariposa *Argynnis paphia* asociado al calentamiento global entre los años 1970 y 1997.

Los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad no se limitan a grandes organismos o ecosistemas emblemáticos, como los arrecifes de coral o las regiones polares, sino que también influyen profundamente en grupos menos visibles, pero igualmente cruciales, como los insectos. Entre estos, destacan los escarabajos longicornios, cuya sensibilidad a las condiciones ambientales los convierte en indicadores clave para monitorear los impactos del cambio climático [18]. Su estudio permite comprender cómo estos cambios afectan a los ecosistemas y desarrollar herramientas para evaluar la respuesta de diversas especies ante alteraciones climáticas.

Dentro del Orden de los insectos, en los cuales somos expertos, se encuentran los escarabajos longicornios (Coleoptera: Cerambycidae), que son uno de los grupos más diversos y abundantes de escarabajos en la Tierra con una distribución cosmopolita [19] presentando una

gran variedad de tamaños, colores y hábitats (Figura 4). Una de sus principales características, es que tienen las antenas largas y suelen ser mucho más largas que su cuerpo y es de donde proviene su nombre común “longicornio”; de la palabra latina "longus" que significa largo y "cornu" que significa cuerno. También son conocidos como “cerambícidos”, “escarabajos de cuernos largos”, “toritos”, “corta palos”, “aserradores” o “ceñidores” (Figura 5).

Sin embargo, su principal característica es que forman parte del grupo de organismos descomponedores dentro de los ecosistemas como son los bosques y selvas, alimentándose en su forma larval de madera de árboles, ramas, troncos y tocones muertos o en estado de descomposición [20] (Figura 6), aunque también existen especies de escarabajos que se pueden alimentar de plantas vivas [21, 22].

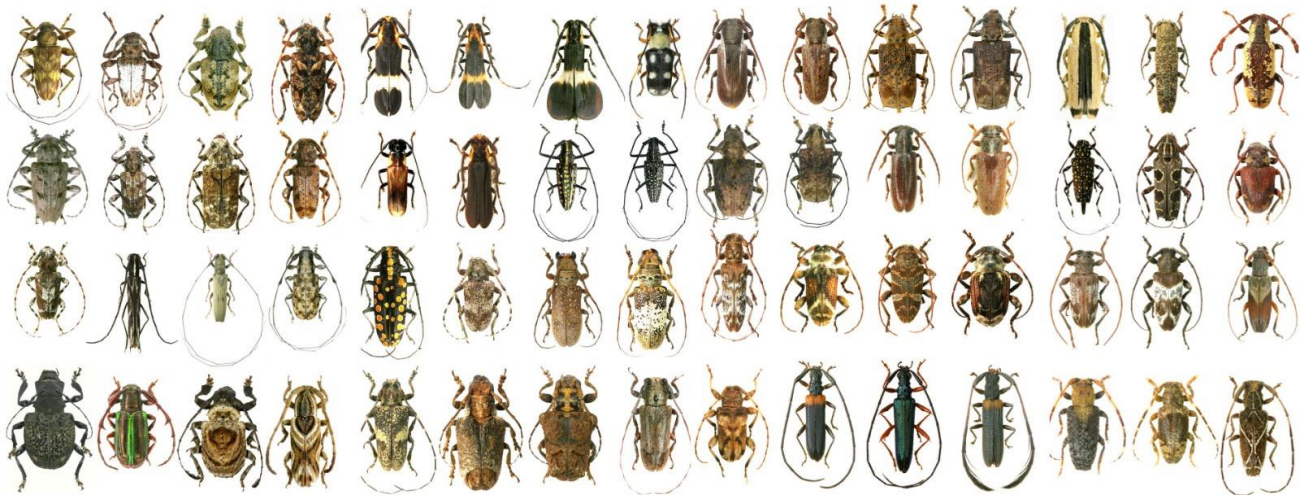


Figura 4. Los escarabajos de cuernos largos o cerambícidos son uno de los grupos más diversos y abundantes de escarabajos en la Tierra. Imagen tomada de https://www.researchgate.net/publication/331177373_Inventaire_des_Cerambycidae_Coleoptera_de_Guyane_II_Lamiinae_et_Disteniinae.

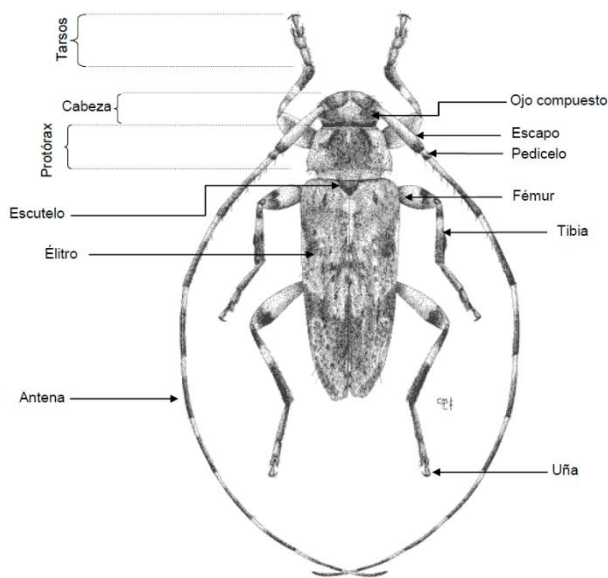


Figura 5. Características morfológicas generales de los cerambícidos. Vista dorsal de *Eutrichillus neomexicanus* (Champlin y Knull), macho (Ilustración modificada de [23]).



Figura 6. Especímenes de escarabajos cerambícidos recolectados de *Placosternus erythropus* (Chevrolat, 1835), un adulto y dos larvas. Los ejemplares de *P. Erythropus* fueron colectados en Ocotepéc, Cuernavaca, Morelos, México.

Debido a su forma de alimentarse es que algunas especies pueden llegar a ser plagas de varios cultivos agrícolas y hortícolas [24-27]. Entre algunos ejemplos se encuentran *Eutrichillus comus* (Bates, 1881) y *Neoptychodes trilineatus* (Linnaeus, 1771) que pueden ser plaga de árboles frutales como el higo, cítricos [28] y de la yaca en México [29].

Otros escarabajos longicornios pueden ser plaga del té [30], café [31] y cacao [32]. Otros cerambícidos en cultivos de la vid o la uva [30]. Asimismo, hasta la fecha se ha documentado que solo 17 especies de cerambícidos tienen importancia económica en girasol, soja, caña de azúcar y cultivos de pastos y cereales en todo el mundo [33].

Otras especies de escarabajos longicornios son capaces de convertirse en plagas de árboles forestales y urbanos [34], pudiendo afectar grandes extensiones de territorio como es el caso del escarabajo asiático de cuernos largos *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky, 1854) (Figura 7). Sin embargo, es importante mencionar que sólo un pequeño porcentaje de los cerambícidos del mundo se consideran plagas económicas y la mayoría vive en la naturaleza interactuando con sus plantas hospedadoras nativas en los diferentes ecosistemas de la biosfera.

Alteraciones en los patrones de distribución y aumento de plagas de escarabajos longicornios

El cambio climático puede afectar los rangos geográficos de muchos insectos, las temperaturas más cálidas pueden permitir que algunos insectos colonicen regiones que anteriormente eran demasiado frías para ellos, mientras que otros pueden encontrarse en ambientes que se han vuelto menos propicios debido al aumento de las temperaturas [35]. En algunos casos, el cambio climático puede favorecer a ciertas especies de insectos,

permitiendo que se reproduzcan más rápidamente o que invadan nuevos territorios. Esto podría llevar a aumentos en las poblaciones de plagas agrícolas o forestales, lo que tendría consecuencias negativas para los ecosistemas y las actividades humanas. O por el contrario reducir o contraer el área de distribución de algunas especies.



Figura 7. Escarabajo asiático de cuernos largos *Anoplophora glabripennis* es una plaga de árboles forestales. Imagen tomada de <https://blog.pestprophet.com/how-to-use-the-asian-longhorned-beetle-growing-degree-day-model/>

En el caso de *Batocera lineolata* Chevrolat, 1852, que se distribuyen en Asia y es una plaga polífaga barrenadora de madera que se alimenta de más de 20 especies de plantas diferentes pertenecientes a familias taxonómicamente distantes [36] (Figura 8); se ha registrado que, para las próximas décadas de 2050, 2060 y 2070 es probable que se extiendan a otras regiones más calientes y se amplíen sus rangos de distribución debido al cambio climático [37].



Figura 8. El escarabajo *Batocera lineolata* es una plaga que se alimenta de más de 40 especies de plantas diferentes. Imagen tomada de https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Batocera_lineolata_s2.jpg

En el caso de *Anoplophora glabripennis* originario de Asia, comúnmente conocido como el "escarabajo asiático de cuernos largos"; es una plaga de árboles de hoja caduca, especialmente de especies como el arce, el fresno y otros árboles de madera dura (Figura 9), dicho escarabajo se ha introducido en varias regiones del mundo, incluyendo América del Norte y Europa [38]. Las autoridades en estas regiones han tomado medidas para controlar y erradicar las poblaciones invasoras debido a los riesgos que presenta para los árboles nativos [39, 40].

Por lo que algunos investigadores han hecho predicciones de su distribución y han encontrado que las regiones adecuadas para *A. glabripennis* estarán ampliamente distribuidas en condiciones climáticas históricas y futuras, y en todos los continentes excepto la Antártida. Con el cambio climático, la idoneidad climática

aumentaría en las regiones al norte de 30°N y disminuiría en la mayoría de las regiones al sur de 30°S para esta especie. El área de la mayoría de las regiones climáticamente adecuadas para *A. glabripennis* estaría cubierta por hospederos potenciales, y dominarían los hospederos óptimos. Finalmente, la posibilidad de brotes de *A. glabripennis* en el hemisferio norte es mucho mayor que en el hemisferio sur, debido a la mayor abundancia de hospederos [41].



Figura 9. El escarabajo *Anoplophora glabripennis* es una plaga que se alimenta del fresno y otros árboles de madera dura. Imagen tomada de:

https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Anoplophora_glabripennis1.jpg

En el caso de *Trichoferus campestris* (Faldermann, 1835) que es también una plaga barrenadora de madera y representa una gran amenaza para la condición fitosanitaria de los productos de madera originarios de bosques y huertos [42] (Figura 10). Representaría una gran preocupación para la sanidad vegetal, debido a que la utilidad de los embalajes, vigas y paletas de madera se ve amenazada por el desarrollo encubierto de sus larvas en estos productos [43].



Figura 10. El escarabajo *Trichoferus campestris* es una plaga barrenadora de madera. Imagen tomada de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trichoferus_campestris.jpg

Por lo que algunos autores como Keszthelyi y colaboradores, han llevado a cabo investigaciones sobre su distribución y posibles cambios debido al cambio climático. La especie *T. campestris* se ha dispersado mucho en los recientes años y el secreto de su éxito es que tiene una buena capacidad de aclimatación a las condiciones ambientales cambiantes y a las actividades comerciales y de urbanización en constante crecimiento [44].

Su distribución potencial se calculó utilizando la temperatura acumulada en la temporada de crecimiento promediada durante 15 años tanto en las regiones Paleártica como Neártica; y lo que se encontró es que hay una clara expansión holártica de esta especie, incluidas las principales partes de América del Norte y Eurasia [45]. Sus poblaciones se encuentran en

29 países hasta la fecha y su expansión es continua hacia el oeste en el Paleártico; en el Neártico, la propagación se produjo primero hacia el sur desde la región de los Grandes Lagos y luego hacia el este desde Utah, EUA. Por lo que el criterio principal para controlar a esta especie sería la introducción de un sistema de seguimiento en las zonas afectadas y expuestas.

En el caso de los escarabajos longicornios nativos que se distribuyen en las montañas de los alpes y apeninos italianos, se verían afectados por el cambio climático y se desplazarían hacia mayores altitudes para rastrear climas adecuados y enfrentarían una contracción de su área de distribución (con una pérdida promedio del 44%). A su vez, la vegetación adecuada cubre, en promedio, sólo el 56% de los rangos actuales estimados de las especies, lo que significa que la distribución futura será aún más limitada [46]. Por lo que las acciones de conservación que pueden mitigar los efectos del cambio climático en estos escarabajos de gran altitud deben centrarse en contrastar la pérdida y degradación del hábitat mediante la preservación de la tierra y la adopción de prácticas apropiadas de manejo forestal.

En otras especies como *Stenurella bifasciata bifasciata* (Muller, 1776) y *Phytoecia virgula* (Charpentier, 1825), de Lituania, se ha observado en los últimos años hay una clara expansión hacia el norte en su rango de distribución, lo que podría indicar cambios en el clima en la región del Báltico en Europa [47].

También se ha encontrado que el cambio climático disminuirá la capacidad de los depredadores como los escarabajos: *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire, 1881) y las aves *Dendrocopos major* (Linnaeus, 1758) para controlar al escarabajo asiático de cuernos largos (*Anoplophora glabripennis*) en China. Esto se debe a que su desplazamiento hacia el norte será limitado, lo que provocará que *A. glabripennis* se encuentre con menos enemigos naturales durante su migración. Como resultado, se reducirá la eficacia de los depredadores en el control de este escarabajo, lo que incrementará el riesgo de brotes desastrosos en las áreas invadidas por el escarabajo asiático [48].

Cambios en los ciclos de vida de los cerambícidos

Los cerambícidos a menudo siguen ciclos de vida muy específicos, como la pupación y la eclosión en respuesta a ciertos estímulos ambientales. El cambio climático puede alterar estos ciclos y desincronizarlos con otros eventos importantes, como la floración de plantas o la migración de aves, lo que puede afectar las interacciones ecológicas.

En los cerambícidos de Europa central, se ha observado que el aumento de la temperatura provoca una aparición más temprana de las especies en su fase adulta. Durante la primavera (marzo-junio), los escarabajos emergen en promedio 9.6 días antes por cada grado Celsius de incremento. Además, las especies más pequeñas tienden a aparecer antes en el año en

comparación con las de mayor tamaño [49].

Asimismo, los cerambícidos pueden tener una respuesta más compleja al clima [50]. Martínez-Hernández y colaboradores trabajaron en un ecosistema de bosque tropical seco de México, un ecosistema altamente estacional para el cual se describen dos estaciones: lluviosa y seca. Ellos encontraron que la relación entre la diversidad y composición de cerambícidos, con respecto a los cambios de temperatura y precipitación, presentaba cuatro comunidades estacionales sincronizadas con los procesos fenológicos del bosque tropical seco [50].

En las regiones tropicales, se ha registrado que la mayor abundancia de cerambícidos ocurre durante la temporada de lluvias. Sin embargo, los cambios en las temperaturas y en la duración de este período podrían alterar estos patrones, afectando sus interacciones con las plantas hospederas y depredadores, como aves, reptiles, anfibios, mamíferos y otros insectos [51, 52].

Cambios en la disponibilidad de alimentos

Las alteraciones en los patrones climáticos pueden afectar la disponibilidad de alimentos para los insectos, al cambiar la fenología de las plantas y alterar la sincronización con los períodos de actividad de los insectos. Esto puede tener consecuencias negativas para aquellos insectos que dependen de ciertos tipos de alimentos. En especial la mayoría de las especies de cerambícidos se alimentan de plantas muertas, enfermas, estresadas o en

estado de descomposición. Por lo tanto, si hay un aumento de temperatura y climas cálidos debido al cambio climático, las plantas podrían sufrir más estrés y debilitar sus defensas por sequías [53]; siendo más vulnerables al ataque por cerambícidos y a su vez, también beneficiaria y aumentaría las poblaciones de especies que ya están adaptadas a las sequías, como el caso de *Stenolis* sp. (Figura 11) que es una especie especialista de la estación de secas y vive en ramas en el dosel durante la estación seca en una selva seca del centro de México [54]. Por otro lado, el cambio climático, afectaría negativamente a las especies adaptadas a los climas húmedos y lluviosos, ya que habría cambios en los patrones de lluvias en los bosques tropicales [55].



Figura 11. El escarabajo *Stenolis* sp. es una especie adaptada a la sequía y que vive en el dosel de los árboles en la selva seca de México.

Mayor incidencia de enfermedades en árboles hospederos

El cambio climático también puede influir en la distribución y prevalencia de enfermedades transmitidas por insectos, como la malaria o dengue. Las variaciones en la temperatura y la humedad pueden afectar la propagación de los

patógenos e influir en las tasas de infección. En el caso de los cerambícidos se ha registrado que son vectores de nematodos para los árboles hospederos, causando diferentes enfermedades como la enfermedad del marchitamiento del pino [56, 57].

En específico, se ha encontrado que las especies del género *Monochamus* son portadoras del nematodo *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner 1934), y han causado graves daños a bosques de pinos en Asia Oriental desde principios del siglo XX y en Europa desde 1999 [58, 59]. Recientemente se ha registrado que el escarabajo longicornio *Monochamus saltuarius* Gebler 1830, es un problema grave en los bosques de pinos de China, Japón y Corea del Sur; sin embargo, en condiciones climáticas futuras, el área de distribución de *M. saltuarius* se desplazaría gradualmente hacia el sur, con una tendencia a expandirse hacia regiones más frías y de gran altitud, como Sichuan, Qinghai y Tíbet [60].

Por otro lado, Zhang y colaboradores [61] mencionan que *Dastarcus helophoroides* un escarabajo depredador y *Scleroderma guani* Xiao & Wu, 1983; una avispa parasitoide, son eficaces en el control de *M. saltuarius*. Las proyecciones realizadas sobre su distribución indican que esta continuará expandiéndose debido al cambio climático. Estos análisis demuestran que es probable que el cambio climático futuro ejerza efectos adversos sobre la distribución potencial de *M. saltuarius*, pero es favorable para la distribución potencial de sus enemigos naturales.

Impacto en las interacciones depredador-presa

Las relaciones depredador-presa pueden ser alteradas debido a cambios en la abundancia y distribución de especies. Esto puede tener consecuencias en cascada en los ecosistemas, afectando a otras especies y la dinámica general del ecosistema. Los cerambícidos forman parte esencial de la dieta de varias especies de mamíferos, reptiles y aves [62], y también de otros insectos [63, 64], tienen un rol importante como descomponedores y consumidores de madera, lo cual impactaría a múltiples niveles de la cadena trófica, por lo que su ausencia afectaría las interacciones tróficas en los ecosistemas.

Los cambios en los ecosistemas, como la deforestación y el cambio climático, afectan tanto a las poblaciones de cerambícidos como a sus depredadores. Por ejemplo, la pérdida de hábitats y de la diversidad de plantas hospederas puede reducir las poblaciones de estos escarabajos, alterando la disponibilidad de presas para sus depredadores [65]. Además, en algunos casos, las especies de cerambícidos se adaptan o migran hacia nuevos hábitats [66], lo cual podría desequilibrar las interacciones con sus depredadores y generar efectos en cascada en las comunidades locales. Sin embargo, no existen muchos estudios que evalúen estas variables, por lo que sería buena idea llevar a cabo más estudios de esta índole.

Disminución de la diversidad de especies de escarabajos longicornios con el cambio de

uso del suelo

Constituye uno de los factores primordiales en el cambio climático global, ya que altera ciclos biogeoquímicos como el del agua o el del carbono. Es un fenómeno común que ocurre cuando se altera el entorno natural para dar paso a actividades humanas como la urbanización, la agricultura intensiva, la deforestación u otras formas de desarrollo. Este proceso puede tener varios impactos negativos en la biodiversidad y en los ecosistemas en general. Aquí se discuten como el cambio de uso de suelo puede afectar la diversidad de cerambícidos:

Meng y colaboradores [67] realizaron un estudio en la región sur de Yunnan, China, que hasta hace 30 años estaba dominada por selva tropical natural, pero que desde entonces ha sido transformada en plantaciones comerciales de monocultivo de caucho. El estudio evaluó la diversidad y distribución de las especies de escarabajos longicornios en los principales tipos de uso de suelo de este paisaje, y estimó los efectos de la esperada expansión de las plantaciones de caucho en los ensambles de escarabajos longicornios [67]. Los resultados mostraron que los bosques naturales albergaban un número significativamente mayor de especies e individuos de escarabajos que cualquier otro tipo de hábitat. Aunque las plantaciones jóvenes de caucho presentaban la mayor diversidad de escarabajos fuera de los bosques, no ofrecen hábitats permanentes para la mayoría de estas especies, ya que eventualmente se transforman en plantaciones de dosel cerrado, con condiciones de hábitat menos adecuadas. Por lo tanto, la esperada

expansión del cultivo de caucho, que en gran parte ocurre a costa de las áreas forestales, podría reducir drásticamente las condiciones de hábitat para los escarabajos longicornios en esta región en el futuro.

Los investigadores Saint-Germain y Drapeau [68] mencionan que la tala de árboles reduce significativamente la proporción de rodales de seral tardío en paisajes boreales gestionados; esto implica una disminución en la disponibilidad de elementos de hábitat para los cerambícidos como lo es la madera muerta en pie, por lo que la abundancia de estos coleópteros disminuye considerablemente llegando a ser extirpados localmente. Dichos autores evaluaron el impacto de la pérdida de hábitat en los cerambícidos en un paisaje dominado por álamos talados intensivamente durante los últimos 30 años. En dicho estudio fueron elegidos sesenta árboles secos a lo largo de un gradiente de pérdida de hábitat y edad de perturbación. El estudio mostró que algunos cerambícidos reaccionan negativamente a la pérdida de hábitat, pero que dentro de un grupo relativamente homogéneo la respuesta puede variar significativamente entre especies. Los cerambícidos deben considerarse potencialmente sensibles a la pérdida de hábitat, y su respuesta a la fragmentación aún debe evaluarse en un marco de tiempo más largo.

CONCLUSIONES

El origen de la vida data de hace 3800 millones de años y a partir de ahí han surgido una gran

diversidad de especies, desafortunadamente por diferentes eventos climáticos en el pasado se han extinto una gran diversidad de estas especies. Si el cambio climático avanza como lo ésta haciendo en los últimos años, muy probablemente se extinguirán más especies y entre ellas la nuestra (*Homo sapiens* Linnaeus, 1758). En el caso de los cerambícidos existen numerosos ejemplos de cómo el cambio climático afecta de distintas formas a las especies y su interacción con el ambiente, cambios que pueden terminar por crear toda clase de reacciones en cadena en los ecosistemas. Es muy importante enterar y concientizar a los seres humanos sobre los problemas que causa el cambio climático en la diversidad de las especies y buscar nuevas alternativas para tratar de frenarlo poco a poco; utilizando energías limpias (excluyendo cualquier tipo de contaminación como es la generación del CO₂), métodos agropecuarios sustentables y más energéticamente eficientes, mayor apoyo a proyectos de conservación, más y mejores estudios en materia de conservación; en esto último el rubro de la divulgación es muy importante tomando en cuenta el poder e influencia que pueden llegar a tener grupos negacionistas que voluntaria o involuntariamente, sirven a los intereses de otros grupos contrarios a la conservación. El camino no es nada fácil, pero es necesaria la valiosa participación de instituciones, empresas, gobiernos y sobre todo involucrar al público general para poder contender con ese futuro oscuro, evitando mayores daños en los ecosistemas y en las especies que lo habitamos.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran la ausencia de conflicto de interés.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CONAHCYT (Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología, México) por el apoyo de las becas posdoctorales otorgadas, lo que nos hizo posible seguir en el camino de las ciencias. Extendemos nuestro agradecimiento por el invaluable apoyo brindado por los fondos operativos de los grupos de investigación del Decano Asociado de Investigación y Posgrados Científicos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias en el Tecnológico de Monterrey (OPEX).

REFERENCIAS

- [1]. Urry J. Climate Change and Society. In: Michie J, Cooper CL, editors. Why the Social Sciences Matter. London: Palgrave Macmillan UK; 2015. p. 45–59. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1057/9781137269928_4#citeas
- [2]. Cordero GD. El cambio climático. Ciencia y Sociedad República Dominicana. 2012; 37(2): 227-240. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7415846>
- [3]. Grupo Intergubernamental de Expertos

sobre el Cambio Climático, Cambio Climático, IPCC 2023, Informe de síntesis: Disponible en: https://www.ipcc.ch/sr15/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf

[4]. Miller G. Ciencia ambiental: Desarrollo sostenible, un enfoque integral. 8th ed., Editores Internacional Thomson: México 2007. Disponible en: <https://easypdfs.cloud/downloads/4893231-ciencias-ambiental-desarrollo-sostenible-un-enfoque-integral>

[5]. Milera MDLC. Cambio climático, afectaciones y oportunidades para la ganadería en Cuba. Pastos y Forrajes 2011; 34(2): 127-143. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000200001

[6]. Fernández JLU. El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. Anales de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid 2013; (50): 71-98. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4817473>

[7]. Haines A, Patz JA. Health effects of climate change. Jama 2004; 291(1): 99-103. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/197911>

[8]. Kannan R, James DA. Effects of climate change on global biodiversity: a review of key literature. Trop Ecol 2009; 50(1): 31. https://www.researchgate.net/publication/237730950_Effects_of_climate_change_on_global_biodiversity_A_review_of_key_literature

[9]. Şekercioğlu ÇH, Primack RB, Wormworth

J. The effects of climate change on tropical birds. *Biol Conserv* 2012; 148(1): 1-18. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320711003880?via%3Dihub>

[10]. Blaustein A, Dobson A. A message from the frogs. *Nature* 2006; 439: 143-144. Disponible en:

<https://www.nature.com/articles/439143a>

[11]. Hughes TP, Kerry JT, Álvarez-Noriega M, Álvarez-Romero JG, Anderson KD, Baird AH. *et al.* Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature* 2017; 543(7645): 373-377. Disponible en:

<https://www.nature.com/articles/nature21707>

[12]. Stirling I, Derocher AE. Effects of climate warming on polar bears: a review of the evidence. *Ecol Appl* 2012; 22(4): 226-232. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2012.02753.x>

[13]. Jenouvrier S, Holland M, Stroeve J, Serreze M, Barbraud C, Weimerskirch H, Caswell H. Projected continent-wide declines of the emperor penguin under climate change. *Nature Climate Change* 2014, 4(8): 715-718. Disponible en:

<https://www.nature.com/articles/nclimate2280>

[14]. Pounds JA, Bustamante MR, Coloma LA, Consuegra JA, Fogden MPL, Foster PN, *et al.* Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 2006; 439: 161-167. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nature04246>

[15]. Parmesan C, Ryrholm N, Stefanescu C, Hill JK, Thomas CD, Descimon H, *et al.*

Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 1999; 399: 579-583. Disponible en:

<https://www.nature.com/articles/21181>

[16]. Walther G.R. Climate forcing on the dispersal of exotic species. *Phytocoenologia* 2000; 30: 409-430. Disponible en: https://www.schweizerbart.de/papers/phyto/detail/30/80786/Climatic_forcing_on_the_dispersal_of_exotic_specie?af=crossref

[17]. Parmesan C. Butterflies as bioindicators for climate change effects. In: Boggs CL., Watt WB., Ehrlich PR., Eds. *Evolution and Ecology Taking Flight: Butterflies as Model Systems*. University of Chicago Press, Chicago; 2003; 541-560. Disponible en:

<https://www.degruyter.com/document/doi/10.7208/9780226063195-027/html>

[18]. Hickling R, Roy DB, Hill JK, Fox R, Thomas CD. The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Glob Change Biol* 2006;12: 450-455. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01116.x>

[19]. Colares C, Roza AS, Mermudes JR, Silveira LF, Khattar G, Mayhew PJ, *et al.* Elevational specialization and the monitoring of the effects of climate change in insects: Beetles in a Brazilian rainforest mountain. *Ecol Indic* 2021; 120: 106888. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X20308268>

[20]. Rossa R, Goczał J. Global diversity and distribution of longhorn beetles (Coleoptera:

Cerambycidae). Eur Zool J 2021; 88(1): 289-302. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/24750263.2021.1883129>

[21]. Kariyanna B, Mohan M, Gupta R. Biology, ecology and significance of longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae). J Entomol Zool 2017; 5(54): 1207-1212. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/320196240_Biology_ecology_and_significance_of_longhorn_beetles_Coleoptera_Cerambycidae

[22]. Shibata E. Population studies of *Callidiellum rufipenne* (Coleoptera: Cerambycidae) on Japanese cedar logs. Ann Entomol Soc Am 1994; 87: 836–841. Disponible en: <https://academic.oup.com/aesa/article-abstract/87/6/836/19592>

[23]. Linsley EG, Chemsak, JA. The Cerambycidae of North America: Taxonomy and Classification of the Subfamily Lamiinae, Tribes Acanthocinini Through Hemilophini (No. 2). Univ of California Press. 1995. Disponible en: https://books.google.com.mx/books/about/The_Cerambycidae_of_North_America.html?id=1lu6W0StBnYC&redir_esc=y

[24]. Matter SF. Interpatch movement of the red milkweed beetle, *Tetraopes tetraophthalmus*: Individual responses to patch size and isolation. Oecologia 1996; 105: 447–453. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00330007>

[25]. Ashihara W. Seasonal life history of the grape tiger borer *Xylotrechus pyrrhoderus*.

Bulletin of the Fruit Tree Research Station Series E 1982; 4:91–113. Disponible en: <https://agris.fao.org/search/en/providers/122558/records/64774cae5eb437ddff73616c>

[26]. Pliansinchai U, Jarnkoon V, Siengsri S, Kaenkong C, Pangma S, Weerathaworn P. Ecology and destructive behaviour of cane boring grub (*Dorysthenes buqueti* Guerin) in North Eastern Thailand. Proc Int Soc Sugar Cane Technol 2007; 26:863-866. Disponible en: <https://xueshu.baidu.com/usercenter/paper/show?paperid=3e1ef6ffaabdf054359b60ec3933dbc4>

[27]. Abdullah F, Shamsulaman K. Insect pests of *Mangifera indica* plantation in Chuping, Perlis, Malaysia. J Entomol 2008; 5:239–251. Disponible en: <https://scialert.net/abstract/?doi=je.2008.239.251>

[28]. López-Martínez V, Vargas OR, Alia-Tejacal I, Toledo-Hernández VH, Corona-López AM, Delfín-González H, *et al.* Xylophagous Beetles (Coleoptera: Buprestidae and Cerambycidae) from *Ficus carica* L. (Moraceae) in Morelos, Mexico. Coleopt Bull 2015; 69(4): 780-788. Disponible en: <https://doi.org/10.1649/0010-065X-69.4.780>

[29]. Pineda S, Ambriz-Guerrero JS, Mabel-Martínez A, Toledo-Hernández VH, Chavarrieta-Yañez JM, Palma-Castillo LJ, *et al.* (2023). Insectos barrenadores de árboles de cítricos en el valle de Apatzingán, Michoacán. Acta Agr Pec 2023; 9(1): 1-14. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo>

[o=9147635](#)

[30]. Fuentes LMH, Hernández HG, González EM, Monreal JJV, González YN, Magaña MDLG. Bioecología del Barrenador de Ramas *Neoptychodes trilineatus* L1. en Yaca, *Artocarpus heterophyllus* Lam. Southwest Entomol 2022; 47(3): 699-704. Disponible en: <https://doi.org/10.3958/059.047.0319>

[31]. Liu QZ, Yang DW, Liang LL. Analysis of damage characteristics of tea longhorn in organic tea garden in Cangnan County of Zhejiang Province. Acta Agric Zhejiangensis 2010; 22:220–223. Disponible en: <https://xueshu.baidu.com/usercenter/paper/show?paperid=f658368d959f9d8d3f4ef713dbafd5c8>

[32]. Rhains M, Lan CC, Zhen ML, Gries G. Incidence, symptoms, and intensity of damage by three coffee stem borers (Coleoptera: Cerambycidae) in South Yunnan, China. J Econ Entomol 2002; 95:106–112. Disponible en: <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.1.106>

[33]. Constantino CLM, Benavides PM, Esteban JR. Description of a new species of coffee stem and root borer of the genus *Plagiohammus* Dillon and Dillon from Colombia (Coleoptera: Cerambycidae: Lamiinae), with a key to the Neotropical species. Insecta Mundi 2014; 337:1–21. Disponible en: <https://digitalcommons.unl.edu/insectamundi/842/>

[34]. Mani M, Shivaraju C, Kulkarni NS. The grape entomology. Springer: New Delhi 2014. Disponible en:

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-81-322-1617-9>

[35]. Wang Q. Cerambycidae of the world: biology and pest management. CRC press: 2017. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/b21851/cerambycidae-world-qiao-wang>

[36]. Haack RA. Cerambycid pests in forests and urban trees. In: Wang Q. ED. Cerambycidae of the World. CRC Press; 2017; 365-422. Disponible en: <https://research.fs.usda.gov/treesearch/54543>

[37]. Castañeda HB. Cambio climático y diversidad de insectos en el Valle del Mantaro. Convicciones 2015; 2(1): 57-71. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/revista-convicciones-2015/224090540#56>

[38]. Yang H, Cai Y, Zhuo ZH, Yang W, Yang CP, Zhang J, *et al.* Transcriptome analysis in different developmental stages of *Batocera horsfieldi* (Coleoptera: Cerambycidae) and comparison of candidate olfactory genes. PLoS One 2018; 13(2): e0192730. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0192730>

[39]. Li A, Wang J, Wang R, Yang H, Yang W, Yang C, *et al.* MaxEnt modeling to predict current and future distributions of *Batocera lineolata* (Coleoptera: Cerambycidae) under climate change in China. Ecoscience 2020; 27(1): 23-31. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/11956860.2019.1673604>

[40]. Van der Gaag DJ, Loomans AJM. Host plants of *Anoplophora glabripennis*, a review.



EPPO Bulletin 2014; 44(3): 518-528.
Disponibile en:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ep.p.12151>

[41]. Haack RA, Hérard F, Sun J, Turgeon JJ. Managing invasive populations of Asian longhorned beetle and citrus longhorned beetle: a worldwide perspective. *Annu Rev Entomol* 2010; 55: 521-546. Disponibile en: <https://www.annualreviews.org/content/journal/s/10.1146/annurev-ento-112408-085427>

[42]. Netherlands Food and Consumer Products Safety Authority. Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. Available in: <https://english.nvwa.nl/search?keyword=Anoplophora+glabripennis&search-submit=>

[43]. Zhou Y, Ge X, Zou Y, Guo S, Wang T, Zong S. Prediction of the potential global distribution of the Asian longhorned beetle *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) under climate change. *Agr Forest Entomol* 2021; 23(4): 557-568. Disponibile en: <https://resjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/afe.12461>

[44]. Allen EA, Humble LM. Nonindigenous species introductions: a threat to Canada's forests and forest economy. *Can J Plant Pathol* 2002; 24: 103-110. Disponibile en: <https://ostrnrcan-dostrnrcan.canada.ca/entities/publication/d1a7b730-8bc4-40e0-83fd-f3ec3e15c13d>

[45]. Grebennikov VV, Gill BD, Neatby KW, Vigneault R. *Trichoferus campestris* (Faldermann) (Coleoptera: Cerambycidae) an

Asian wood-boring beetle recorded in North America. *Coleopt Bull* 2010; 64: 13-20. Disponibile en: <https://doi.org/10.1649/0010-065X-64.1.13>

[46]. Keszthelyi S, Fehér B, Somfalvi-Tóth K. Worldwide distribution and theoretical spreading of *Trichoferus campestris* (Coleoptera: Cerambycidae) depending on the main climatic elements. *Stomatological Science* 2019; 22 (3): 339-352. Disponibile en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ens.12375?msocid=2fa08a48afb36a8f2b698477ae916bb5>

[47]. Poloni R, Iannella M, Fusco G, Fattorini S. Conservation biogeography of high-altitude longhorn beetles under climate change. *Insect Conserv Diver* 2022; 15(4): 429-444. Disponibile en: <https://resjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/icad.12570>

[48]. Barševskis A, Savenkov N. Contribution to the knowledge of long-horned beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in Latvia. *Balt J Coleopterol* 2013; 13 (2): 91-102. Disponibile en:

https://www.researchgate.net/publication/259495096_Contribution_to_the_knowledge_of_long-horned_beetles_Coleoptera_Cerambycidae_in_Latvia

[49]. Zhang Q, Wang J, Lei Y. Climate Change will Weaken the Ability of Natural Enemies to Control the Asian Longhorned Beetle, *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae). *Preprints* 2022: 1-16.

Disponibile en:
<https://europepmc.org/article/PPR/PPR510921>

[50]. Vitali F, Habel JC, Ulrich W, Schmitt T. Global change drives phenological and spatial shifts in Central European longhorn beetles (Coleoptera, Cerambycidae) during the past 150 years. *Oecologia* 2023; 202(3): 577-587.

Disponibile en:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-023-05417-7>

[51]. Martínez-Hernández JG, Corona-López AM, Flores-Palacios A, Rös M, Toledo-Hernández VH. Seasonal diversity of Cerambycidae (Coleoptera) is more complex than thought: evidence from a tropical dry forest of Mexico. *PeerJ* 2019; 7: e7866.

Disponibile en: <https://peerj.com/articles/7866/>

[52]. Tavakilian G, Berkov A, Meurer-Grimes B, Mori S. Neotropical tree species and their faunas of xylophagous longicorns (Coleoptera: Cerambycidae) in French Guiana. *Bot Rev* 1997; 63: 303-355.

Disponibile en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02856596>

[53]. Berkov A, Tavakilian G. Host utilization of the Brazil nut family (Lecythidaceae) by sympatric wood-boring species of Palame (Coleoptera, Cerambycidae, Lamiinae, Acanthocinini). *Biol J Linnean Soc* 1999; 67: 181-198.

Disponibile en:
<https://academic.oup.com/biolinnean/article-abstract/67/2/181/2645359?redirectedFrom=fulltext>

[54]. Yepes A, Buckeridge MS. Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del

cambio climático global: Revisión. *Colomb For* 2011; 14(2): 213-232. Disponibile en:
<https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939616005.pdf>

[55]. Vargas-Cardoso OR, Toledo-Hernández VH, Corona-López AM, Flores-Palacios A, Figueroa-Brito R, Sosa-Armenta JM, *et al.* Host plant selection by Cerambycidae in two different strata in association with seasonality and physical wood characteristics in a tropical dry forest. *Ecol Entomol* 2023; 48(5): 610-621.

Disponibile en:
<https://resjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/een.13259>

[56]. Ometto JP, Kalaba K, Anshari GZ, Chacón N, Farrell A, Halim SA, *et al.* Cross-Chapter Paper 7: Tropical Forests. In: Pörtner HO, Roberts DC, Tignor M, Poloczanska ES, Mintenbeck K, Alegría A, *et al.* Eds. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA; 2022; 2369-2410.

Disponibile en:
https://www.researchgate.net/publication/363648609_Cross-Chapter_Paper_7_Tropical_Forests_In_Climate_Change_Impacts_Adaptation_and_Vulnerability_Contribution_of_Working_Group_II_to_the_Sixth_Assessment_Report_of_the_Intergovernmental_Panel_on_Climate

[57]. Mamiya Y. Pathology of the pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus*.

Annu Rev Phytopathol 1983; 21: 201-220.
Disponibile en:
<https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.py.21.090183.001221>

[58]. Linit MJ. Nematode-vector relationships in the pine wilt system. J Nematol 1988; 20: 227-235. Disponibile en:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2618795/>

[59]. Mamiya Y. Pine wilting disease caused by the pine wood nematode, *Bursaphelenchus lignicolus*, in Japan. JARQ 1976; 10: 206-212. Disponibile en:
https://www.jircas.go.jp/sites/default/files/publication/jarq/10-4-206-211_0.pdf

[60]. Robertson L, Arcos SC, Escuer M, Santiago Merino R, Esparrago G, Abelleira A, *et al.* Incidence of the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner, 1934) Nickle, 1970 in Spain. Nematol 2011; 13: 755-757. Disponibile en:
https://brill.com/view/journals/nemy/13/6/article-p755_12.xml

[61]. Zhang X, Zhou Y, Xu T, Zong S. Impact of Climate Change on the Habitat Suitability of *Monochamus saltuarius* Gebler (Coleoptera; Cerambycidae) and Its Natural Enemies in China. Forests 2023; 15 (1): 33. Disponibile en:
https://www.mdpi.com/1999-4907/15/1/33/review_report

[62]. Cooper RJ, Martinat PJ, Whitmore RC. Dietary similarity among insectivorous birds: influence of taxonomic versus ecological categorization of prey. Stud Avian Biol 1990; 13: 104-109. Disponibile en:

https://sora.unm.edu/sites/default/files/SAB_013_1988%20P104-109_Dietary%20Similarity%20Among%20Insectivorous%20Birds..._Robert%20J.%20Cooper%2C%20Peter%20J.%20Martinat%2C%20Robert%20C.%20Whitmore.pdf

[63]. Opitz W. Classification, natural history, and evolution of the subfamily Clerinae (Coleoptera: Cleridae). 2010. Disponibile en:
<https://www.jstor.org/stable/40983020>

[64]. Ware VL, Stephen FM. Facultative intraguild predation of red oak borer larvae (Coleoptera: Cerambycidae). Environ Entomol 2006; 35(2): 443-447. Disponibile en:
<https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.2.443>

[65]. Jactel H, Brockerhoff EG. Tree diversity reduces herbivory by forest insects. Ecol Lett 2007, 10(9): 835-848. Disponibile en:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1461-0248.2007.01073.x?msocid=2fa08a48afb36a8f2b698477ae916bb5>

[66]. Saint-Germain M, Drapeau P, Hébert C. Xylophagous insect species composition and patterns of substrate use on fire-killed black spruce in central Quebec. For Ecol Manag 2004, 34(3): 677-685. Disponibile en:
<https://cdsciencepub.com/doi/10.1139/x03-235>

[67]. Meng LZ, Martin K, Weigel A, Yang XD. Tree diversity mediates the distribution of longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in a changing tropical landscape (Southern Yunnan, SW China). PloS one 2013; 8(9): e75481. Disponibile en:



<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0075481>

[68]. Saint-Germain M, Drapeau P. Response of saprophagous wood-boring beetles (Coleoptera: Cerambycidae) to severe habitat loss due to logging in an aspen-dominated

boreal landscape. *Landsc Ecol* 2011; 26: 573-586. Disponible en:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-011-9587-1>