

Catálogo Ilustrado

Para identificar a las especies del género
Dendroctonus presentes en Honduras

Karla Cantarero Aguilar

Iris Rodríguez Salgado

Romero Mazariegos Meléndez

Pamela Figueroa Ponce

Jafeth Gutiérrez Cruz

Francisco Armendáriz Toledano

Osiris Valerio Mendoza

Catálogo Ilustrado

Para identificar a las especies del género
Dendroctonus presentes en Honduras



Investigadores

Karla Cantarero Aguilar¹
Iris Rodríguez Salgado²
Romero Mazariegos Meléndez¹
Pamela Figueroa Ponce¹
Jafeth Gutiérrez Cruz²
Francisco Armendáriz Toledano³
Osiris Valerio Mendoza⁴

Colaboradores

Daniela Cubas Pacheco⁵
Katya Sierra Sahury⁵
Alexis Rivera Mejía⁶
Christian Wildt Medrano¹
Dorian Arguijo Escoto¹
Alessandro Menjívar Cantarero⁷
Roberto Ferrera⁵

2024



Banco Interamericano
de Desarrollo



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

¹Museo de Entomología de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras

²Departamento de Biología Celular y Genética de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

³Instituto de Biología de la de la Universidad Nacional Autónoma de México.

⁴Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

⁵Biólogo Infiere Realizando su Práctica Profesional.

⁶Departamento de Ecología y Recursos Naturales de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

⁷Voluntario del Museo de Entomología de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras

Agradecimiento

En primer lugar, agradecemos a Dios por la oportunidad de estar aquí, compartiendo esta pasión por la entomología y la genética. Su bondad y guía nos han llevado a través de los desafíos y nos han inspirado a crecer y aprender cada día.

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Programa de la Red Solidaria Ejecutor de Proyecto Manejo Sostenible de Bosques BID 3878/BL-HO por el invaluable financiamiento otorgado para llevar a cabo el proyecto de **Identificación de las Especies de Dendroctonus y su Distribución en Honduras**, del mismo modo extendemos nuestro reconocimiento y gratitud al Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) quien por medio del Departamento de Salud y Sanidad Forestal, su Laboratorio de Diagnóstico Sanitario Forestal y personal técnico de las regiones forestales que ha dedicado su tiempo al manejo del sistema de monitoreo.

A nuestros colaboradores, por su invaluable apoyo al Dr. **Francisco Armendáriz Toledano** de la Universidad Nacional Autónoma de México, el **Dr. Osiris Valerio Mendoza** de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León y al **Dr. Edwin Ariza Marín** de la Red de Interacciones Multitróficas del Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México. Su asesoramiento y respaldo han sido un pilar en el desarrollo y éxito de esta investigación, aportando conocimientos especializados que enriquecen nuestro trabajo.

Principalmente agradecemos y reconocemos a cada miembro de nuestro equipo de trabajo del Museo de Entomología y el Departamento de Genética y Biología molecular por su dedicación, pasión y creatividad, ya que son el motor que impulsa a seguir adelante en cada investigación a realizar. Cada uno aportando su talento único, contribuyendo a hacer de este un espacio científico académico.

¡Que Dios continúe bendiciéndonos en nuestro camino y que sigamos inspirando a otros con nuestro amor por la Entomología y la Genética!

Museo de Entomología
Departamento de Genética y Biología molecular

Dedicatoria

"Para aquel que enfrentó los primeros ataques del gorgojo descortezador de pino, con valentía y dedicación, el que ha sido el guardián de nuestros bosques de conífera, enfrentando un enemigo silencioso pero devastador. Su compromiso y arduo trabajo son luz que guía en la oscuridad de esta plaga. En nombre de la naturaleza y de las generaciones venideras, su esfuerzo no será olvidado. Gracias por ser el primer bastión en la defensa de nuestros preciosos pinares."

Ingeniero José Vicente Espino



Nació en Apacilagua, Choluteca el 17 de septiembre de 1945. A sus 18 años empezó a laborar como profesor en una escuela rural, y a través de trabajo y estudio logro profesionalizarse.

1969-1970 obtuvo una beca para estudiar en la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR) en Siguatepeque, en la carrera de Técnico en Dasonomía.

1974 trabajo en la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR) como técnico en la Unidad de Manejo Forestal de Catacamas, Olancho desempeñándose en el área de Protección Forestal (Incendios y Plagas Forestales).

1980 estudio en la Universidad Austral de la ciudad de Valdivia de Chile.

1981-1982 Obtuvo la capacitación y profesionalización **“Perfeccionamiento y Entrenamiento en Manejo Integrado de Plagas, con énfasis en Entomología y Fitopatología Forestal”**

1982 estuvo a cargo de la unidad de Sanidad Forestal del Departamento de Protección Forestal COHDEFOR logrando emprender acciones de detección y control de plagas y enfermedades. Ante la problemática de insectos descortezadores en Honduras fue capacitado en el Servicio Forestal de Texas en Estados Unidos y la Universidad de Chapingo México, y con el apoyo USAID con el fin de ampliar sus conocimientos sobre los insectos descortezadores.

Como técnico Coordinador Nacional de la Sanidad Forestal apoyo la situación de control de plaga de insectos descortezadores *Dendroctonus frontalis* e *Ips sp* en Nicaragua (1993) y Belice (2000) mediante inspecciones y diagnósticos de la situación prevaleciente en aquel momento.

2001 reingresa a UNACIFOR con apoyo de la Cooperación Finlandesa para obtener el título de Ingeniero Forestal, con el fin de continuar compartiendo conocimientos sobre el Manejo Integrado de Plagas Forestales.

2002 elabora su tesis de grado con el título “**Determinación de la Efectividad de los Químicos: Aguarrás, Etanol y Frontalín, como Atrayentes del *Dendroctonus frontalis*, en la ciudad de Siguatepeque, Comayagua, Honduras C. A. Noviembre del 2002.**”

Después de 36 años laborando en COHDEFOR se dedicó a trabajar como consultor independiente, en proyectos nacionales con apoyo de los Organismos Internacionales como: USAID–ICF, COLPROFORH-ICF-BCIE, SERNA- CATIE- USAID, FAO–OIRSA, USFS-IP, ICF-PROBOSQUE–BID, FAO-FINNIDA-CCAD, Grupo Forestal Noruego (NFG-ESNACIFOR-BID) entre otras. Logrando realizar varias publicaciones sobre insectos descortezadores y otros agentes causales, con expertos internacionales como el Dr. Ronald F. Billings, Dr. Jorge Macías, otros.

ÍNDICE

Prologo	7
Introducción	8
Descripción Morfológica de <i>Dendroctonus</i>	10
Características Generales del Género <i>Dendroctonus</i>	12
Cabeza	16
Tórax	18
Abdomen	20
Distribución Territorial de <i>Dendroctonus</i> en Honduras	22
Descripción Morfológica de las Especies de <i>Dendroctonus</i> Reportadas en Honduras	23
<i>Dendroctonus frontalis</i> . Zimmerman 1868	23
Filogenia de la Especie de <i>Dendroctonus frontalis</i>	23
Características Generales	23
Descripción Molecular de <i>Dendroctonus frontalis</i> en Honduras	27
Distribución Territorial de <i>Dendroctonus frontalis</i> en Honduras.	27
<i>Dendroctonus mesoamericanus</i> . Armendáriz-Toledano & Sullivan 2015	29
Filogenia de la Especie de <i>Dendroctonus mesoamericanus</i>	29
Características Generales	29
Descripción Molecular de <i>Dendroctonus mesoamericanus</i> en Honduras	33
Distribución Territorial de <i>Dendroctonus mesoamericanus</i> en Honduras	33
<i>Dendroctonus valens</i> . Le Conte 1860	37
Filogenia de la Especie de <i>Dendroctonus valens</i>	37
Características Generales	37
Descripción Molecular de <i>Dendroctonus valens</i> en Honduras	41
Distribución Territorial de <i>Dendroctonus valens</i> en Honduras	42
<i>Dendroctonus parallelocolis</i> . Chapuis 1869	45
Filogenia de la Especie de <i>Dendroctonus parallelocolis</i>	45
Características Generales	45
Descripción Molecular de <i>Dendroctonus parallelocolis</i> en Honduras	49
Distribución Territorial de <i>Dendroctonus parallelocolis</i> en Honduras	49
Especies de <i>Dendroctonus</i> Reportadas de forma bibliográfica en Honduras	51
<i>Dendroctonus adjunctus</i> Blandford 1897	51
Filogenia de la Especie de <i>Dendroctonus adjunctus</i>	51
Características Generales	51
Distribución Molecular de <i>Dendroctonus adjunctus</i>	52
Distribución Territorial de <i>Dendroctonus adjunctus</i>	52
<i>Dendroctonus approximatus</i> . Dietz 1890	54
Filogenia de la Especie de <i>Dendroctonus approximatus</i>	54
Características Generales	54
Descripción Molecular de <i>Dendroctonus approximatus</i> en Honduras	55
Distribución Territorial de <i>Dendroctonus approximatus</i>	55
Identificación Molecular de Gorgojo Descortezador <i>Dendroctonus</i> (Erickson) en Honduras.	56
Distribución actual y potencial de las especies del género <i>Dendroctonus</i> en Honduras	62
Riqueza y presencia de las especies de <i>Dendroctonus</i> en Honduras	62
Distribución Potencial Según Época (seca y Lluviosa) de las especies de <i>Dendroctonus</i> en Honduras	64
Bibliografía	80

PROLOGO

En este catálogo, nos sumergimos en el mundo de la morfología y la determinación molecular del gorgojo descortezador presentes en Honduras, especies cuya anatomía y genética ofrecen fascinantes perspectivas sobre la evolución y la ecología de nuestros ecosistemas forestales. Adentrándonos en el comportamiento que desempeñan en los ecosistemas forestales. Los gorgojos descortezadores de pino, a simple vista, podrían parecer insignificantes, pero su impacto en los bosques es monumental. Con una precisión milimétrica, estos pequeños insectos se abren paso a través de la corteza de los pinos, dejando un rastro del daño que ocasionan. Sin embargo, su papel en la ecología del bosque va más allá de la destrucción.

Este catálogo explora la morfología y biología molecular de los gorgojos descortezadores, desde sus características más importantes como: la intrincada estructura de sus antenas hasta las diminutas setas de sus élitros, así como el código genético de estos insectos, desentrañando las complejidades de su herencia evolutiva y su interacción con el medio ambiente. Desde la secuenciación de ADN hasta el estudio de expresión génica, cada experimento revela capas adicionales de comprensión sobre la biología y el comportamiento de estos.

También se examinó el impacto que tienen en los bosques hondureños, así como el impacto que ha tenido este organismo a través del tiempo en los ecosistemas de pino. Invitamos a los lectores a sumergirse en el mundo de los gorgojos descortezadores de pino, a entender y a conocer la complejidad de su morfología y su variabilidad genética en nuestros bosques hondureños.

INTRODUCCIÓN

América Central cuenta con al menos 3,8 millones de hectáreas de pinares nativos (*Pinus spp*). De los países centroamericanos, Honduras es el que cuenta con mayor extensión de pinares, 2,5 millones de hectáreas aproximadamente, estos bosques están localizados principalmente en la parte centro, oriental y occidental del país. (COHDEFOR 2000). Las principales especies de coníferas que se encuentran en Honduras son *Pinus caribaea*, *P. ayacahuite*, *P. hartwegii*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*, en cuanto a las especies de *P. maximinoi* y *P. tecunumanii* están presentes en elevaciones más altas. (Billings, 2015).

A través del tiempo estos bosques han estado sometidos a diversas amenazas de agentes destructivos como son los huracanes, sequías, incendios, actividades humanas y plagas forestales, entre otras. Se atribuye que la reducción en la capacidad productiva y la pérdida de la calidad genética de las especies que los conforman están posiblemente asociada con el problema de los incendios y las plagas forestales. (Milton, Carlos, Bruno, Pablo, & Alberto, sa)

En Honduras el bosque de coníferas ha sido degradado y reducido en densidad, ocasionando una mayor cantidad de bosques ralos. Esta degradación ha sido generada por medio de explotaciones no sustentables, incendios que se producen cada vez con mayor frecuencia, malas técnicas de extracción de madera y plagas, especialmente la del gorgojo de pino. Honduras a nivel mundial de acuerdo con el Índice Global de Riesgo Climático, es el país más afectado por el fenómeno de cambio climático, altas temperaturas y prolongadas sequías que han generado que la presencia del descortezador del pino sea cada vez más frecuente. (Paladines, 2017)

Se han documentado varias plagas forestales de impacto económico para los pinares de la región centroamericana, siendo una de las más importantes la del gorgojo descortezador de pino *Dendroctonus frontalis* Zimmermann (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). En su morfología presentan un exoesqueleto duro de color marrón-rojizo hasta negro, su cuerpo oscila entre 0.1 y 0.6 cm. son edáficos cavando galerías debajo de la corteza del árbol para alimentarse. Este insecto es considerado la principal plaga de los pinares en Belice, Guatemala, Nicaragua, El Salvador y Honduras. (Val & Romero, 2017)

La subfamilia Scolytinae, contiene más de 1,200 especies en América del Norte y Centroamérica, con diferencias en su morfología y biología. En el continente americano existen más de 50 especies, sin embargo, solo algunas especies son conocidas en Honduras y constituyen una amenaza para nuestros pinares (H., Midtgaard, R., Leveron, & Espino, 2005)

Los insectos del género *Dendroctonus* son los descortezadores del pino principalmente el *Pinus oocarpa* (árbol nacional de Honduras). Debido a la abundancia poblacional de estos insectos y al daño que provocan al bosque de coníferas, son considerada una plaga y por ende su control se vuelve una prioridad inminente. (MFI, 2015).

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE *Dendroctonus*.

Durante las últimas décadas, se ha ganado un mayor conocimiento de la taxonomía, biología y comportamiento de ciertos insectos descortezadores, particularmente los del género *Dendroctonus* el cual tiene un rango que se extiende desde el noreste y sur de los Estados Unidos hasta Nicaragua (Coulson y Klepzig 2011). Asimismo (Armendáriz-Toledano et al.2015; Seis y Bracewell2015) determina 20 especies descritas de *Dendroctonus* distribuidas en la región Neártica (18 especies), y dos especies en la región Paleártica.

La filogenia de *Dendroctonus* ha sido objeto de estudio en la literatura científica, en varios trabajos en donde han abordado su taxonomía y relaciones filogenéticas dentro del contexto de los Scolytinae y los Curculionidae, (Hopkins 1909) reconoció en la primera monografía del género *Dendroctonus* 24 especies ordenadas en divisiones, subdivisiones, secciones, subsecciones, series y subseries según características morfológicas. Debido a la alta variación morfológica intra e interespecífica de estas especies, el género estuvo sujeto a revisiones taxonómicas, siendo sinonimizadas por (Lanier & Wood 1968) por lo que (Thomas & Bright 1970; Furniss 2001) describieron nuevas especies o subespecies.

Actualmente (Wood 1983) incluye en el género 19 especies válidas y (Furniss 2001, Ruíz et al. 2009) dividen a uno de ellos con dos subespecies, pero (Hopkins 1909; Wood 1963, 1982; Kelley y Farrell 1998; Zúñiga et al. 2002) los organizan en seis grupos o complejos de especies respaldadas por características morfológicas, comportamiento, ecológicas, cromosómicas y moleculares. El complejo está compuesto por seis especies; *Dendroctonus adjunctus*, *D. approximatus*, *D. frontalis*, *D. brevicomis*, *D. mexicanus* y *D. vitei*. Según (Wood 1974; Wood 1982, Lanier et al. 1988) establecen que tres especies dentro del complejo; *D. frontalis*, *D. mexicanus* y *D. vitei* son particularmente problemáticos, ya que son muy similares morfológicamente y sus poblaciones pueden coexistir en el mismo espacio y tiempo en bosques de pino de México y Centroamérica (Armendáriz-Toledano et al. 2014).

Ciertas especies del género *Dendroctonus* son los descortezadores del pino cuyos hospederos son principalmente los árboles de *Pinus oocarpa* (árbol nacional de Honduras). Debido a la abundancia poblacional de estos insectos y a la infesta que provocan en los bosques de

coníferas, se le considera una plaga y por ende su control se vuelve una prioridad inminente (America & Zelaya, 2024).

Algunas de las especies del género *Dendroctonus* están entre los descortezadores más agresivos de los bosques de pino (Familia Pinaceae) de Norteamérica y Centroamérica (Wood 1982) en menor grado en Europa y China por la presencia de solo dos especies nativas (Grégoire 1988, Wang et al. 2010), ya que sus miembros colonizan a muchos árboles de las especies de los géneros *Larix*, *Picea*, *Pseudotsuga* y *Pinus* ya que se asientan y se desarrollan en el interior del árbol en una zona conocida como corteza. Entre el floema y xilema (madera) se encuentra el cambium; responsable del fluido y distribución de líquidos y nutrientes por toda la planta. Durante la construcción de cámaras y galerías por estos organismos en esta zona, el cambium se destruye, se obstaculiza el suministro de nutrientes y agua vitales para la planta y la cual sucumbe. (America & Zelaya, 2024).

La historia de los bosques de pino de Honduras está relacionada a continuas infestaciones epidémicas del gorgojo descortezador *D. frontalis* del pino. Se tienen reportes de que, en los últimos casi 60 años, han existido cuatro grandes infestaciones que ocurrieron con una diferencia aproximada de 10-15 años. En los periodos del 1986-1988, del 2000-2003 y del 2013- 2016, respectivamente en donde las extensiones afectadas se han ido incrementando de una infestación a otra en múltiples aproximados de 3. Así mismo la duración aproximada de cada periodo de infestación es de 4 años. Datos históricos entre los periodos comprendidos del 2006-2007 y 2010-2019 se ha determinado que el promedio anual de brotes es de 290 y el promedio de área afectada es de 3691.75429 ha a nivel nacional. (SAT, 2021)

La mayor o menor rapidez del avance de los brotes de plaga está en función de la disponibilidad de huéspedes susceptibles y de la agresividad (voracidad) del insecto. Aquellos bosques sometidos a intensivos aprovechamientos, establecidos en suelos pobres, densidades muy altas y un alto grado de individuos mal formados; con promedio de edades similares en áreas debilitadas por los incendios forestales y actividades de resinación, siendo más propensos al ataque de estos insectos. Esta información ha permitido el desarrollo y uso universal de técnicas para control directo (Billings et al. 1996b, Macías-Sámano et al. 2016).

El presente documento es un instrumento preparado para identificar correctamente a las especies del género *Dendroctonus* presentes en Honduras, lo que sin duda contribuirá a realizar diagnósticos más certeros de estas especies, así como ser una fuente de apoyo

accesible para investigadores y estudiantes de diversas disciplinas cuyo objeto de estudio sean estos descortezadores.

Características Generales del género *Dendroctonus*

En Honduras, las especies primarias del género *Dendroctonus* son consideradas la plaga más prominente y drástica de los bosques de pino, estos insectos presentan un ciclo biológico que comprende 4 etapas de vida (huevo, larva, pupa y adulto) teniendo una metamorfosis completa, el ciclo de vida de estas especies dura de 43 a 70 días dependiendo de las condiciones atmosféricas que prevalecen pudiendo tener 6 o 7 generaciones al año (por los cambios climáticos). Las especies del género *Dendroctonus* son un grupo de insectos conocidos como escarabajos descortezadores de pino que incluyen varios géneros y especies de la subfamilia Scolytinae / Orden Coleóptera. (America & Zelaya, 2024).

El género *Dendroctonus* incluye escarabajos descortezadores con una longitud promedio del cuerpo que oscila entre 1 y 8 milímetros (Figura N°1) aunque puede variar según las especies de este género (Armendariz-Toledano et al, 2017). El complejo *Dendroctonus* abarca el primer taxon que incluye las especies pequeñas como: *Dendroctonus frontalis* cuyo tamaño oscilan entre de 2.0 y 3.2mm y *Dendroctonus mesoamericanus* entre 2.9 mm a 4.9 mm. El segundo taxon contiene a las especies de tamaño mediano como *Dendroctonus parallelcollis* con una longitud del cuerpo entre 4.9 mm y 6.9 mm. El tercer taxon incluye a las especies de mayor tamaño como *Dendroctonus valens*, que mide de 5.3 mm a 8.3 mm (Armendariz-Toledano et al, 2017). Sin embargo, esta característica varía entre diferentes poblaciones y regiones geográficas, influenciada por la cantidad, calidad del alimento, así como por variables ambientales. Por lo anterior este carácter no es recomendable para la identificación de estas especies.

Estas especies presentan un pre-imago de color, que va de crema al marrón claro, pero una vez alcanzan la madurez, este puede cambiar a café oscuro, marrón rojizo o negro (Figura N° 1). El color de los adultos maduros en algunas especies (*D. parallelcollis*) es homogéneo entre la cabeza, tórax, abdomen, incluso los élitros, mientras que, en otras, la cabeza y el

pronoto son más oscuros que el abdomen y los élitros (*D. frontalis*, *D. mesoamericanus*, *D. valens*.) (Figura N°1). (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

El organismo adulto presenta pubescencia o vello, cuya longitud y grosor varía según su ubicación. La pubescencia en las laderas elitrales muestra diferencias de color, abundancia y tamaño entre especies. Según su longitud relativa se pueden clasificar en: cortas (menores que el ancho de interestrías), medianas (dos o tres veces el ancho) y largas (más de tres veces el ancho de interestrías) (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

El cuerpo del adulto está recubierto por un adorno cuticular que proporciona relieve a la superficie de la cabeza, pronoto y élitros; y se puede clasificar en relieve alto-bajo, dependiendo de que si la cutícula está en altura o en depresión. Particularmente en relieve están los gránulos (cutícula en pequeñas cantidades), tubérculos (protuberancias cuticulares prominentes) y crenulaciones (elecciones planas con bordes convexos y cóncavos en la base); En bajo relieve destacan las partituras (surcos ovalados o circulares de diferente diámetro y profundidad), estrías (surcos estrechos y longitudinales) y muescas (surcos anchos y longitudinales). (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

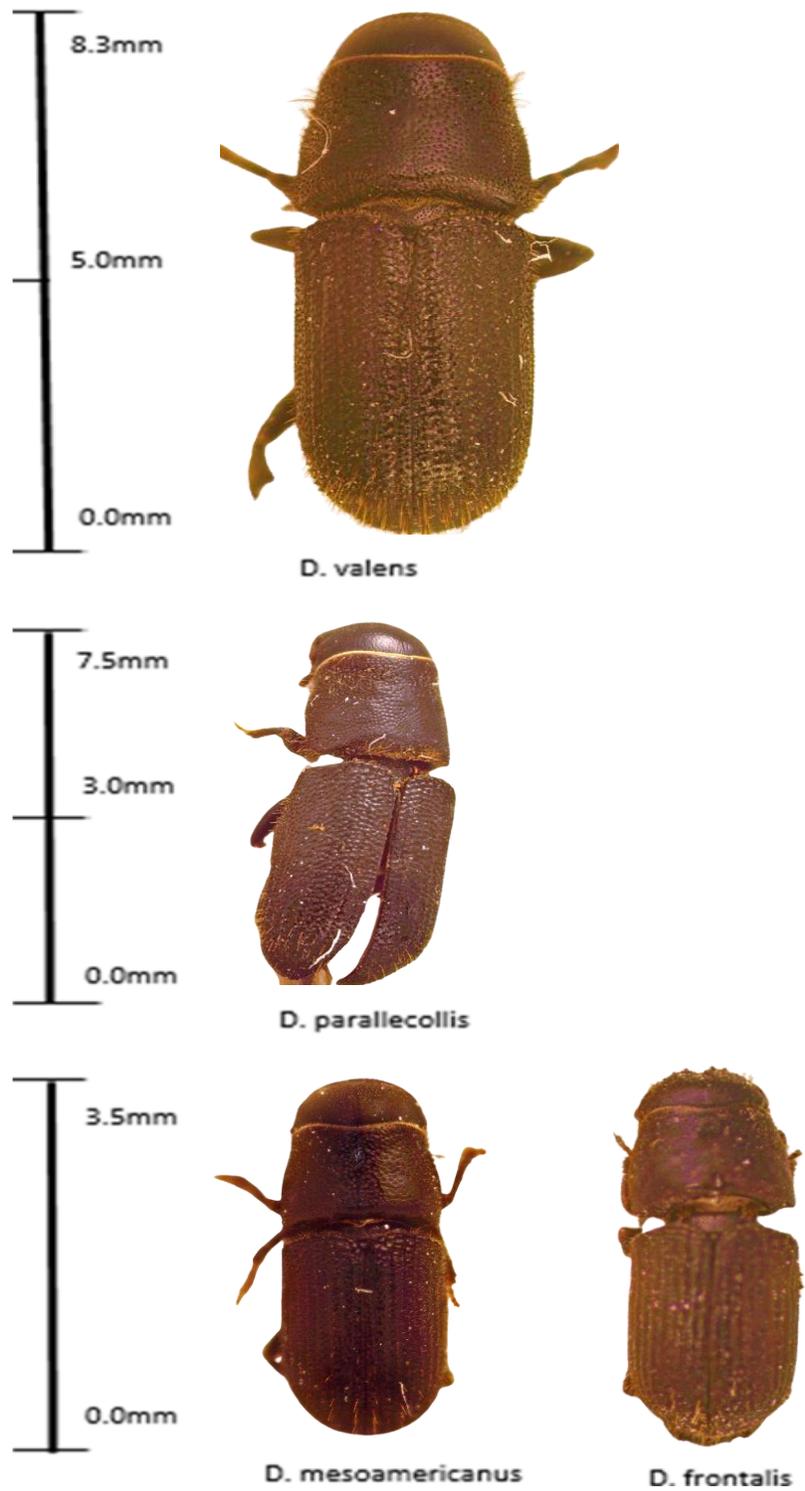


Figura N° 1. Vista dorsal representativa de las 4 especies de *Dendroctonus* reportadas y distribuidas en Honduras, según proyecto de Investigación.

Presentan una cabeza bien desarrollada con antenas relativamente cortas teniendo una forma característica de maza o clavola. El tórax es robusto cubierto por una coraza dura y estriada. En algunas especies, el tórax puede presentar características específicas para cada especie útiles para la identificación. En el caso de los escarabajos descortezadores del género *Dendroctonus*, los élitros suelen ser de color oscuro y estriados longitudinalmente. Las patas son relativamente cortas y robustas, adaptadas para excavar galerías en la corteza de los árboles. Las extremidades posteriores pueden tener adaptaciones específicas para facilitar el movimiento y la excavación. El abdomen puede variar en forma y tamaño según la especie, y en algunos casos, los machos y hembras pueden presentar diferencias morfológicas en esta región del cuerpo. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

Según (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017), el cuerpo de las especies del género *Dendroctonus*, como en otros insectos, se encuentra dividido en segmentos, que se agrupan en tres distintas regiones o tagmas: cabeza, tórax y abdomen (Figura N°2).

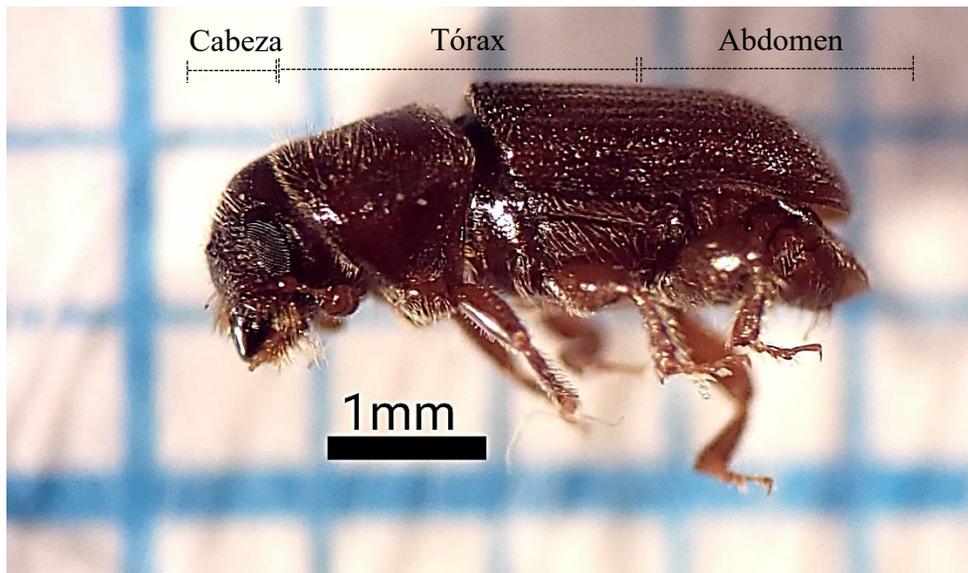


Figura N° 2. Vista lateral de *Dendroctonus*. Representando sus 3 tagmas o regiones cabeza, tórax (Pronoto) y abdomen (Élitros).

Las principales funciones de la cabeza son la percepción sensorial, la integración neuronal y la ingesta de alimentos, en cuanto al tórax es un segmento móvil que contiene las patas y las alas, el abdomen alberga la mayoría de los órganos viscerales, incluidos los sistemas

digestivo, excretor y reproductivo. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

Cabeza

Los elementos de la cabeza en especies del género *Dendroctonus* a diferencia de otros grupos de escarabajos, son menos visibles ya que están fusionados y no tienen líneas ni suturas que los demarquen. La cabeza consta de las siguientes estructuras: epistoma, frente, ápice y epicráneo (Figura N°3). De estos elementos, la frente y el epistoma son los que presentan diferencias conspicuas para la identificación de sexos, especies o grupos de especies. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

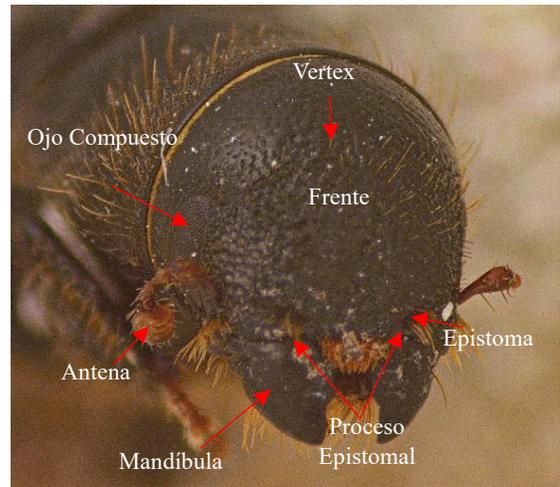


Figura N°3. cabeza en vista frontal

- **El Epistoma** son escleritos ubicados en la parte inferior de la frente y la mandíbula superior, sirviendo como un puente rígido para la cavidad bucal y las partes laterales de la mandíbula, proporcionando el soporte necesario para la articulación de la mandíbula. En la región central superior del epistoma se desarrolla el **Proceso Epistomal**, atributo diagnóstico del género que tiene valor taxonómico para la identificación de la especie (Figura N°4). (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

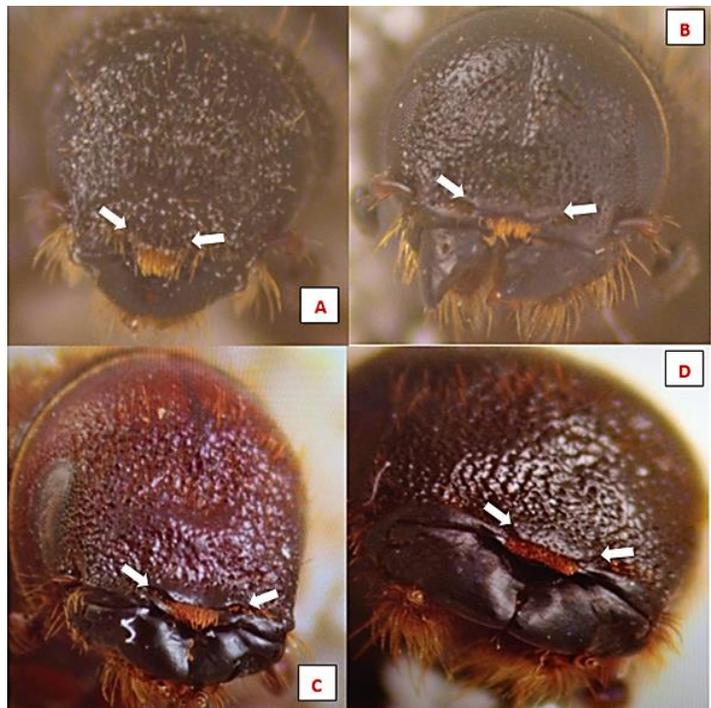


Figura N° 4. Proceso Epistomal de algunas especies del género *Dendroctonus* presentes en Honduras.

- **Proceso Epistomal** es una estructura formada por un par de

elevaciones laterales (“brazos”) en la zona epistomal, ubicadas directamente en el centro inferior de la frente. Los brazos están separados en la parte media por una región plana que en su área inferior presenta abundante pubescencia, de tamaño homogéneo, que se denomina **Cepillo Epistomal**. El ancho relativo, el grado de elevación y el ángulo de los brazos del Proceso Epistomal con respecto a la horizontal de la frente representan distinciones útiles para identificar especies de *Dendroctonus* (Figura N°4). (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

- **La Frente** es un área no limitada por suturas, fusionada en su parte anterior con el epistoma y posteriormente con el epicráneo, limitado lateralmente por los ojos. Muestra una variada escultura cuticular con elementos que permiten diferenciar género y especie (Figura N°3). Otra característica importante es la presencia de un **Surco medio en la frente**, que va desde el borde inferior hasta el borde superior de esta región (al nivel del borde superior del ojo). *D. frontalis* presenta estos surcos bien desarrollados, mientras que están ausentes en: *D. parallelocollis* y *D. valens*. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

- **Las Antenas** constan de tres regiones denominadas **escapo**, **funículo** y **maza antenal** (Figura N°5). **El escapo** es un segmento alargado en forma de “S”, que se une a la cabeza en un extremo y al funículo antenal en el otro. **El funículo antenal** está compuesto por cinco antenómeros más estrechos que el escapo, unidos entre sí y conectados a la maza antenal. El primer antenómero,

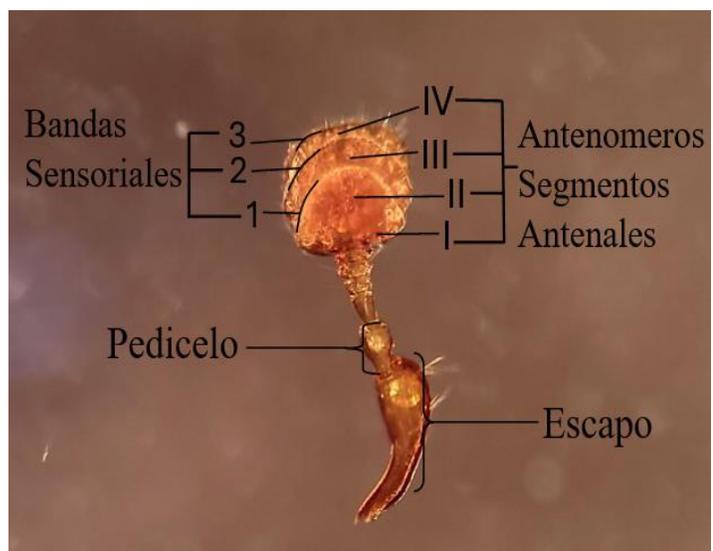


Figura N° 5. Anatomía de la antena de *Dendroctonus* en vista anterior

llamado **pedicelo**, es más largo que el segundo, mientras que los últimos tres son un poco más grandes y tienen forma de trapecio. **La clava** o **maza antenal** la conforman cuatro antenómeros separados entre ellos por tres bandas sensoriales que rodean total o parcialmente a la maza (Figura N°5). El color y la forma de la maza antenal, la disposición

de las sensilas y el grado de curvatura de las bandas sensoriales, son características importantes para identificar algunas especies del género. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

Tórax

El tórax posee tres segmentos: anterior o protórax, medio o mesotórax, y posterior o metatórax. Se pueden identificar porque en cada uno se encuentra un par de patas (Figura N°6A). El pronoto es el único segmento que se reconoce en posición dorsal (Figura N°6B y 6C), ya que a los otros dos los cubre el primer par de alas. El mesonoto y metanoto se

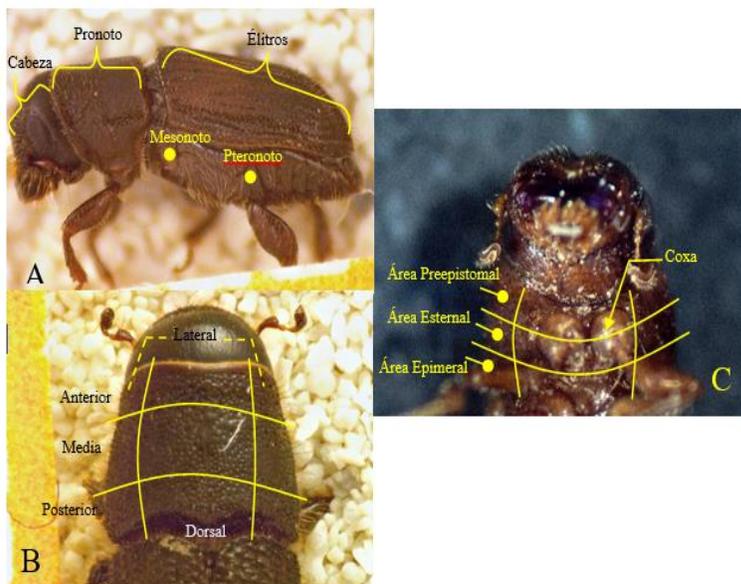


Figura N° 6. Anatomía general de un adulto de *Dendroctonus*, A) Cuerpo en vista lateral, B) Cabeza-pronoto en vista dorsal y C) Cabeza y protórax en vista ventral.

diferencian debido a que en ellos se articulan los élitros y el segundo par de alas, respectivamente. En *Dendroctonus* como en otros escarabajos, el primer par de alas cubre dos tercios del tórax (mesonoto y metanoto) y todo el abdomen, de modo que en un ejemplar con élitros cerrados solo podrá verse la cabeza, el primer segmento del tórax (pronoto) y los élitros en posición dorsal (Figura N°6A). (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

El protórax es el segmento que muestra notables variaciones entre sexos y especies de estos insectos. Está conectado en su parte frontal a la cabeza y en la parte posterior al mesonoto. Es el segmento más largo del tórax y no presenta líneas o suturas dorsales o latero-ventrales; El protórax puede dividirse, dorsalmente en anterior, medio y posterior; latero-ventralmente, en área preepisternal, episternal y epimeral (Figura N°6C). (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

En este segmento, las hembras de *D. frontalis* y *D. mesoamericanus*, presentan un elevado callo transverso en la región anterior que está ausente en machos y hembras de otras especies del género. Por otra parte, en vista dorsal, otras especies muestran una constricción abrupta (Figura N°1) en el primer tercio anterior del protórax, excepto *D. parallelocollis*, cuya región anterior es casi tan amplia como la posterior y sin constricción abrupta. Las hembras y los machos de *D. mesoamericanus* y algunos especímenes de *D. parallelocollis* se pueden identificar por la presencia de una serie de estrías paralelas en las áreas anterolaterales del protórax, justo en el área preepisternal. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

Los élitros se distinguen por ser rígidos y protectores, resguardando el segundo par de alas, que son membranosas. Se dividen en dos áreas en vista lateral: el disco, una región plana que corresponde a los dos tercios anteriores, y el declive, una región convexa que representa el tercio distal, la superficie de los élitros presenta en sentido longitudinal, impresiones en la escultura y filas de puntuaciones, que en conjunto reciben el nombre de estrías. (Figura N°7). (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

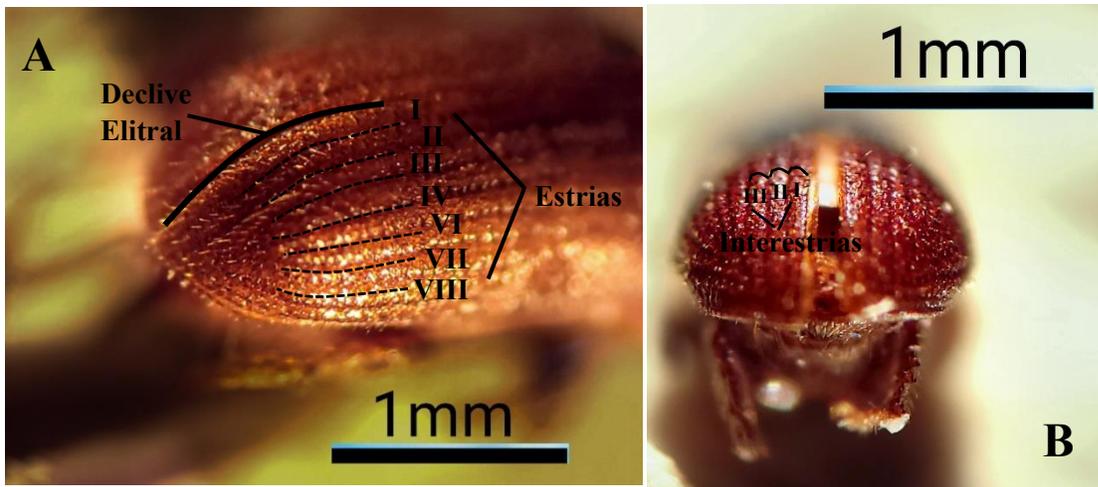


Figura N°7. Anatomía general de un adulto de *Dendroctonus*, a) élitros en vista latero-posterior, b) abdomen y declive elitral en vista ventral.

De los elementos del declive elitral, la vestidura o pubescencia también es un carácter de importancia taxonómica. Por ejemplo, en *D. parallelocollis* el tamaño de las pubescencias presentes en el declive elitral, son de mayor longitud. El color de las pubescencias es otro

atributo que permite diferenciar a algunos taxones. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

Abdomen

El Abdomen está conformado en la parte dorsal por ocho segmentos denominados terguitos, cubiertos por los élitros, que se enumeran del uno al ocho en sentido anterior-posterior (Figura N° 8). Los primeros seis terguitos están poco esclerosados, son rectangulares y mucho más anchos que largos; por el contrario, el séptimo y el octavo se encuentran muy esclerosados, presentan formas complejas y su relación ancho-largo es similar. Los dos últimos terguitos

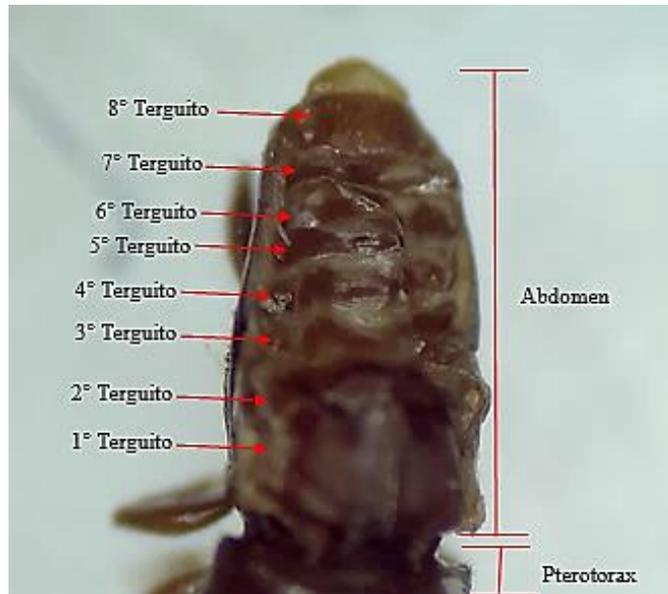


Figura N° 8. Anatomía del abdomen de *Dendroctonus* en vista dorsal

reciben los nombres de **propigidio** y **pigidio**. En este último desemboca la cloaca, donde convergen el tubo digestivo y el aparato reproductor. El propigidio (séptimo terguito) es el segmento que permite diferenciar a los sexos de todos los miembros del género. En las hembras, el borde de este segmento es entero y ovalado, mientras que en los machos el borde distal presenta una prolongación dividida en dos pequeños lóbulos muy esclerosados que reciben el nombre de “raspadores”. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

Los lóbulos tienen contacto directo con un área estriada transversalmente que se encuentra dentro de la cara interna del declive elitral, cuando los escarabajos mueven el abdomen y los élitros están cerrados, estos lóbulos raspan el área estriada y producen estridulaciones. En las especies grandes, este sonido brinda un método conveniente para reconocer a los machos. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

En cuanto a la genitalia, se describen los genitales masculinos, ya que en la mayoría de las especies del género no se han estudiado variaciones en la estructura de los genitales

femeninos. El sistema reproductor masculino son los testículos, tres pares de estructuras glandulares, dos pequeños conductos seminales, los conductos eyaculadores y los órganos genitales que constan de tres estructuras escleróticas, el pene o edeago, las espículas y el tegmen. El pene tiene forma de cápsula que tiene dos aberturas: proximal y distal; El edeago contiene el tallo seminal y ancla, proximalmente, dos delgadas extensiones paralelas llamadas **apodemas**, sobre las que descansa el tegmen, un pequeño segmento trapezoidal. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)



Figura N° 9. Varillas seminales y espermateca del género *Dendroctonus*; a) Varilla seminal *D. frontalis*, b) Varilla seminal *D. mesoamericanus*, c) Varilla seminal *D. parallellocollis*, d) Varilla seminal *D. valens*, e) Espermateca *D. frontalis*, f) Espermateca *D. mesoamericanus*.

El ancla es una placa en forma de herradura, conectada dorsalmente por la **varilla seminal**; Esta estructura consta de dos brazos, unidos distalmente por una barra transversal curva o por una fina capa de cutícula incolora. La varilla es la estructura que dirige el flujo de semen durante la cópula; Consta de una zona proximal de la válvula y en la zona distal del “cuerpo”. La válvula seminal tiene dos brazos laterales que pueden ser paralelos al eje anteroposterior del cuerpo del tronco u oblicuos; Además, la válvula puede tener o no expansión en su área proximal. (Figura N° 9). (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017).

Las características de la varilla seminal y del ancla son rasgos muy valiosos para la identificación de especies dentro del género, aunque algunas de ellas muestran poca variación intraespecífica. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

Distribución territorial de *Dendroctonus* en Honduras.

En total se obtuvieron 3,104 registros de presencia del género *Dendroctonus* en Honduras. Estos datos abarcan las ocho regiones forestales (RFCO, RFEP, RFFM, RFNEO, RFNO, RFO, RFOC y RFY) distribuidas en los departamentos de Comayagua, Copán, Cortés, El Paraíso, Francisco Morazán, Intibucá, La Paz, Lempira, Olancho, y Yoro, así como 9 sitios de colecta directa realizados en los departamentos de La Esperanza, Comayagua, Ocotepeque, Francisco Morazán y el municipio de Olanchito Yoro.

Honduras se caracteriza por tres regiones geomorfológicas distintas: una región montañosa dividida en tres sistemas (Norte, Centro y Sur), y dos planicies costeras (Norte y Pacífico). Las especies del género *Dendroctonus* se distribuyen sobre los tres sistemas montañosos. En el sistema montañoso del Norte, con sierras como Espíritu Santo de Omoa y Nombre de Dios, *Dendroctonus* se encontró distribuido en el departamento de Cortés.

En el sistema montañoso del Centro, las especies del género *Dendroctonus* se encuentran ampliamente distribuidas en los departamentos de Yoro, Olancho, Copán, Lempira, Intibucá, Comayagua, La Paz, Francisco Morazán, y El Paraíso. En el sistema montañoso del Sur, las especies del género *Dendroctonus* se distribuyen en los departamentos de La Paz, Francisco Morazán, El Paraíso y Choluteca.

D. frontalis tuvo la distribución más amplia y el mayor número de registros de presencia, mientras que *D. parallelocollis* y *D. valens* tuvieron distribuciones más restringidas y un número de registros de presencia más bajo. La mayor simpatria geográfica de las especies del género se encuentra en el departamento de Comayagua. En otras regiones del Sistema Montañoso del Sur al menos tres especies tienen distribuciones en simpatria.

En resumen, el género *Dendroctonus* en Honduras se distribuye sobre los principales sistemas montañosos, y se encuentra ausente en las llanuras y zonas costeras, como la Mosquitia en el departamento de Gracias a Dios y la llanura del Pacífico en Valle y Choluteca. Además, Honduras sirve como corredor para estas especies, conectando con otros países y regiones hacia el norte y sur.

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LAS ESPECIES DE *Dendroctonus* REPORTADAS EN HONDURAS.

Dendroctonus frontalis. Zimmerman 1868.

Filogenia de la especie de *Dendroctonus frontalis*

Estudios filogenéticos han revelado las relaciones evolutivas de *D. frontalis* con otras especies, como *D. ponderosae*, *D. mexicanus* y *D. mesoamericanus*, entre otras. Estas especies comparten ancestros comunes y forman clados dentro del género *Dendroctonus*. Estos análisis han proporcionado información sobre la historia evolutiva de *D. frontalis*, incluyendo eventos de especiación, divergencia genética y adaptaciones evolutivas a diferentes hábitats y hospederos.

Características Generales

• **Tamaño**

En Honduras, el tamaño mínimo es de 1.34 mm y el tamaño máximo es de 5.63 mm, a comparación de los especímenes de México que van de un rango de tamaño mínimo de 2.00 mm y el tamaño máximo de 3.20; el promedio del tamaño de *D. frontalis* es de 3.49mm. (Figura N° 10)

Color

La coloración en *D. frontalis* varían de café

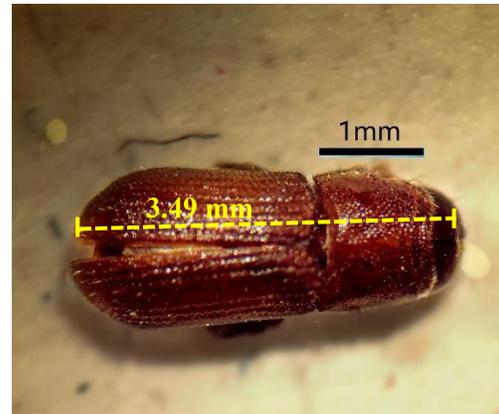


Figura N° 10. Tamaño promedio de *D. frontalis* reportado para Honduras

oscuro, café claro y negro. Las especies reportadas para Honduras presentaron un color predominante de café oscuro.

• **Cabeza**

Según Armendáriz-Toledano et al. (2018), la cabeza de este escarabajo se divide en varias regiones, entre las que se incluyen el epistoma, la frente, el vertex y el epicráneo; la cabeza sobresale del pronoto. (Figura N° 11)

Entre los elementos clave para la distinción de sexos están el surco medio y los tubérculos frontales,

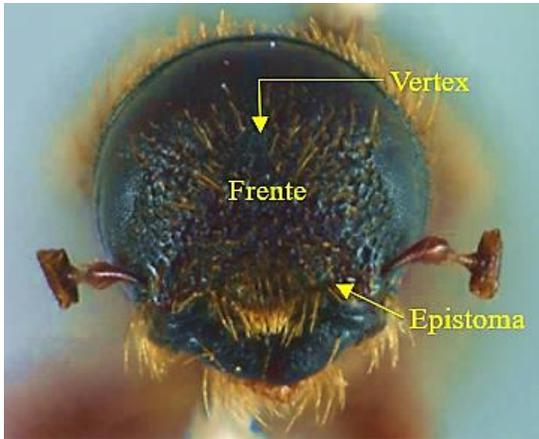


Figura N°11. Cabeza de *Dendroctonus frontalis*)

protuberancias que sobresalen de la región de la frente de la cabeza, justo antes de las antenas; en machos se muestran más prominentes con una medida máxima de 0.08 mm a comparación de las hembras que la medida máxima es de 0.06 mm. La separación entre los dos tubérculos frontales tiene una distancia promedio de 0.20mm. (Figura N° 12)

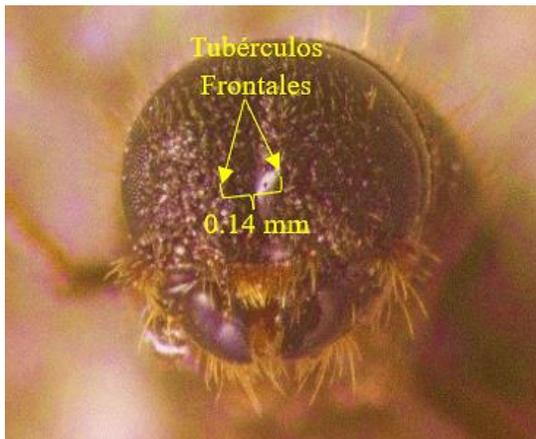


Figura N°12. Surco medio y Tubérculos Frontales de *Dendroctonus frontalis*

➤ **Los ojos** son compuesto, ovalados, largos, tiene una coloración oscura, con un promedio 0.45 mm de largo,

0.23 mm de ancho, están ubicados a cada lado de la cabeza con una separación amplia y con un promedio de distancia entre ojos de 0.79 mm en hembras y 0.80 mm en machos. (Figura N° 13)



Figura N°13. Ojo de *Dendroctonus frontalis*

➤ **Proceso Epistomal** está ubicado en la parte más baja de la frente, superior al cepillo epistomal, cuenta con brazos y parte media de donde surge la pubescencia del cepillo epistomal, tiene una forma de “U”, con un promedio del ancho del proceso epistomal para los machos es de 0.50 mm y de 0.14mm para las hembras, los brazos son amplios aproximadamente 50% entre la distancia de los ojos. Debajo del proceso epistomal se encuentra el cepillo epistomal el cual es un conjunto de setas o pubescencia

que se disponen simétricamente a lo largo del borde inferior, extendiéndose hasta la mitad de la longitud de la mandíbula; su coloración es café claro y el largo tiene un promedio de 0.15 mm. (Figura N° 14)

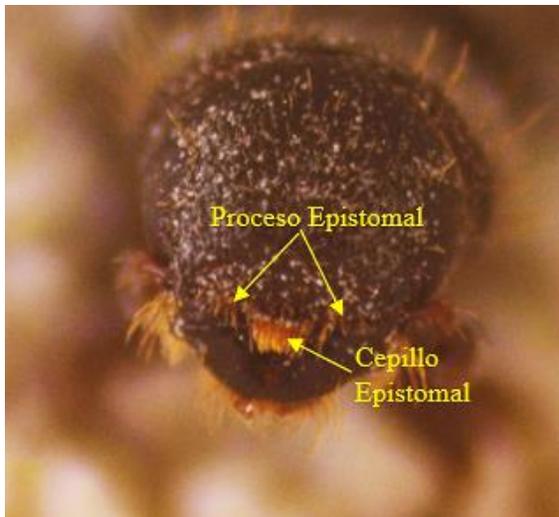


Figura N°14. Proceso y Cepillo epistomal de *Dendroctonus frontalis*

- **Las Antenas** son de tipo clavola y consta de tres regiones: el escapo, el funículo y la maza antenal. Esta estructura se extiende hacia la región entre los ojos, la clavola tiene una forma ovalada. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

El escapo es el primer segmento de la antena seguido por el funículo, que consta de cinco antenómeros. El primer segmento del funículo, conocido como pedicelo, es ligeramente engrosado, la maza antenal constituye la parte terminal de la antena

está compuesta por cuatro antenómeros separados por tres bandas sensoriales que rodean la clavola., también denominadas suturas tienen las cuales tienen una forma procurvada en el caso de *D. frontalis*. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017) (Figura N° 15)

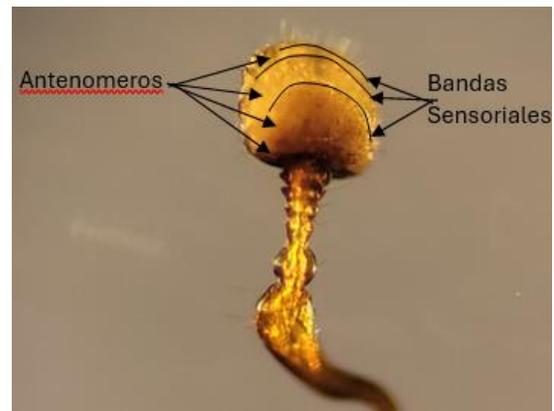


Figura N°15. Líneas Sensoriales de los antenómeros de *Dendroctonus frontalis*

- **Tórax**

se caracteriza por ser plano en la parte superior y granulado, una de las partes del tórax (protórax) presenta diferencias entre los sexos, transversalmente existe un callo micangial en el protórax. Este callo es un abultamiento que se distingue más en hembras en forma convexa en vista dorsal. En machos está ausente y de vista dorsal se observa recto en la parte anterior. (Figura N° 16) (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017).

En la parte ventral se encuentra la línea

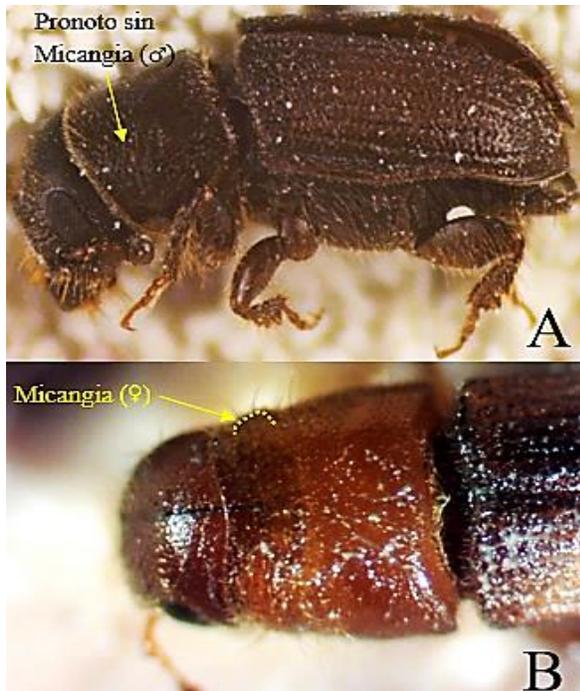


Figura N°16. Pronoto de *Dendroctonus frontalis*; A) Pronoto sin Micangia organismo macho, B) Pronoto con Micangia organismo hembra.

media del metatórax, entre el segundo y tercer terguito. El promedio en machos es 0.87 mm y en el caso de las hembras es 0.89 mm.

➤ **Élitros** El borde de los élitros son procurvados y granulados presentes en filas denominadas estrías, en cada élitro hay once estrías y diez interestrías pudiéndose observar mejor en el declive elitral. Las setas presentes en los élitros son de un color café claro, dispersas, cortas y uniformes a lo largo del declive elitral, el promedio de la longitud de élitros en machos es de

2.09 mm y en hembras es de 2.15 mm. (Figura N° 17).

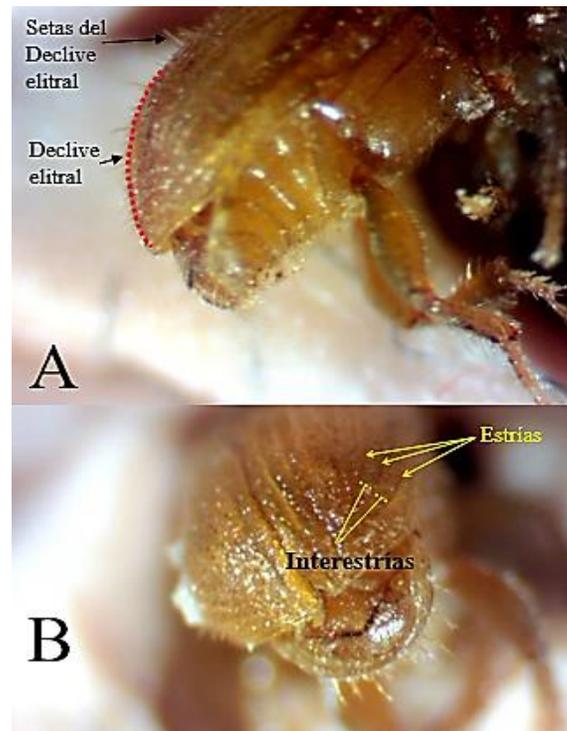


Figura N°17. Élitros de *Dendroctonus frontalis*; A) Declive elitral y setas del declive elitral, B) Estrías e Interestrías

• Abdomen

El abdomen está conformado por ocho terguitos, el cual esta recubierto por los élitros. En el último segmento es donde se puede encontrar la ovoteca, en el caso de las hembras o la varilla seminal en el caso de los machos. El promedio de longitud del abdomen es de 1.00 mm.

Esquemas de algunas estructuras morfológicas de *D. frontalis* de importancia taxonómica (Figura N° 18)

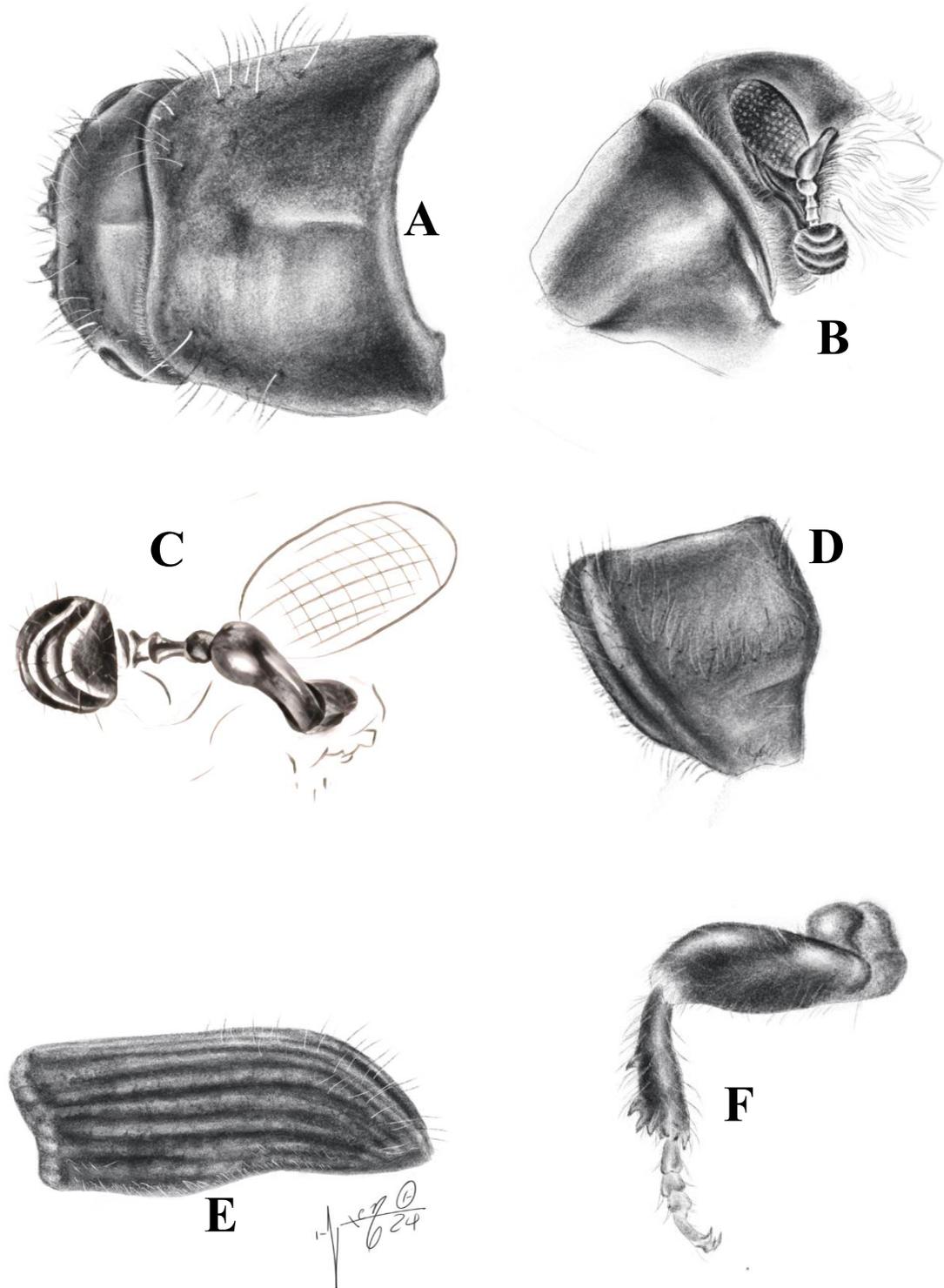


Figura N° 18. Dibujo técnico de la anatomía de algunas de las partes de la especie de *Dendroctonus frontalis* A) Cabeza, Pronoto vista dorsal, B) Cabeza, Pronoto y Antena vista lateral, C) Antena, D) Pronoto E) Élitros vista lateral, F) Pata trasera

Dendroctonus mesoamericanus. Armendáriz-Toledano & Sullivan 2015.

Filogenia de la especie de *Dendroctonus mesoamericanus*

Se ha demostrado que *D. mesoamericanus* está estrechamente relacionado con otras especies como *D. frontalis* y *D. mexicanus*. Estas especies comparten ancestros comunes y forman clados o grupos filogenéticos dentro del género *Dendroctonus*.

Los estudios filogenéticos también han revelado la posición de *D. mesoamericanus* en relación con otros géneros de escarabajos descortezadores dentro de la subfamilia Scolytinae. Esto incluye la identificación de relaciones filogenéticas con géneros como *Ips* y *Hylurgus*, entre otros.

Características Generales

• **Tamaño**

En Honduras *D. mesoamericanus*, su tamaño mínimo es de 1.30 mm y el máximo es de 5.01 mm en comparación a los especímenes de México que van de un rango de tamaño mínimo de 2.09 mm y un máximo de 4.90 mm, en promedio mide 3.78 mm, lo que indica que hay diferencias

en los tamaños de los organismos de Honduras y de México.

Color

La coloración en *D. mesoamericanus* varían entre café oscuro, café claro y negro. Siendo el más frecuente el café oscuro.

• **Cabeza**

Según (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017) la cabeza de esta especie sobresale del pronoto y se divide en varias regiones, entre las que se incluyen el epistoma, la frente, el vertex y el epicráneo. Los elementos clave para la distinción de sexos se encuentran en la región epistomal. En la frente se encuentran el surco medio y los tubérculos frontales que no son tan pronunciados en *D. mesoamericanus*; los tubérculos frontales presentan un tamaño promedio de 0.04 mm y no hay diferencia entre los sexos. La separación entre los dos tubérculos frontales tiene una distancia promedio de 0.21 mm. (Figura N° 20).

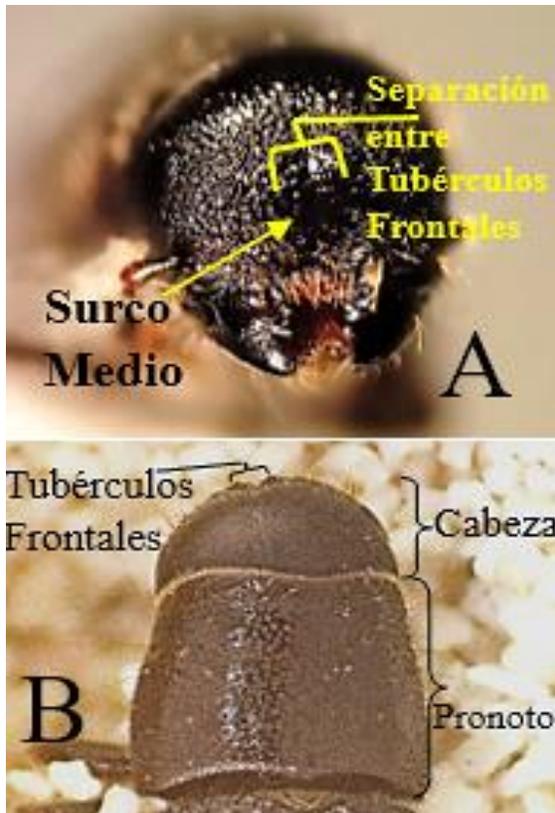


Figura N°20. Cabeza de *D. mesoamericanus* A) Separación entre tubérculos y Surco Medio B) Tubérculos frontales, Cabeza y Pronoto

- **Los ojos** son compuestos, ovalados, largos, de color oscuro, con un promedio de 0.46 mm de largo y 0.25 mm de ancho. Ubicados a los lados de la cabeza con un promedio de separación de 0.45 mm a 0.46 mm sin diferencia en la separación de los ojos según el sexo. (Figura N° 21).

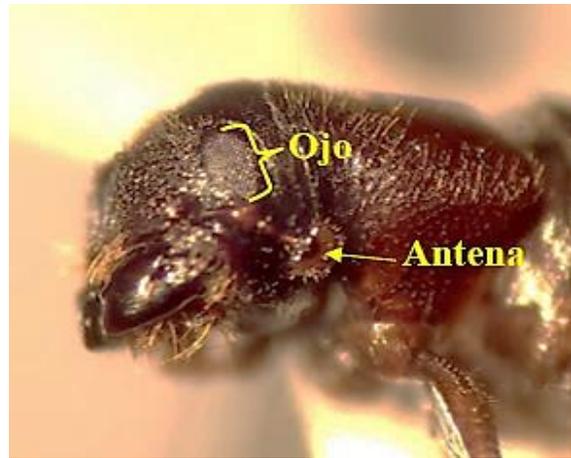


Figura N°21. Ojos y Antenas de *Dendroctonus mesoamericanus*

- **Proceso Epistomal** está ubicado en la parte inferior de la frente sobre el cepillo epistomal, presenta brazos y una parte media donde surge la pubescencia del cepillo epistomal, su forma es de “U” es un poco más amplia que la de *D. frontalis*, aunque también puede presentar una forma recta. En promedio varían 0.44 mm de ancho en hembras y 0.46 mm en machos. El cepillo epistomal es un conjunto de setas o pubescencia dispuestas simétricamente a lo largo del borde inferior, extendiéndose hasta llegar a la mitad de la longitud de la mandíbula, su coloración es café claro con un promedio de 0.50 mm de largo en hembras y 0.55 mm en machos. (Figura N° 22).

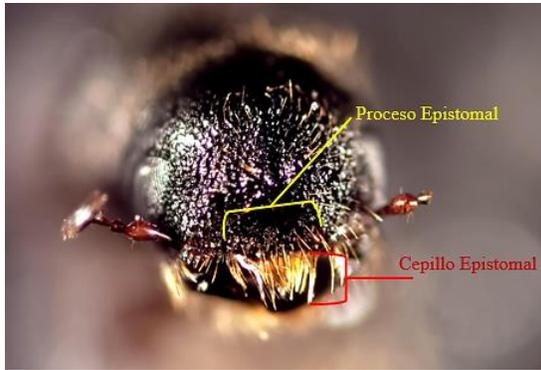


Figura N°22. Proceso y Cepillo epistomal de *Dendroctonus mesoamericanus*

- **Las Antenas** son de tipo clavola y consta de: escapo, funículo y maza antenal. Esta estructura se encuentra entre los ojos, la clavola tiene una forma ovalada- rectangular.

La maza antenal está compuesta por cuatro antenómeros separados por tres bandas sensoriales denominadas suturas de forma recurvada que rodean toda la clavola, la maza antenal presenta una forma más cuadrada (Figura N° 23).



Figura N°23. Antenas de *Dendroctonus mesoamericanus*

- **Tórax**

El tórax se caracteriza por ser plano en la parte superior y el protórax en las hembras presenta un callo micangial y ausente en los machos. En el área preepisternal presentan estrías paralelas en ambos lados del protórax. (Figura N° 24 y 25).

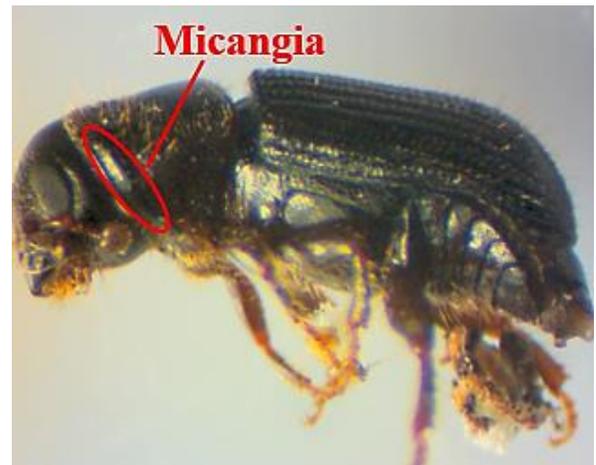


Figura N°24. Micangia en pronoto de organismo ♀ de *Dendroctonus mesoamericanus*



Figura N°25. *Dendroctonus mesoamericanus*, donde se distinguen las estrías

En Honduras el promedio de longitud del pronoto de *D. mesoamericanus* es de 1.02 mm, con un ancho 1.33 mm para machos y 1.37 mm para hembras. La longitud de cabeza - pronoto es de 1.38 mm para ambos sexos.

La línea del metatórax se encuentra entre el segundo y el tercer terguito en la parte ventral del tórax, terminando al comienzo del abdomen. La longitud promedio en machos es de 0.89 mm y en las hembras es 0.93 mm.

- **Élitros** procurvados y granulados, con diez estrías y nueve interestrías, setas de coloración clara, dispersas uniformemente y variadas en tamaño (cortas y largas) observándose mejor en el declive elitral, (Figura N°26 y 27).



Figura N°26. Setas del declive elitral de *Dendroctonus mesoamericanus*

El promedio de la longitud de los élitros es de 2.25 mm.

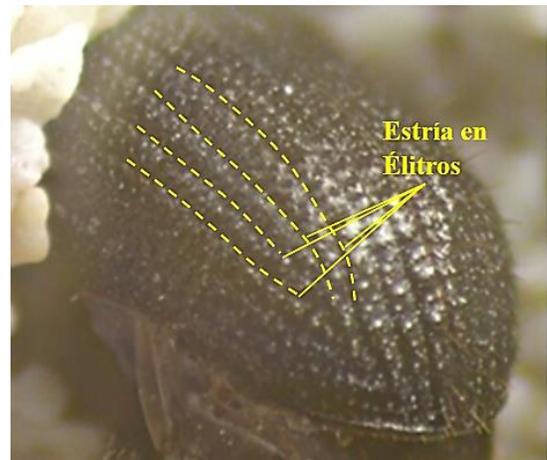


Figura N°27. Estrías del declive elitral de *Dendroctonus mesoamericanus*

- **Abdomen**

La parte del abdomen está conformado por ocho terguitos recubierto por los élitros. El último segmento del abdomen se encuentra la ovoteca en el caso de las hembras y la varilla seminal en los machos. El promedio de la longitud del abdomen es de 0.84mm en machos y 0.85 mm en hembras.

Esquemas y fotografías en microscopio electrónico de algunas estructuras morfológicas de *D. mesoamericanus* de importancia taxonómica (Figura N° 28 y 29)

Fotografías de Microscopio Electrónico de Barrido de *Dendroctonus mesoamericanus*

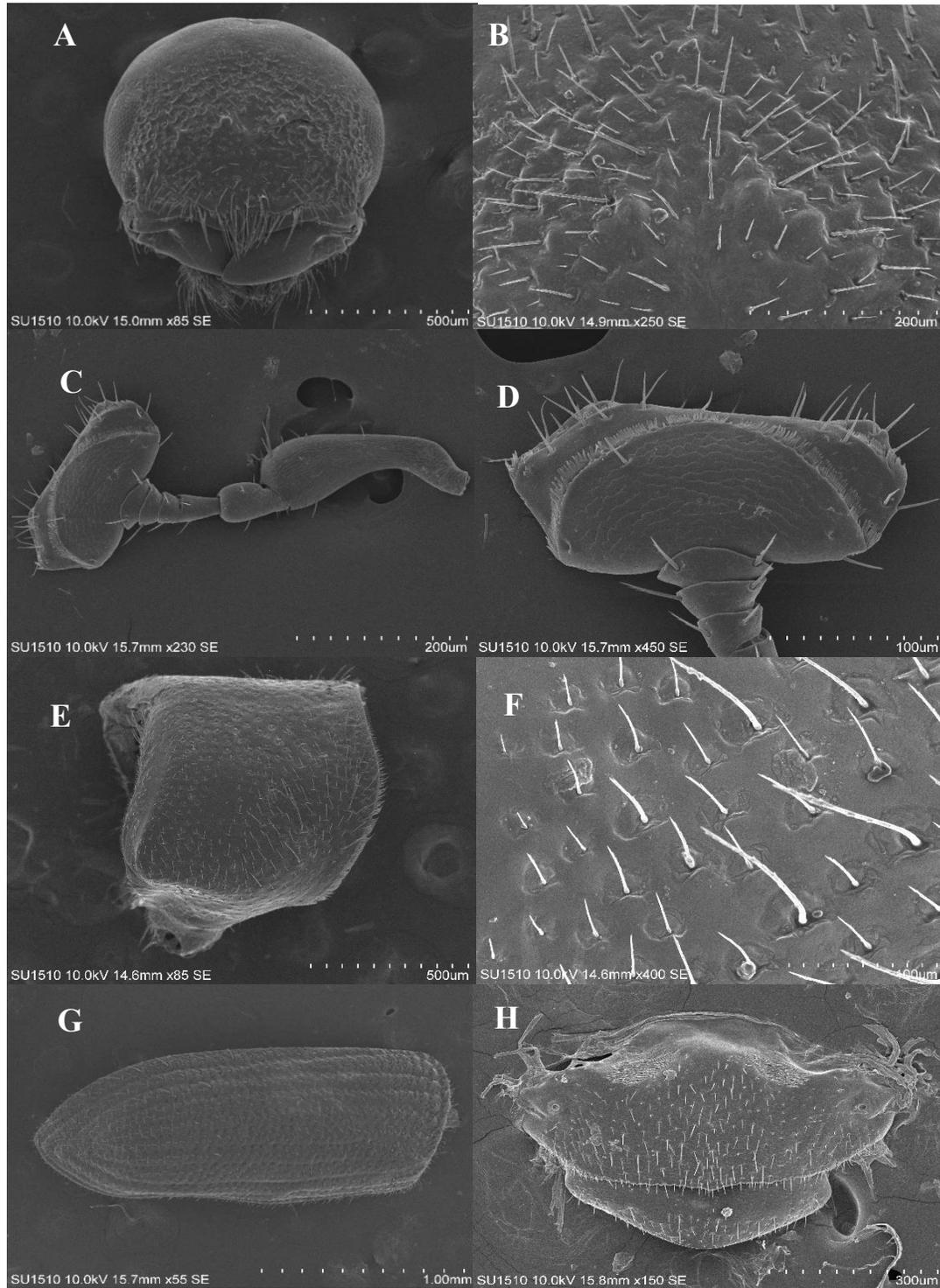


Figura N°28. Fotografías de Microscopio Electrónico de Barrido de algunas de las partes de la especie de *Dendroctonus mesoamericanus* A) Cabeza, B) Tubérculos Frontales, C) Antena, D) Maza Antenal, E) Pronoto, F) Setas del pronoto, G) Élitros, H) Ultimo Terguito Abdominal

Ilustraciones de la anatomía de *Dendroctonus mesoamericanus*

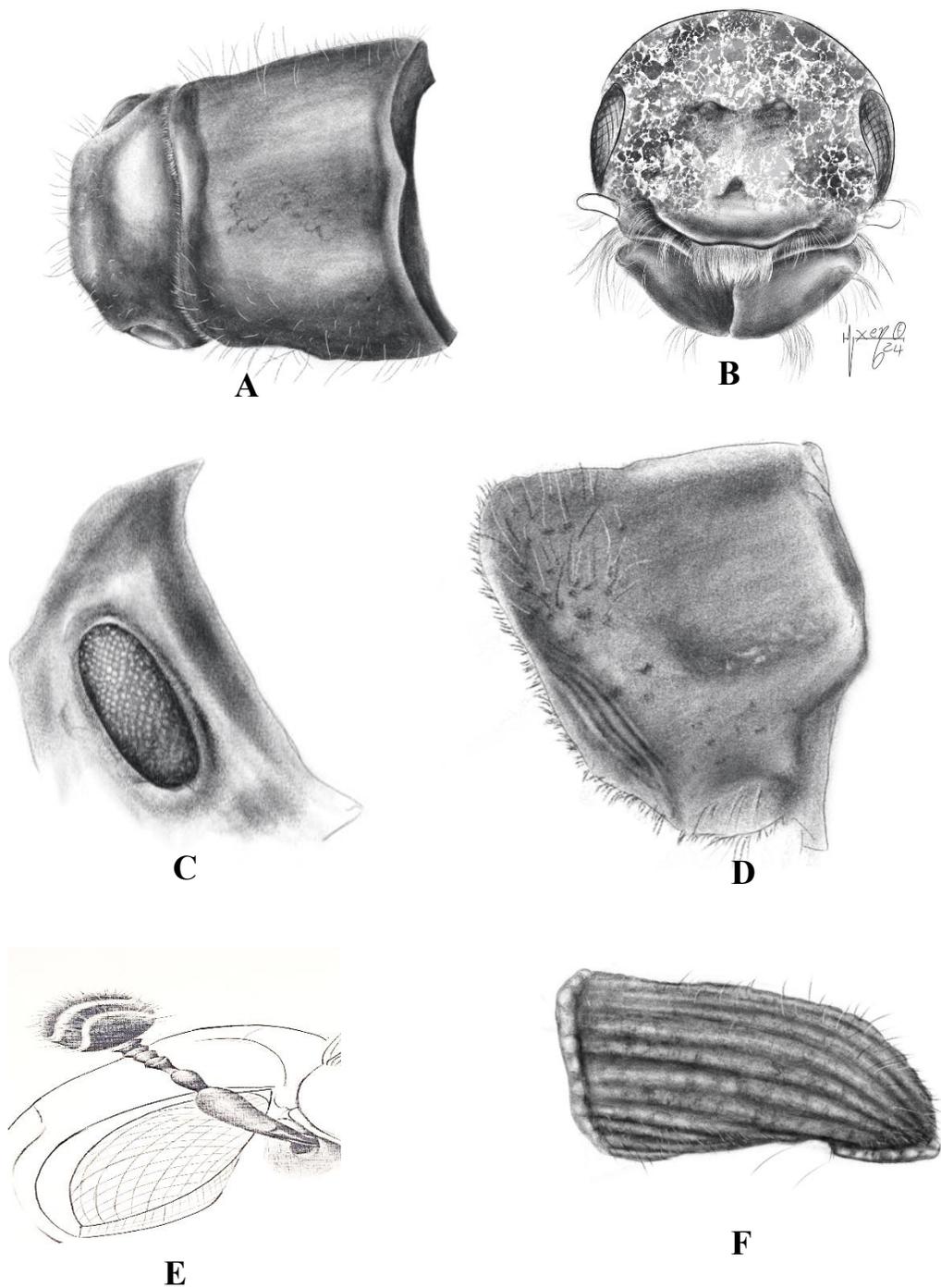


Figura N°29. Dibujo técnico de la anatomía de algunas de las partes de la especie de *Dendroctonus mesoamericanus* A) Cabeza, Pronoto vista dorsal, B) Proceso Epistomal C) Ojo vista lateral, D) Pronoto E) Antena vista frontal, F) Élitros vista lateral

Descripción Molecular de *Dendroctonus mesoamericanus* en Honduras

La región molecular del locus KT364536 revela información detallada sobre la estructura genética de la especie *Dendroctonus mesoamericanus*, un gorgojo de importancia en los ecosistemas tropicales. El tamaño del fragmento del gen COI, comprende aproximadamente entre los 750 a 1013 pares de bases de ADN lineal, esta información proporciona una visión profunda de la diversidad genética dentro de esta especie. El código de ACCESION NCBI, [KT364536.1](#), facilita la referencia y el acceso a la secuencia genética específica asociada con *D. mesoamericanus*, lo que es esencial para estudios evolutivos y taxonómicos. (NCBI, 2024)

El número cromosómico correspondiente a la especie es: (♀) 5 AA+XX; (♂) 5 AA + Xyp (Armendáriz-Toledano, Zúñiga, García-Román, Mendoza, & García-Navarrete, 2018)

Distribución territorial de *Dendroctonus mesoamericanus* en Honduras

D. mesoamericanus abarca los sistemas montañosos del norte, centro y sur, presenta una distribución más homogénea con valores muy equilibrados entre los departamentos de Comayagua con un 24% de la abundancia registrada para esta especie, Copán con un 23%, El Paraíso con un 20% e Intibucá con un 17%. Se registraron un total de 760 localidades donde hubo presencia. (Figura N°30)

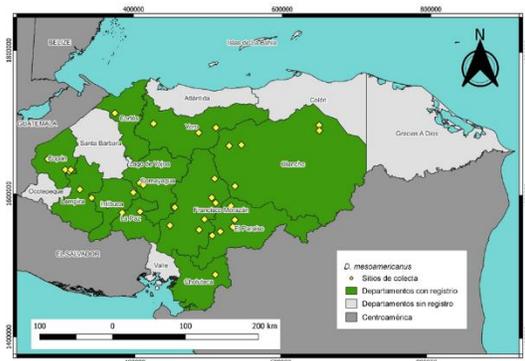


Figura N° 30. Ubicación geográfica de *D. mesoamericanus* en Honduras

Dendroctonus valens. Le Conte 1860.

Filogenia de la especie de *Dendroctonus valens*

Los análisis filogenéticos han demostrado que *D. valens* está estrechamente relacionado con otras especies de *Dendroctonus*, como *D. adjunctus* y *D. frontalis*. Estas especies comparten ancestros comunes y forman parte de grupos filogenéticos dentro del género *Dendroctonus*. Los estudios filogenéticos han proporcionado información sobre la diversificación de *D. valens* y los eventos de especiación que han dado lugar a la formación de poblaciones y subespecies. Esto incluye la identificación de patrones genéticos y divergencias evolutivas dentro de la especie.

Características Generales

- **Tamaño**

En Honduras, el tamaño mínimo es de 4.02 mm y el máximo es de 5.05 mm, con un promedio de 3.66 mm; En comparación con los organismos *D. valens* de México su tamaño mínimo es de 5.30 mm. y el máximo es de 8.30mm.

- **Color**

D. valens presenta una coloración entre café oscuro, café claro y uno un poco más rojizo, predominando el café oscuro.

- **Cabeza**

Según (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017), la cabeza se divide en: epistoma, frente, vertex y el epicráneo; la frente es plana y redonda, sin surco medio. En hembras presenta una protuberancia media a nivel de los ojos y la cabeza sobresale lejos del pronoto. Los elementos clave para la distinción de sexos se encuentran en el proceso epistomal y a nivel de los ojos se muestra una protuberancia media conspicua, en caso de ser hembra (Figura N° 31).

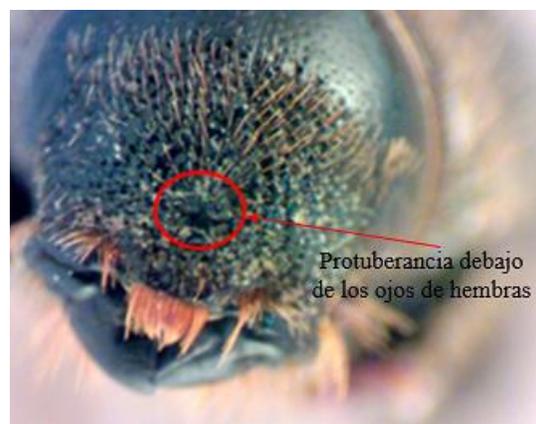


Figura N° 31. Protuberancia debajo de los ojos de *Dendroctonus valens* hembra

En la frente se encuentran el surco medio y los tubérculos frontales, en el caso *D.*

valens no son prominentes. El tamaño promedio de 0.04 mm para hembras y 0.01 mm con machos.

El surco medio no presenta una superficie cóncava (Figura N° 32), por el contrario, es liso y se distingue por una línea de coloración más oscura que el resto del cuerpo. La separación promedio entre los tubérculos frontales es de 0.19 mm en hembras y 0.28 mm en machos.

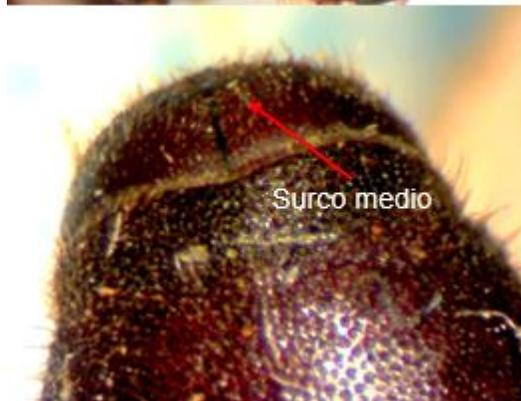


Figura N° 32. Tubérculos frontales y Surco medio de *Dendroctonus valens*.

➤ **Los ojos** son compuestos, largos, no tan arriñonados como las otras especies y oscuros, cada ojo se

encuentra a cada lado de la cabeza con una distancia promedio de 1.01 mm, el promedio de largo es 0.41 mm y el ancho de 0.24 mm (Figura N°33).

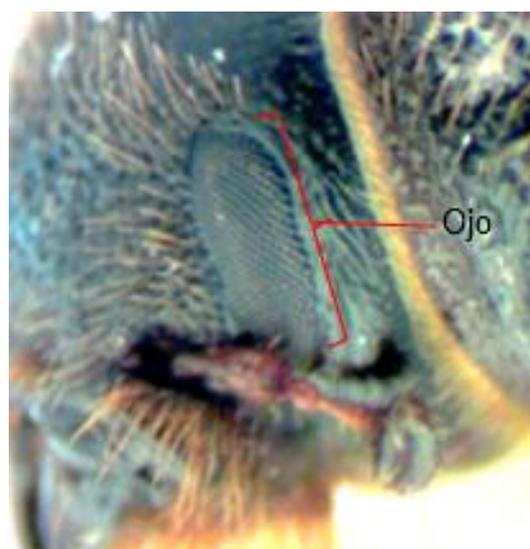


Figura N° 33. Ojo de *Dendroctonus valens*

➤ **Proceso Epistomal** se encuentra en la zona inferior de la frente por encima del cepillo epistomal, posee brazos y porción media de donde surge la pubescencia del cepillo epistomal. Su forma en línea recta es una característica distintiva de *D. valens* y el proceso epistomal también puede presentar una forma recta. El promedio del proceso epistomal es de 0.74 mm tanto en machos como en hembras. (Figura N°34). Debajo del proceso epistomal se encuentra el cepillo epistomal con un conjunto de setas o pubescencia que se disponen

simétricamente a lo largo del borde inferior, presentándose al igual que el proceso epistomal, recto; su coloración es de café claro con un promedio de 0.22 mm de largo en machos y 0.12 mm en hembra.



Figura N° 34. Proceso y Cepillo Epistomal de *Dendroctonus valens*

- **Las Antena** son de tipo clavola y consta de: escapo, funículo y la maza antenal. Esta estructura se ubica entre los ojos, la clavola tiene una forma cuadrada- trapezoidal, La maza antenal es corta, plana y simétrica, está compuestas por cuatro antenómeros separados por tres bandas sensoriales que rodean toda la clavola, desde la

primera línea sensorial se observan setas dispersas. (Figura N°35). En el caso de *D. valens* los cuatro antenómeros tiene el mismo color. Las bandas sensoriales, también denominadas suturas, en el caso de *D. valens* pueden ir desde rectas hasta procurvadas.

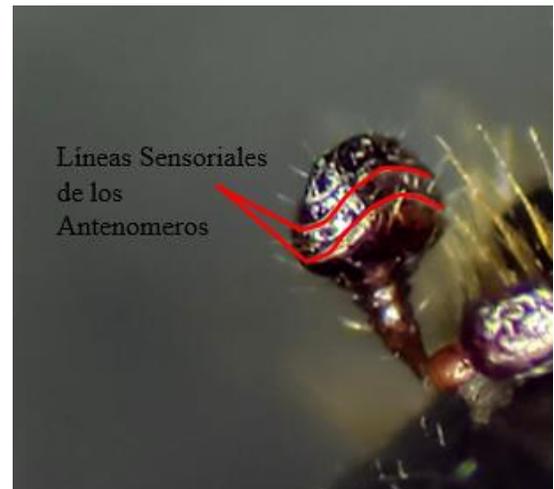


Figura N° 35. línea sensorial de los antenómeros *Dendroctonus valens*

- **Tórax**

Se caracteriza por ser plano en la parte superior a diferencia de las demás especies no presentan estrías o una micangia para la identificación de sexos, sin embargo, si presenta una constricción abrupta en la parte anterior del pronoto (Figura N°36). El promedio de longitud de cabeza-pronoto es de 2.08 mm en machos y en el en hembras es de 1.32 mm, la longitud promedio del pronoto es de 1.45 mm en machos y 1.22 mm en hembras, el ancho

del pronoto tiene un promedio de 1.82 mm en machos y 1.46 mm en hembras.

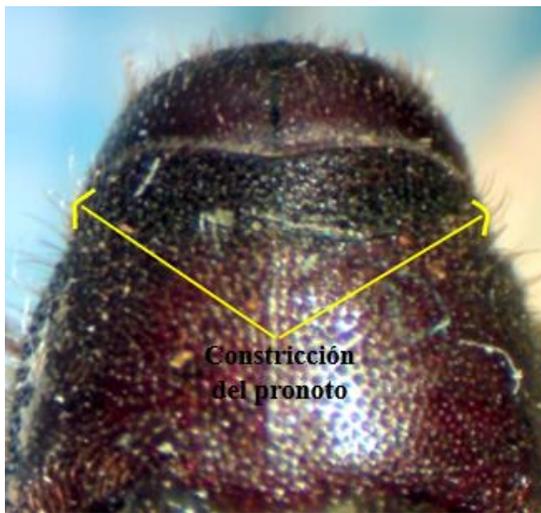


Figura N° 36. constricción del pronoto de *Dendroctonus valens*

La parte ventral del tórax se encuentra la línea media del metatórax entre el segundo y tercer terguito terminando en el inicio del abdomen. El promedio de la longitud en machos es de 1.45 mm y 0.74 mm en hembras.

- **Élitros** son procurvados y granulados, presentan filas (estrías), en un solo élitro tiene siete estrías que no se muestran elevadas, por el contrario, son planas; las setas presentes en los élitros son de coloración clara, dispersas uniformemente y con un tamaño grande. (Figura N°37); el promedio de la longitud de élitros es 2.97 mm en machos y en hembras es de 2.23 mm.

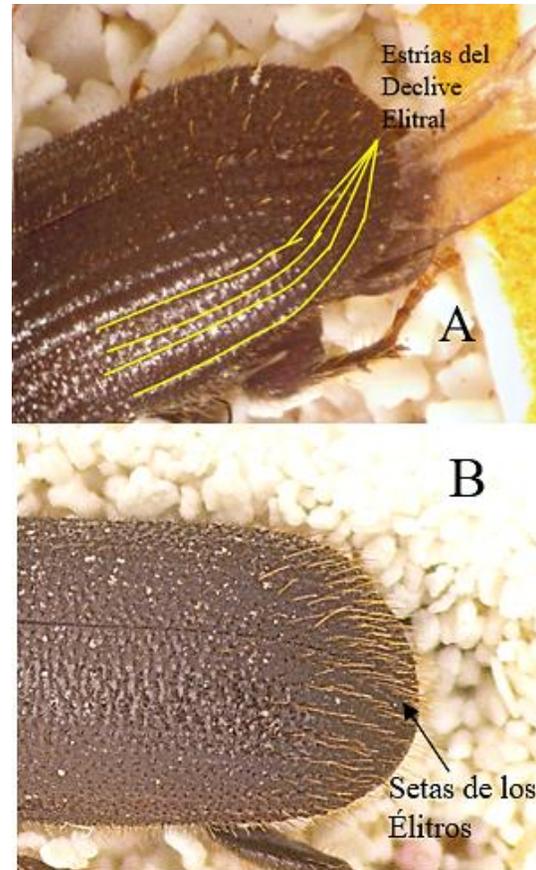


Figura N° 37. Élitros de *Dendroctonus valens* A) Estrías presentes en los élitros, B) Setas.

- **Abdomen**

Está conformado por ocho terguitos, el cual está recubierto por los élitros. En el último segmento se encuentra la ovoteca en caso de la hembra o la varilla seminal en el caso de los machos. El promedio de la longitud del abdomen es de 0.84 mm en machos y 1.19 mm en hembras.

Esquemas y fotografías en microscopio electrónico de algunas estructuras morfológicas de *D. valens* de importancia taxonómica morfológicas (Figura N° 38 y 39)

Fotografías de Microscopio Electrónico de Barrido de *Dendroctonus valens*

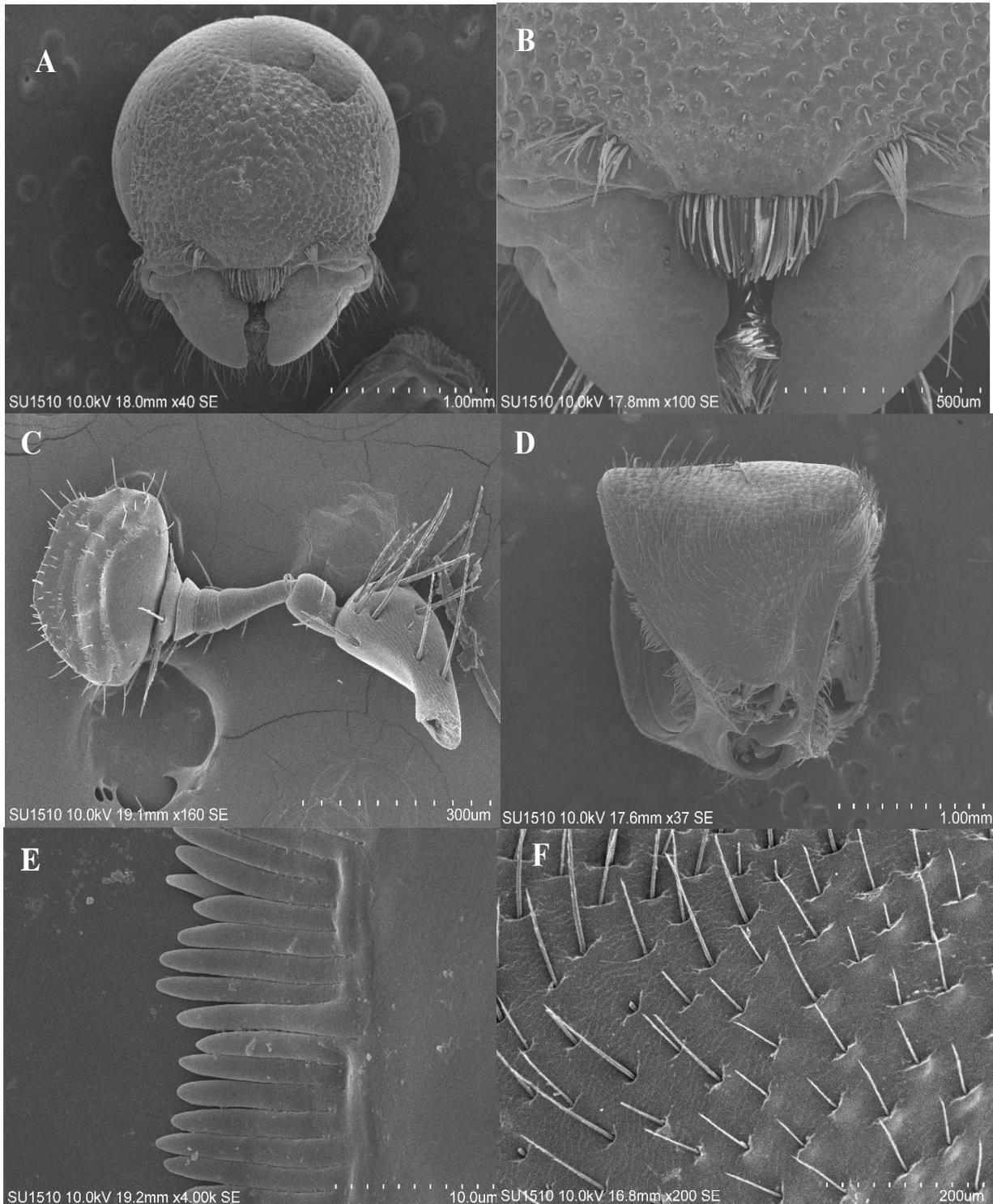


Figura N°38. Fotografías de Microscopio Electrónico de Barrido de algunas de las partes de la especie de *Dendroctonus valens*. A) Cabeza, B) Proceso Epistomal, C) Antena, D) Pronoto E) Cepillo Epistomal, F) Setas del pronoto

Ilustraciones de la anatomía de *Dendroctonus valens*

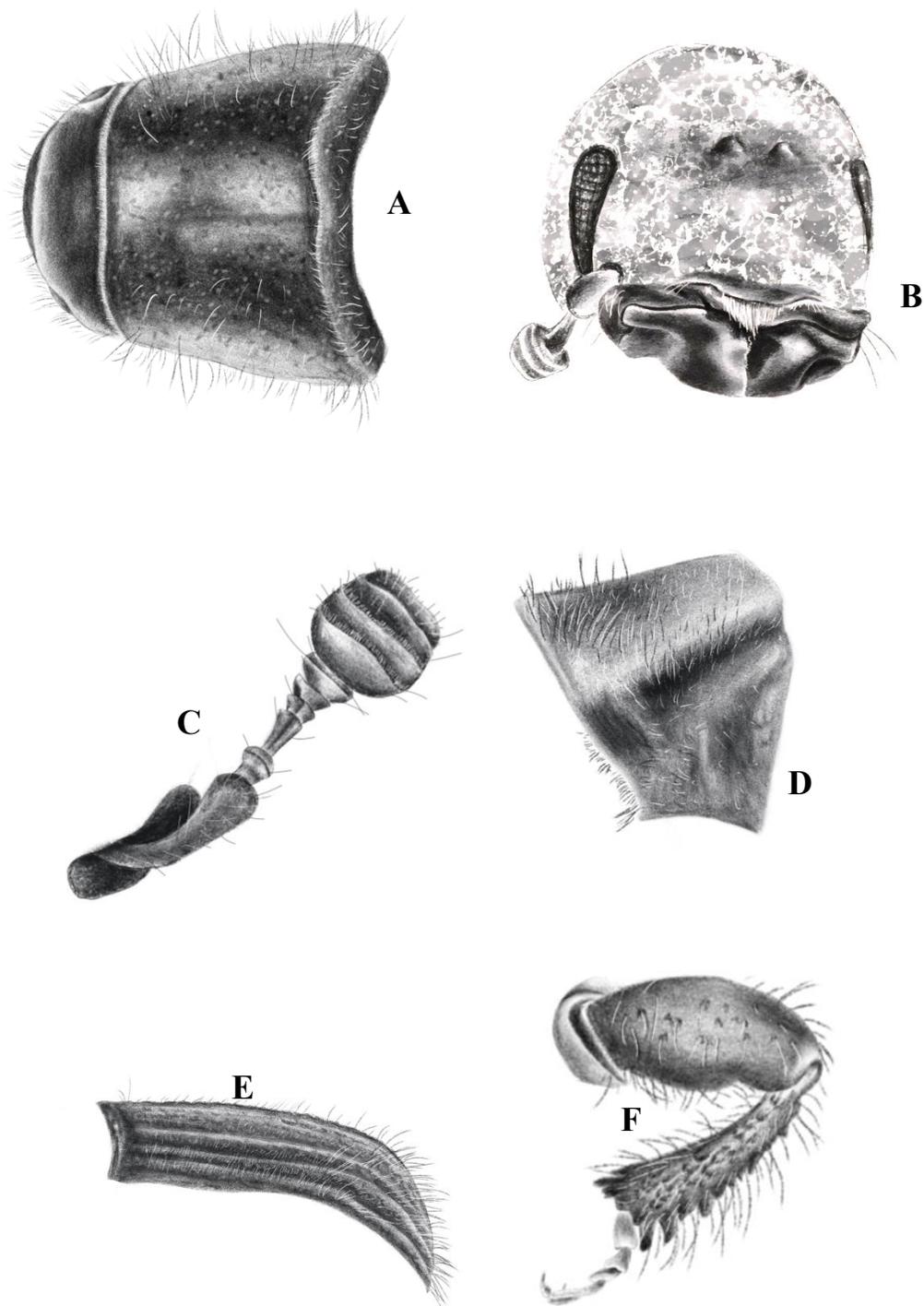


Figura N° 39. Dibujo técnico de la anatomía de algunas de las partes de la especie de *Dendroctonus valens* A) Cabeza, Pronoto vista dorsal, B) Proceso Epistomal C) Antena, D) Pronoto, E) Élitros Vista Lateral, F) Pata.

Descripción Molecular de *Dendroctonus valens* en Honduras

La región molecular para el locus HQ984255.1 proporciona una perspectiva detallada de la estructura genética de *Dendroctonus valens*, un gorgojo descortezador de gran importancia en los bosques templados. El tamaño del fragmento para el gen COI corresponde aproximadamente a 658 pares de bases de ADN lineal. El código de ACCESION NCBI [HQ984255.1](#), revela información valiosa sobre la variabilidad genética

Distribución territorial de *Dendroctonus valens* en Honduras

Se obtuvieron 8 registros de presencia y su distribución se limita a la región occidental del país. Esta especie muestra una menor abundancia y dispersión, concentrándose en dos áreas específicas en los departamentos de Copán, Comayagua, La Paz e Intibucá, presentando una distribución equitativa de su abundancia en toda la región occidental. (Figura N°40)

dentro de esta especie. Estos datos genéticos recopilados, ofrecen una herramienta clave para investigaciones en genética de poblaciones, filogenia y conservación de *D. valens* y sus interacciones con el ecosistema forestal. (NCBI, 2024)

El número cromosómico correspondiente a la especie es: (♀) 13 AA+XX; (♂) 134 AA+ Xyp (Armendáriz-Toledano, Zúñiga, García-Román, Mendoza, & García-Navarrete, 2018)

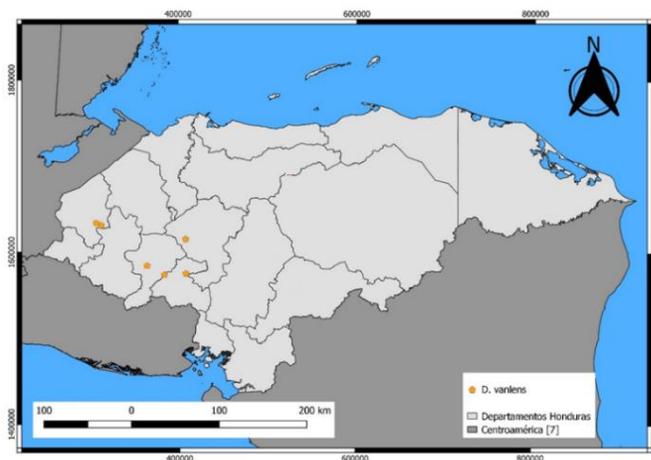


Figura N° 40. Ubicación geográfica de *D. valens* en Honduras

Dendroctonus parallelocollis. Chapuis 1869

Filogenia de la especie de *Dendroctonus parallelocollis*.

D. parallelocollis es la especie que carece de una de las sinapomorfias del clado y representa un caso peculiar; ya que muestra una combinación única de estados de carácter y un conjunto de supuestas autapomorfias, que la convierte en un taxón muy distintivo, pero al mismo tiempo oscurece su posición filogenética dentro del género.

Características Generales

- **Tamaño**

En Honduras, el tamaño mínimo es de 7.09 mm y el máximo es de 7.45 mm; en comparación a los organismos de México cuyo tamaño mínimo es de 4.90 mm y el máximo es de 6.30 mm, la diferencia de tamaño es tres veces mayor al tamaño mínimo de igual forma sobrepasa el tamaño máximo.

- **Color**

Presenta una coloración café oscuro y negro, el color más frecuente fue el negro.

- **Cabeza**

Según Armendáriz-Toledano et al. (2018), la cabeza se divide en: epistoma, frente, vértex y el epicráneo; la frente es plana y redonda, sin surco medio presentando solo una línea más oscura, la cabeza sobresale lejos del pronoto. Los elementos clave para la distinción de sexos se encuentran en la región del epistoma. El tamaño promedio de los tubérculos frontales es de 0.04 mm entre los dos sexos. (Figura N°41).



Figura N°41. Tubérculos frontales y surco medio de *Dendroctonus parallelocollis*

- **Los ojos** son alargados con una coloración oscura (Figura N° 42), los ojos se encuentran a cada lado de la cabeza. Con un promedio de 0.62 mm de largo y 0.28 mm de ancho, la distancia promedio de cada ojo es de 1.07mm.

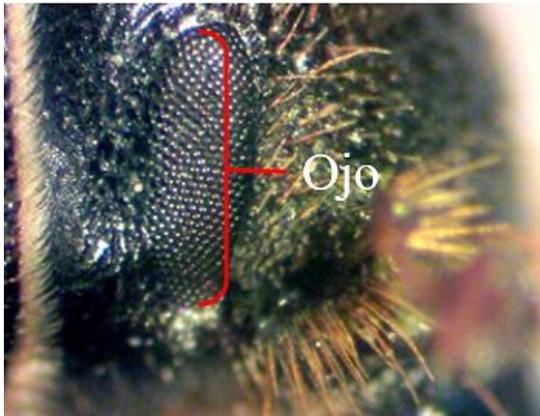


Figura N° 42. Ojo de *Dendroctonus parallellocollis*.

- **Proceso Epistomal** está ubicado en la parte inferior de la frente, por encima del cepillo epistomal de forma trapezoidal (Figura N° 43), los márgenes del proceso epistomal son planos y amplio con una distancia aproximada del 50% entre los ojos, los brazos en promedio miden 0.47 mm de ancho. En la parte central del proceso epistomal surge una pubescencia del cepillo epistomal que es un conjunto de setas o pubescencia que se disponen simétricamente a lo largo del borde

inferior (Figura N° 44), con una café claro y con un promedio de 0.24 mm en ambos sexos.

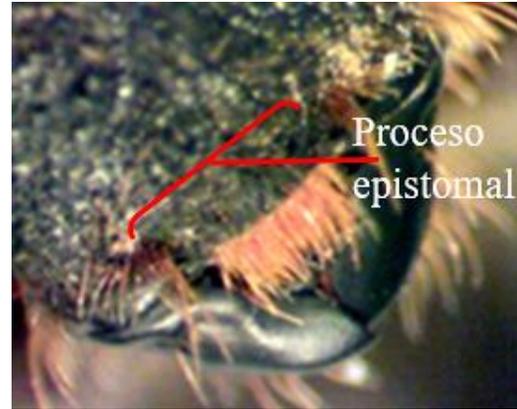


Figura N° 43. Proceso epistomal de *Dendroctonus parallellocollis*.

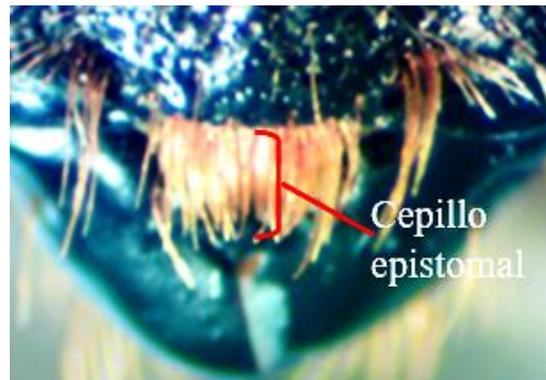


Figura N° 44. Cepillo epistomal de *Dendroctonus parallellocollis*.

- **Las Antena** son de tipo clavola y consta de: escapo, funículo y la maza antenal, está ubicada entre los ojos, la clavola tiene una forma ovalada (Figura N° 45). La maza antenal es corta, plana y simétrica, con cuatro

anténómetros separados por tres bandas sensoriales que rodean toda la clavola desde la primera línea sensorial se observan setas dispersas. En el caso de *D. parallelocollis* los cuatro antenómeros tiene el mismo color y las bandas sensoriales son de forma procurvadas.



Figura N° 45. Antenómeros y sus líneas sensoriales de *D. parallelocollis*.

- **Tórax**

Se caracteriza por ser plano en la parte superior, el protórax presenta diferencias entre los sexos ya que las hembras presentan un callo micangial ausente en los machos. En ambos sexos se observan estrías paralelas (Figura N° 46) y no hay constricción en el pronoto ya que los márgenes laterales son paralelos (Figura N°47). El promedio de longitud de cabeza

- pronoto es de 3.22 mm, 2.09 mm del largo del pronoto y 2.42 mm de ancho.



Figura N° 46. Estrías en el protórax de *D. parallelocollis*.



Figura N° 47. Pronoto de *D. parallelocollis*. Vista dorsal.

En la parte ventral se encuentra la línea media del metatórax, entre el segundo y tercer terguito, cuando inicia el abdomen, con un promedio de 0.69 mm de largo.

- **Élitros** El borde de los élitros son procurvados y granulados con 8 filas de estrías elevadas (Figura N° 48). las setas presentes en los élitros son de coloración clara, dispersas uniformemente y con un tamaño grande (Figura N° 49); el promedio de la longitud de élitros es 4.00 mm.

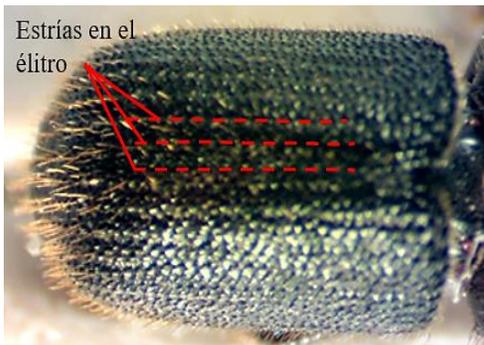


Figura N° 48. Estrías de los élitros de *Dendroctonus parallelcollis*.



Figura N° 49. Setas del declive elitral de *Dendroctonus parallelcollis*.

- **Abdomen**

Está conformado por ocho terguitos cubiertos por los élitros. El último

segmento del abdomen es donde se encuentra la ovoteca en caso de la hembra ó la varilla seminal en los machos. El promedio de la longitud del abdomen es de 1.80 mm.

Esquemas de algunas estructuras morfológicas de *D. parallelcollis* de importancia taxonómica (Figura N° 50)

Descripción Molecular de *Dendroctonus parallelcollis* en Honduras.

La especie *Dendroctonus parallelcollis* se caracteriza molecularmente por su haplotipo DP01 en el gen COI, como se evidencia en el registro GenBank [JQ005147.1](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuclot/JQ005147.1). Este haplotipo, con una longitud aproximada de 732 pares de bases de ADN lineal, revela aspectos fundamentales de la estructura genética de *D. parallelcollis*, un gorgojo descortezador de importancia en los bosques templados. El análisis de esta secuencia genética parcial del gen COI proporciona información esencial para

Ilustraciones de la anatomía de *Dendroctonus parallellocollis*

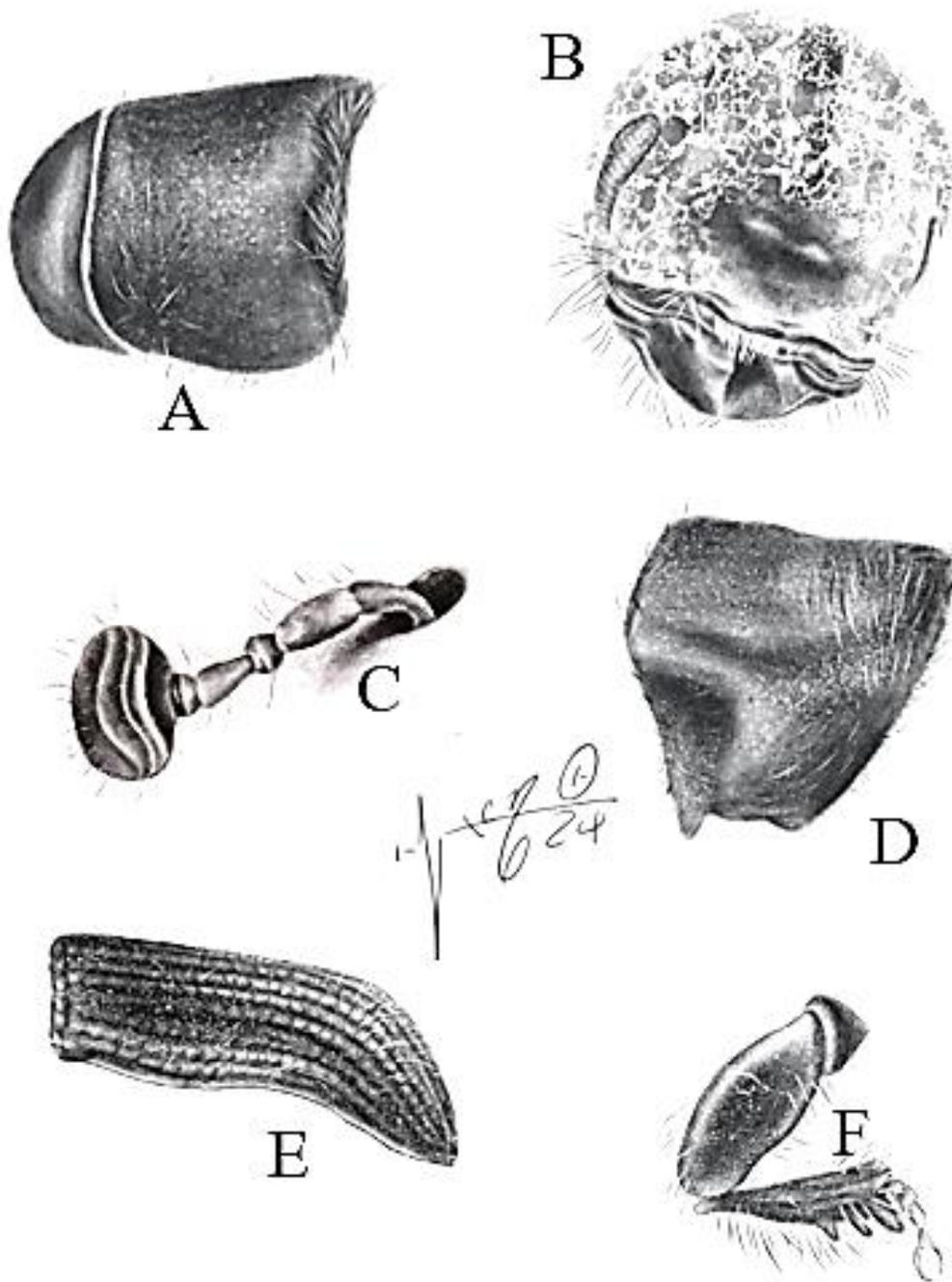


Figura N°50. Dibujo técnico de la anatomía de algunas de las partes de la especie de *Dendroctonus parallellocollis* A) Cabeza, Pronoto vista dorsal, B) proceso Epistomal, C) Antena, D) Pronoto Pata, E) Élitros vista lateral, F) Pata.

comprender la variabilidad genética y las relaciones filogenéticas dentro de esta especie, contribuyendo así a estudios de evolución, diversidad y conservación en el contexto de los ecosistemas forestales donde *D. parallelcollis* desempeña un papel crucial. (NCBI, 2024)

El número cromosómico correspondiente a la especie es: (♀) 13 AA+XX; (♂) 134 AA + Xyp (Armendáriz-Toledano, Zúñiga, García-Román, Mendoza, & García-Navarrete, 2018)

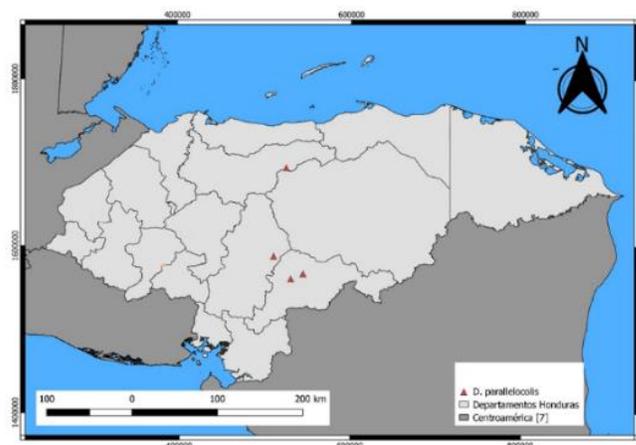


Figura N° 51. Ubicación geográfica de *D. parallelcollis*. en Honduras

Distribución territorial de *Dendroctonus parallelcollis* en Honduras.

Presenta la menor abundancia y se reporta en los departamentos de Olancho, Francisco Morazán, El Paraíso y Yoro, conformando el bloque oriental (Figura N° 51). Las bajas abundancias de ambas especies dificultan explicar el porqué de esta separación geográfica, por la presencia de la sierra de Lepaterique, Montecillos y Comayagua, acompañado por el valle de Comayagua, Siria y Talanga.

ESPECIES DE *Dendroctonus* REPORTADAS DE FORMA BIBLIOGRAFICA EN HONDURAS.

De acuerdo con diversos autores y bibliografía, en Honduras, se han reportado especies de *Dendroctonus* de manera bibliográfica, destacando su importancia como plagas forestales. Entre las especies documentadas se encuentran *Dendroctonus adjunctus* y *Dendroctonus approximatus*, especies asociadas con la degradación de bosques y plantaciones de coníferas en diferentes regiones del país. Es importante mencionar que en las colectas que se han llevado a cabo en los diferentes años no se han registrado, pero se mencionan en este catálogo ya que están reportadas en varias bibliografías.

Dendroctonus adjunctus Blandford 1897

Filogenia de la especie de *Dendroctonus adjunctus*

La propuesta de Wood (1963) se relaciona con la ubicación de *Dendroctonus adjunctus* Blandford, una especie incluida en el grupo Hopkins de *Dendroctonus ponderosae*. Sin embargo 1981 Lanier (1981) la colocó en su propio grupo designado como su grupo V, ya que lo consideraba "cromosómicamente intermedio" del mismo modo colocó a *D. frontalis* en otro grupo diferente designado como su grupo VI (Víctor & Zúñiga, 2016).

Características Generales

- **Tamaño**

De 3.0 mm a 5.5 mm de largo (Armendáriz-Toledano, Zúñiga, García-Román, Mendoza, & García-Navarrete, 2018)

- **Color**

Presenta una coloración de Café oscuro a negro. (Armendáriz-Toledano, Zúñiga, García-Román, Mendoza, & García-Navarrete, 2018)

- **Cabeza**

La región frontal con un surco medio cóncavo poco evidente que se extiende encima del proceso epistomal hasta la parte superior de los ojos y en las hembras el surco es poco desarrollado, tubérculos frontales ausentes en machos

(Armendáriz-Toledano, Zúñiga, García-Román, Mendoza, & García-Navarrete, 2018)

➤ **Proceso epistomal** los márgenes laterales del proceso epistomal elevados y amplios aproximadamente 50% de distancia entre los ojos, casi paralelos con respecto a la horizontal (menos de 60°). Los machos presentan un surco medio en la frente y pequeños gránulos agrupados en dos elevaciones a cada lado del surco (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

• **Tórax**

Región anterolateral (área preepisternal) con estrías conspicuas paralelas; hembras con un callo anterior elevado dorsal y transversalmente; los márgenes anterolaterales del pronoto convexos, en vista dorsal. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

➤ **Élitros** con interestrías I-IV del declive elitral similares en ancho; estría I impresa con interestrías débilmente elevadas. El declive elitral con crenulaciones, granulaciones y puntuaciones dispersas no uniseriadas y sin tubérculos; pubescencias del declive elitral escasas, largas del

mismo tamaño, de color negro o ámbar en otros. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

Descripción molecular de *Dendroctonus adjunctus*

La especie *Dendroctonus adjunctus* se caracteriza molecularmente por su haplotipo chemosensory protein 9 (CSP9) mRNA, complete, como se evidencia en el registro GenBank [MT520156.1](#). Este haplotipo, con una longitud aproximada de 1045 pares de bases de ADN lineal, revela aspectos fundamentales de la estructura genética de *D. adjunctus*, un gorgojo. (NCBI, 2024). Número Cromosómico (♀) 6 AA + XX; (♂) 6 AA + *neo* XY. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

Distribución territorial de *Dendroctonus adjunctus*.

Se extiende desde suroeste de los Estados Unidos hasta Nicaragua. En Centroamérica se distribuye de forma discontinúa en la Cordillera Central (CC). En Guatemala se tienen registros en los departamentos de Quetzaltenango, Chimaltenango, Guatemala, Huhuetenango, Quiché y Totonicapán; en Honduras en el departamento de Francisco

Morazán; y en Nicaragua en el departamento de Boaco (Armendáriz-

Toledano, Zúñiga, García-Román, Mendoza, & García-Navarrete, 2018).

Dendroctonus approximatus. Dietz 1890.

Filogenia de la especie de *Dendroctonus approximatus*

Víctor & Zúñiga (2016) apoyan la monofilia de muchos de los grupos propuestos por Wood (1963, 1982) y Lanier (1981) de que *D. adjunctus* aparece como hermana al clado formado por *Dendroctonus approximatus*.

Características Generales

- **Tamaño**

4.5 a 7.0 mm de largo (Armendáriz-Toledano, Zúñiga, García-Román, Mendoza, & García-Navarrete, 2018)

- **Color**

Presenta una coloración café oscuro a negro. (Armendáriz-Toledano, Zúñiga, García-Román, Mendoza, & García-Navarrete, 2018)

- **Cabeza**

Los machos presentan en la frente un surco medio fuertemente marcado con gránulos

y prominentes, los tubérculos están agrupados en dos elevaciones en las áreas laterales del surco medio. (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

➤ **Proceso epistomal** los márgenes laterales del proceso epistomal elevados y amplios, más del 50% de la distancia entre los ojos, casi paralelos con respecto a la horizontal; la región frontal con un surco medio que se extiende por encima del área del proceso epistomal hasta la parte superior del nivel de los ojos; gránulos prominentes y numerosos tubérculos agrupados en dos cúspides conspicuamente elevadas a cada lado del surco medio (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

- **Tórax**

Región anterolateral del pronoto (área preepisternal) con estrías paralelas; hembras con un callo anterior elevado, márgenes anterolaterales del pronoto

convexos. (Armendáriz-Toledano et al, 2017)

- **Élitros** con interestrías II-IV del declive elitral impresas ligeramente y similares en ancho; declive elitral con crenulaciones, granulaciones y puntuaciones dispersas, no uniseriadas y sin tubérculos; pubescencias en el declive elitral de color negro, abundantes y uniformemente largas, más largas que tres veces el ancho de un interespacio. (Armendáriz-Toledano y otros, 2018)

Descripción Molecular de *Dendroctonus approximatus* en Honduras.

La especie *Dendroctonus approximatus* se han realizados estudios previos utilizando isolate Chs1_Pmo_5 cytochrome b gene, partial cds; mitochondrial, complete, como se evidencia en el registro GenBank [JF699267.1](#). Este material genético, con una longitud aproximada de 438pb pares de bases de ADN lineal, revela aspectos fundamentales de la estructura genética de

D. approximatus un gorgojo. (NCBI, 2024)

Número Cromosómico (♀) 5 AA + XX; (♂) 5 AA + neo Xy (Armendáriz, Zuniga, García, Mendoza, & Navarrete, 2017)

Distribución territorial de *Dendroctonus approximatus*.

Se localiza desde el suroeste de los Estados Unidos hasta Honduras. En Centroamérica se distribuye de forma discontinua en la Cordillera Central (CC). Se tienen registros en Guatemala, en el departamento de Quetzaltenango, en Honduras en el departamento de Cortés y en Nicaragua en el departamento de Nueva Segovia (Armendáriz-Toledano y otros, 2018)

IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE GORGOJO DESCORTEZADOR *Dendroctonus* (Erickson) EN HONDURAS.

La identificación molecular del género *Dendroctonus* ha sido posible gracias a diversas técnicas como el análisis de secuencias y PCR, que permiten detectar y comparar las secuencias de ADN presentes en estas especies. La información obtenida a través de estas técnicas proporciona datos sobre la diversidad genética y las relaciones filogenéticas entre las especies de este género. Estos datos son fundamentales para confirmar, clasificar y distinguir adecuadamente las diferentes especies de escarabajos descortezadores. (Jordal & Amp; Kambestad, 2013).

En Centroamérica existen pocos estudios sobre identificación molecular de las especies de *Dendroctonus*. (P Havill, Cognato, del-Val, Rabaglia, & C Garrick, 2019) Según Thunes et.al, (2005) en Honduras previamente se ha reportado la presencia de cinco especies del género *Dendroctonus* (Erickson): *D. frontalis*, *D. woodi*, *D. valens*, *D. adjunctus* y *D. approximatus*, sin embargo, el presente estudio utiliza una estrategia combinada de análisis morfológico y molecular que permite corroborar al menos la presencia de cuatro especies de gorgojos descortezadores en el territorio hondureño: *D. frontalis*, *D. valens*, *D. mesoamericanus* y *D. parallellocollis*.

Futuras investigaciones pueden centrarse en ampliar las bases de datos de referencia, integrar múltiples marcadores moleculares para la identificación de especies y explorar el uso de códigos de barras de ADN en estudios ecológicos más amplios para mejorar nuestra comprensión del género *Dendroctonus* y su papel en los ecosistemas forestales. (Víctor & Zuñiga, 2016)

El objetivo principal de la presente investigación se centró en corroborar la identidad taxonómica molecular de especímenes del género *Dendroctonus* de Honduras a través secuencias barcoding a partir del uso del marcador molecular Citocromo Oxidasa Subunidad I (COI) de muestras de gorgojo descortezador provenientes de distintos sitios afectados por brotes en el país.

La identificación molecular de especímenes del género *Dendroctonus* en Honduras colectados en los departamentos de Intibucá, Comayagua, Ocotepeque, Francisco Morazán y Yoro. Específicamente en 12 sitios de muestreo donde se realizó la recolección directa de organismos: El Tablón, San Julián, Toreras, San Miguelito, Borboyones, Microcuenca la Honduras, Las Cidras, El Masico, Parque Eólico San Marcos, Comunidad del Horno, Comunidad del Arado y Comunidad de Paletales. Sitios donde se habían reportado brotes activos causados por gorgojos descortezadores. Estos sitios suelen caracterizarse por presentar un clima templado y la presencia de bosques abundantes de *Pinus oocarpa* y *Pinus maximinoi*.

La identificación molecular se basó en el uso de secuencias de ADN particulares para la determinación rápida de especímenes. Para tal fin, se ha desarrollado un flujo de trabajo utilizando técnicas de biología molecular que facilitan la determinación de especies empleando el material genético de los mismos. Lo que puede considerarse una metodología precisa y rápida de identificación de plagas forestales. Este tipo de diagnóstico es complementario al análisis morfológico clásico, ya que cuando el espécimen está incompleto o mal preservado faltan características morfológicas importantes para su identificación. (Arriola et.al, 2021, Lanteri, 2007, Torres et.al, 2020).

Para establecer el área de estudio, se seleccionaron los principales sitios con brotes de gorgojos descortezadores activos (Figura N°77). Se realizaron inspecciones en árboles de estado de fase 2, característicos por presentar una alta colonización de gorgojos descortezadores; El muestreo se realizó mediante colecta directa utilizando la técnica de descortezamiento directo basado en un corte longitudinal y transversal en la corteza del árbol, con el objetivo de formar un rectángulo de aproximadamente 50cm de largo por unos 30 cm de largo exponiendo las galerías o túneles excavados por los escarabajos para obtener de manera directa los ejemplares.

Los individuos adultos fueron colectados vivos y preservados en frascos con alcohol absoluto etiquetados con el nombre de la localidad y fecha de colecta, para su posterior análisis en el laboratorio.

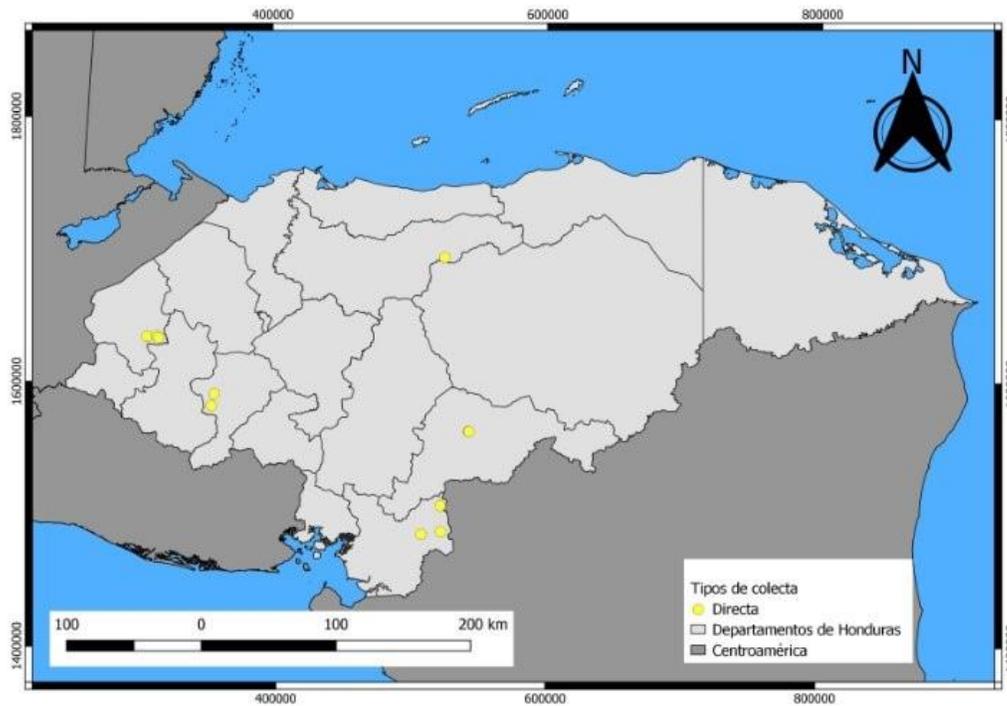


Figura N°77. Puntos de colecta directa representando en amarillo las 12 localidades de muestreo en cinco regionales del país.

Posteriormente se tomó una muestra representativa de la colecta directa con un total de 106 organismos que se observaron en estereoscopio y con el uso de claves taxonómicas se realizó la identificación específica a nivel de especie con los ejemplares seleccionados. Para la corroboración molecular se eligió amplificar un fragmento de ADNmt (COI) de la subunidad I del citocromo oxidasa a partir de muestras de organismos adultos ya caracterizados.

En general, el diagnóstico molecular de insectos plaga se dividió en dos fases, la primera parte se desarrolló en laboratorio y su objetivo final fue la obtención de las secuencias genéticas del organismo de interés y la segunda parte correspondió al análisis bioinformático cuya finalidad fue determinar la identidad molecular con base a relaciones filogenéticas y comparación con secuencias de referencia en el GenBank de las mismas especies.

El extracto de ADN de cada individuo adulto se realizó utilizando el protocolo estándar para Kit ADN genómico de la columna de centrifugación DNeasy® Blood & Tissue kit (QIAGEN) (Cid-Muñoz, R. et.al, 2020).

Su determinación molecular se basó en el uso de marcadores moleculares que son segmentos de ADN con una ubicación física identificable en un cromosoma y cuya herencia puede ser rastreada, por lo que estas regiones específicas del ADN funcionan como una etiqueta para la identificación de especies de insectos. Para este trabajo se realizó un análisis del ADNmt que comprendió una región de los genes que codifican el COI, utilizando protocolos moleculares para la amplificación de un fragmento de 970 pb de este gen. Las secuencias se editaron manualmente, se concatenaron y alinearon con Seaview 2. 2 y ClustalX 1. 83 (Arriola *et.al* 2021, Cid-Muñoz, R. *et.al*, 2020).

El análisis de secuencias incluyó un segmento de aproximadamente 650 pares de bases correspondientes a la región 1' del gen COI, de donde la identidad de las secuencias se verificó por comparación con secuencias de referencia para las cuatro especies de *Dendroctonus* previamente identificadas, cuyos registros se encuentran depositados en GenBank.

Para realizar la comparación de las secuencias problema obtenidas, se utilizó la herramienta BLAST (Basic Local Alignment Search Tool), un algoritmo para comparar información primaria de secuencias biológicas. Con base a los resultados de búsqueda se seleccionó el mejor alineamiento tomando en consideración el porcentaje de cobertura e identidad, así como también el valor de E que indica la probabilidad de encontrar esa secuencia por azar. (Blanca y Cañizares, 2010)

El análisis de blasteo nos reveló que todas las secuencias problema fueron identificadas como *Dendroctonus*. Sin embargo, a nivel de especie esta herramienta solo pudo identificar efectivamente algunas secuencias de *Dendroctonus frontalis*.

Para la corroboración taxonómica a nivel de especies se realizó un análisis de inferencia filogenética para el establecimiento de las relaciones taxonómicas y filogenéticas de las especies del género *Dendroctonus* identificadas en Honduras. Para este análisis se utilizaron secuencias de *Dendroctonus frontalis* y *D. mesoamericanus* de EUA y México. como grupos externos. El algoritmo de máxima verosimilitud (ML) implementada en el programa aLRT-PHYML se utilizó para inferir las relaciones filogenéticas entre las secuencias de ADN mitocondrial. Un modelo apropiado de la evolución y el modelo del ADN. Los parámetros, utilizados bajo las pruebas del criterio de información de Akaike (AIC), se determinaron en

Modeltest v3.7. La prueba de razón de verosimilitud aproximada (aLRT;), con los Shimodaira-Hasegawa (Cid-Muñoz, R. et.al, 2020).

El resultado de este análisis es representado a través del siguiente árbol filogenético cuyo objetivo es mostrar las relaciones entre entidades biológicas conectadas por una descendencia común. (Figura N°78). Este análisis fue realizado inicialmente para las especies del complejo *frontalis*, *D. frontalis* y *D. mesoamericanus*.

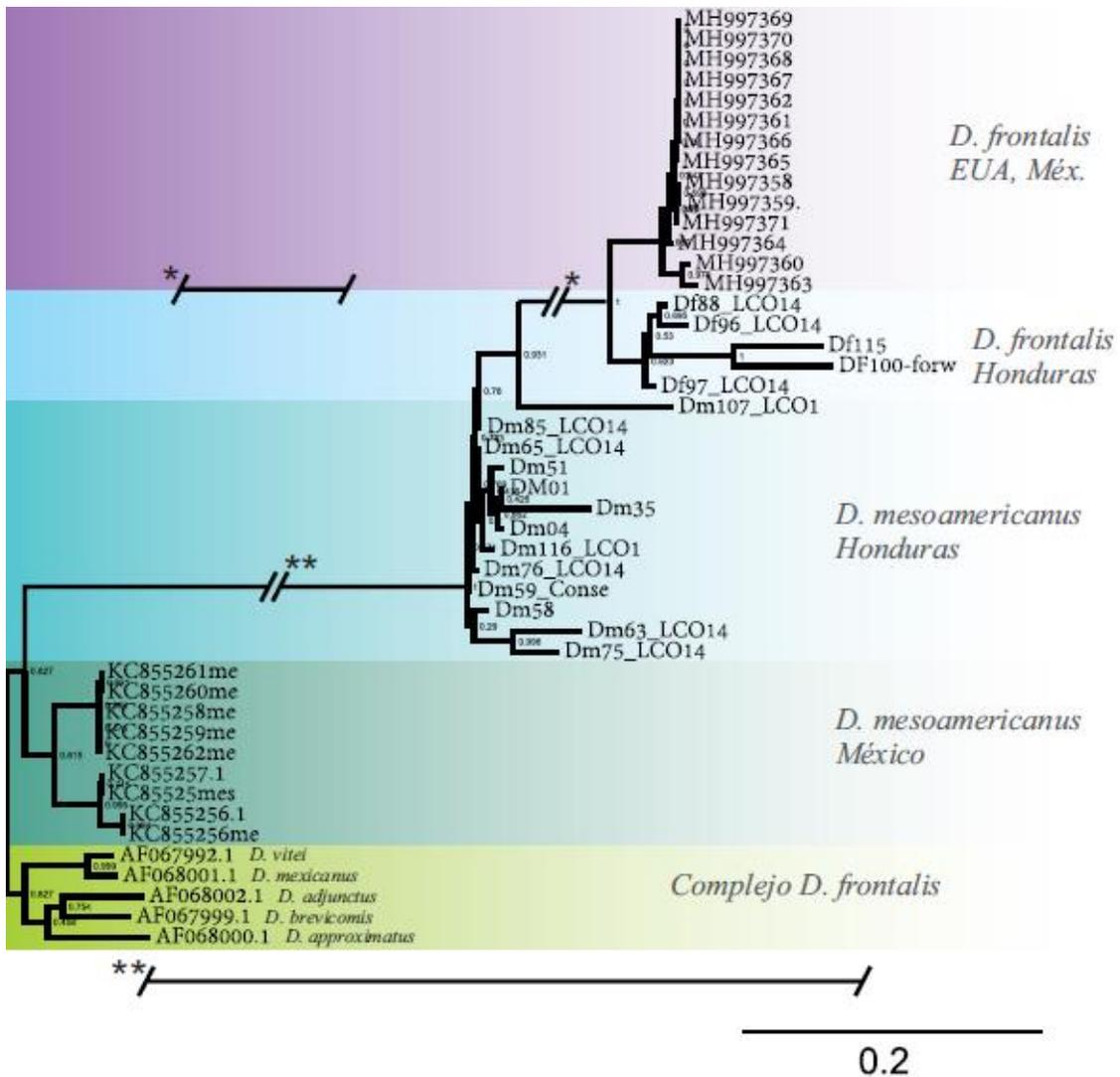


Figura N°78. Árbol filogenético del complejo *frontalis*, para corroboración de identidad de *Dendroctonus frontalis* y *Dendroctonus mesoamericanus* de Honduras.

A nivel general es posible relacionar filogenéticamente las muestras de especímenes de Honduras con otras procedentes de Estados Unidos y México. Los patrones que se observaron en este árbol filogenético pueden recuperar al menos cinco grupos, un conjunto grande de muestras correspondientes a *D. frontalis* de Estados Unidos y México, el cual es un clado hermano de las muestras de *D. frontalis* de Honduras, lo cual corrobora la identidad molecular a nivel de esta especie. El tercer clado corresponde a *D. mesoamericanus* de Honduras, estas muestras no se mostraron como clado hermano de las secuencias de *D. mesoamericanus* de México, por las diferencias que tienen, se comportaron como parafiléticas. Este patrón filogenético está evidenciando que hay una divergencia genética muy fuerte entre los especímenes de *D. mesoamericanus* de Centroamérica y los de Norteamérica, estos últimos correspondiente al norte, centro y sur de México. El ultimo clado corresponde al resto de especies que pertenecen al grupo *frontalis*.

El análisis de las muestras de Honduras revela una significativa divergencia genética entre las especies del género *Dendroctonus*, lo que contribuye notablemente a la ampliación de la diversidad genética dentro de este género. Este hallazgo subraya la importancia de continuar explorando y comprendiendo la variabilidad genética en poblaciones naturales, lo que no solo enriquece nuestro conocimiento sobre la evolución y la biología de estas especies, sino que también puede tener implicaciones importantes para su manejo y conservación en el futuro.

Distribución actual y potencial de las especies del género *Dendroctonus* en Honduras

Esta sección presenta los patrones biogeográficos de la distribución actual y potencial de las cuatro especies del género *Dendroctonus* presentes en Honduras: *D. parallelocolis*, *D. frontalis*, *D. mesoamericanus* y *D. valens*. La base de datos de los registros de presencia de las especies se obtuvo a partir de la colecta de especímenes, empleando trampas biológicas estratégicamente ubicadas. El análisis detallado de los datos de distribución revela patrones geográficos distintivos que permiten una comprensión más profunda de la presencia y posible prevalencia de cada especie en diversas regiones del país. Estos patrones, esenciales para la identificación de las especies, se presenta de manera cartográfica, proporcionando una herramienta de fácil interpretación y aplicabilidad en diferentes contextos de estudios forestales en Honduras.

Cabe resaltar que existe la posibilidad de que la representación de la distribución de especies sea incompleta en áreas remotas o no exploradas, dado que los datos empleados para llevar a cabo los análisis de patrones de distribución provienen de métodos de trampeo. Por ende, la presencia de áreas no muestreadas no necesariamente indica la ausencia de la especie en dichas zonas. Es crucial tener en cuenta esta limitación al interpretar los resultados y considerar la necesidad de exploración adicional en áreas no muestreadas para obtener una representación más integral de la distribución de las especies estudiadas.

Riqueza y presencia de las especies de *Dendroctonus* en Honduras

Al analizar los sitios propuestos por el sistema de monitoreo del gorgojo descortezador de pino implementado por el Departamento de Salud y Sanidad Forestal de ICF, se encontró que el género *Dendroctonus sp.* presenta una distribución uniforme por los departamentos centro occidentales del país destacando de los departamentos de Copán, Lempira, La Paz y Francisco Morazán, aunque también se encuentra presente en zonas aledañas a los departamentos de Olancho, El Paraíso, y Cortes. Esta distribución es muy similar con la distribución natural del bosque de pino, conformando gran parte del corredor seco y bosque subtropical del país. Se puede destacar que la especie *D. frontalis* presenta los valores más altos de abundancia y frecuencia a través de la recopilación de los datos, presentando un 75%

de los individuos colectados, seguido por *D. mesoamericanus* con un 24% mientras que *D. vales* y *D. parallelcollis* solo representan el 1% del muestreo (Gráfico N°7)

Consecuentemente *D. frontalis* y *D. mesoamericanus* están siendo reportados casi de la misma manera en todo el territorio (frecuencias de 46.4% y 41.7%) mientras que *D. valens* con una frecuencia de 7.1% y *D. parellocollis* con 4.8%, se representan dentro de zonas muy aisladas (Figura N°79 y N°80) y separadas una de la otra.

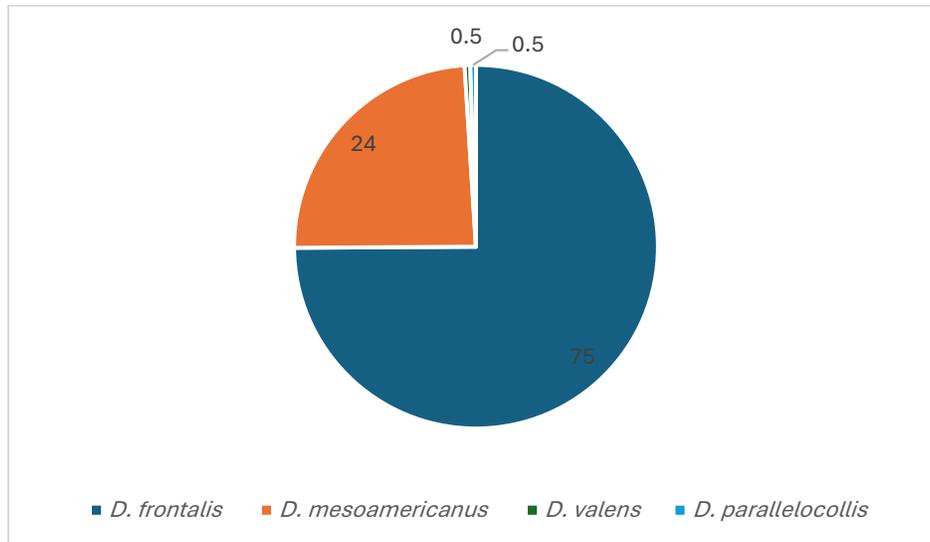


Figura N°79. Representación gráfica del porcentaje de abundancia por especies de escarabajo descortezador colectados en el sistema de monitoreo.

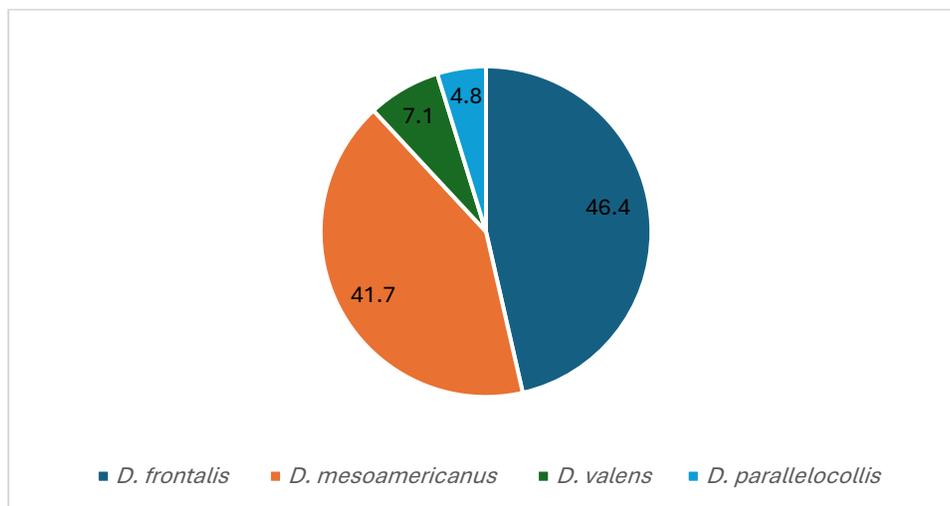


Figura N°80. Representación gráfica de la frecuencia de observación de las especies de escarabajo descortezador colectado en el sistema de monitoreo.

D. frontalis mantiene una fuerte relación evolutiva con los bosques de pino, principalmente con aquellos conformados por extensas poblaciones de *Pinus oocarpa*. Pero en las últimas décadas, esta teoría ha sido confrontada con el aumento de especies de escarabajo descortezador, que a su vez afectan a diferentes poblaciones de pino, ya sean rodales puros o entremezclados, evidenciado que este proceso es mucho más complejo e intrincado de lo que se ha descrito. Sin embargo, al estudiar geográficamente la disposición de las diferentes especies, se ha logrado observar un patrón.

Distribución Potencial Según Época (seca y lluviosa) de las especies de *Dendroctonus* en Honduras

Para poder determinar de qué manera las condiciones ambientales están determinando la dispersión natural del escarabajo descortezador, primero hay que establecer cuáles son las condiciones ambiental más significativas para estas especies, por lo que se determinó que la temperatura promedio anual, precipitación promedio en los meses más secos (diciembre a abril) (Figura N°81) y temporada lluviosa (junio a octubre) (Figura N°82) como las variables climáticas que tienen mayor efecto en la dispersión de las especies, ya sea actuando de manera directa sobre el metabolismo de las especies, o indirectamente funcionando como barreras naturales para las poblaciones de pino. Al observar los rangos climáticos se pudo evidenciar una respuesta muy similar entre todas las especies, donde *D. frontalis* al ser la especie más representativa en la investigación nos permite evidenciar con mayor propiedad estos rangos climáticos. (Figura N°83).

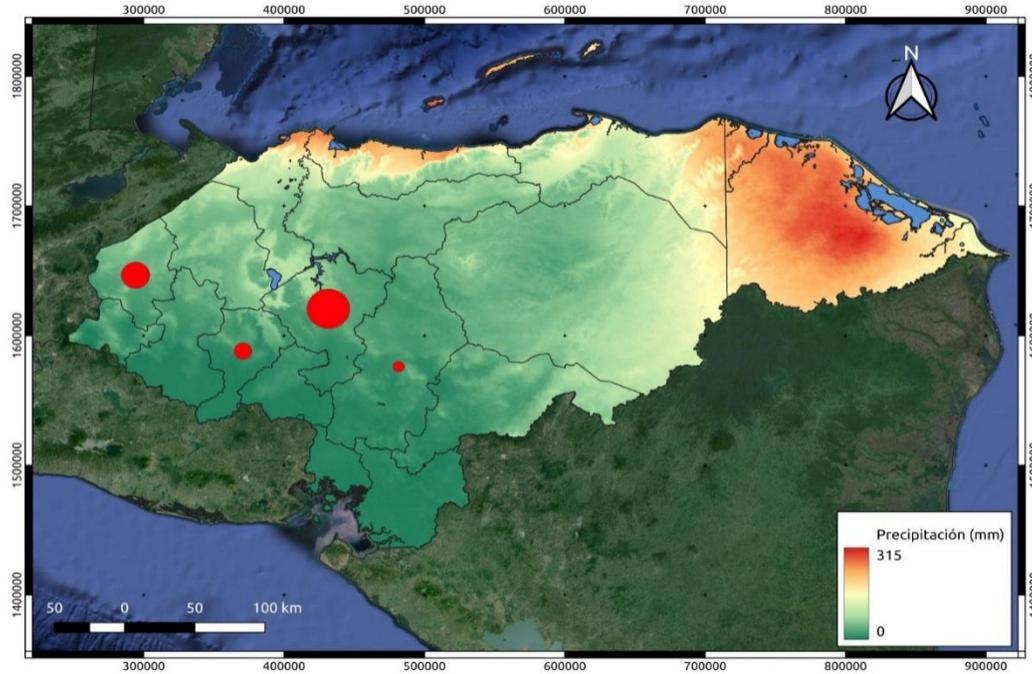


Figura N° 81. Distribución y abundancia de *Dendroctonus frontalis* en relación con la precipitación de los meses más secos en el territorio hondureño. A mayor diámetro del círculo mayor abundancia de *D. frontalis*.

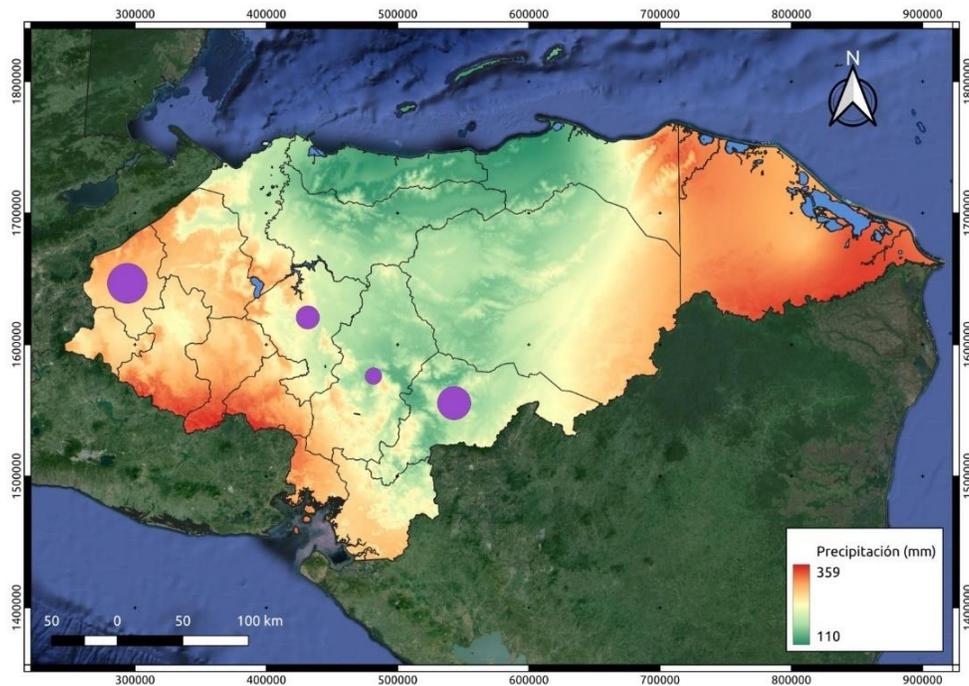


Figura N° 82. Distribución y abundancia de *Dendroctonus frontalis* en relación con la precipitación de los meses más húmedos en el territorio hondureño. A mayor diámetro del círculo mayor abundancia de *D. frontalis*.

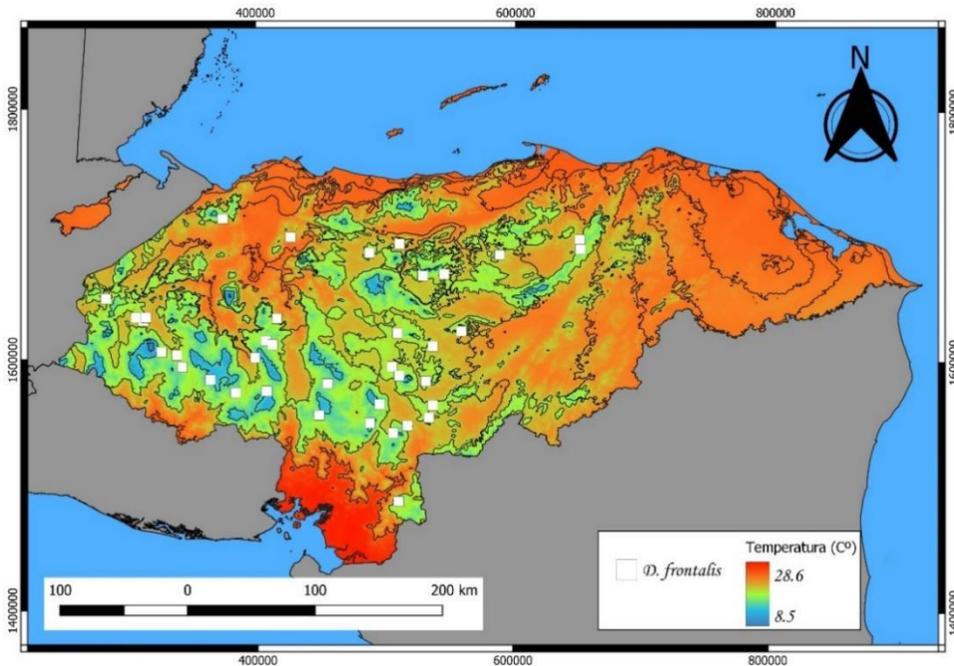


Figura N° 83. Valores de temperatura promedio anual del territorio hondureño donde se reportó *D. frontalis*

D. mesoamericanus presenta rangos similares tanto en la ubicación y las condiciones climáticas del país, estando presente en 11 de los 18 departamentos principalmente en espacios ocupados por bosques de pino, a su vez los rangos climático también presentaron mucha similitud, ubicándose principalmente entre los 10 y 80 cm³ de precipitación en los meses más secos, 20 y 35 cm³ de precipitación en los meses más lluviosos, con una temperatura promedio anual de 15 a 25 °C (Figuras N°84, N°85 y N°86).

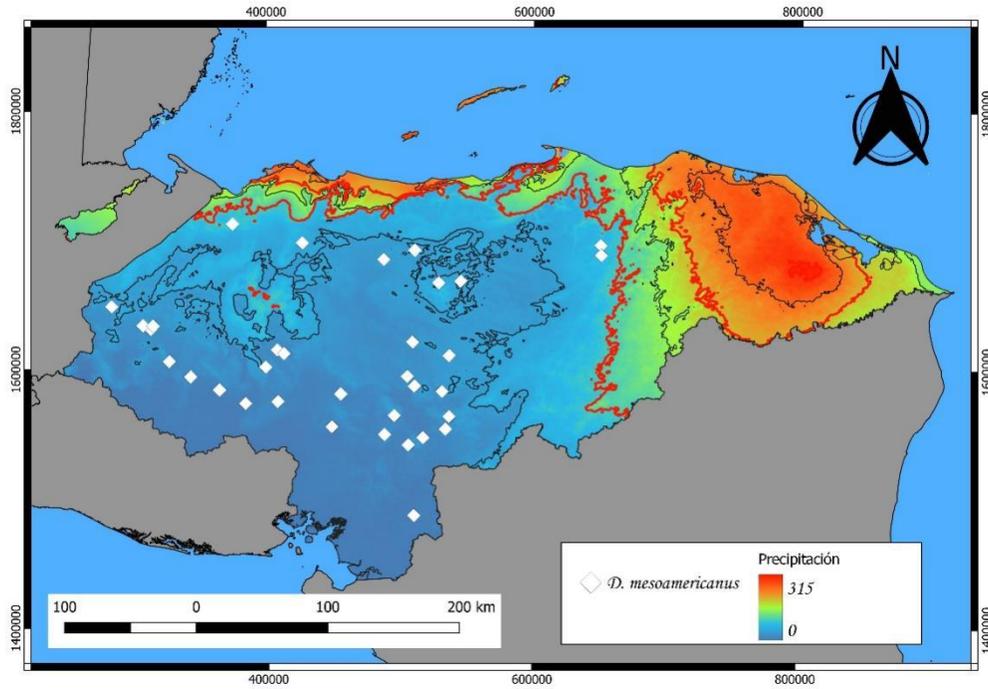


Figura N°84. Valores de precipitación de los meses más secos del territorio hondureño donde se reportó *D. mesoamericanus*.

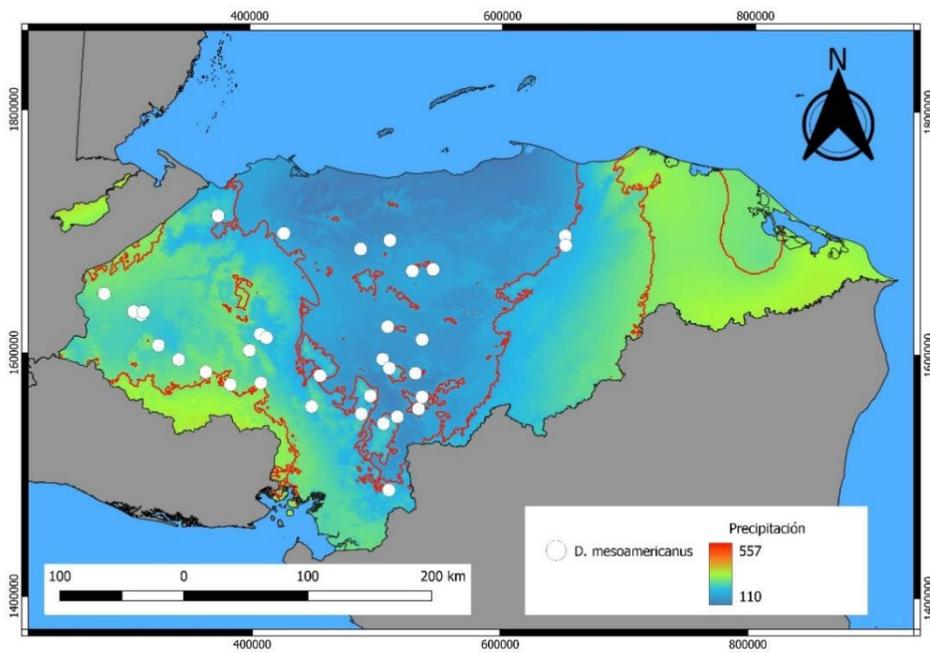


Figura N°85. Valores de precipitación (cm³) de los meses más húmedos del territorio hondureño donde se reportó *D. mesoamericanus*.

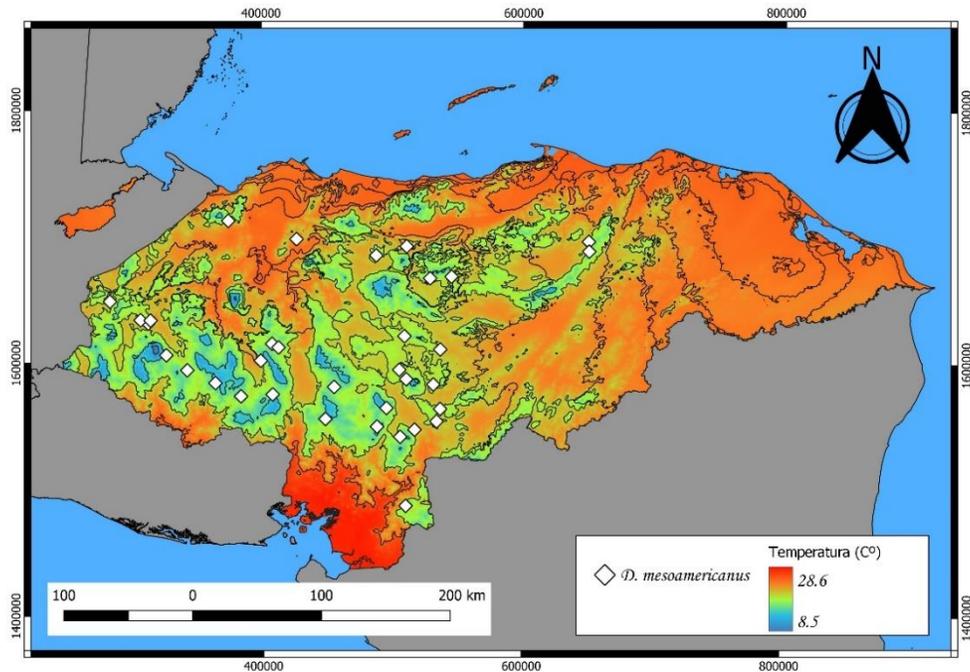


Figura N°86. Valores de temperatura promedio anual del territorio hondureño donde se reportó *D. mesoamericanus*.

D. valens por su parte presentó una ubicación más centrada hacia el oeste del país, desarrollándose en los bosques con mayor diversidad de especies de pino y condiciones climáticas más heterogéneas. Encontrándose principalmente en los departamentos de Copán, Intibucá, La Paz y Comayagua. Entre los 10 y 20 cm³ de precipitación en los meses más secos, 200 a 280 cm³ en los meses húmedos y con una temperatura promedio anual entre 15 y 20 °C. (Figura N°87, N°88 y N°89)

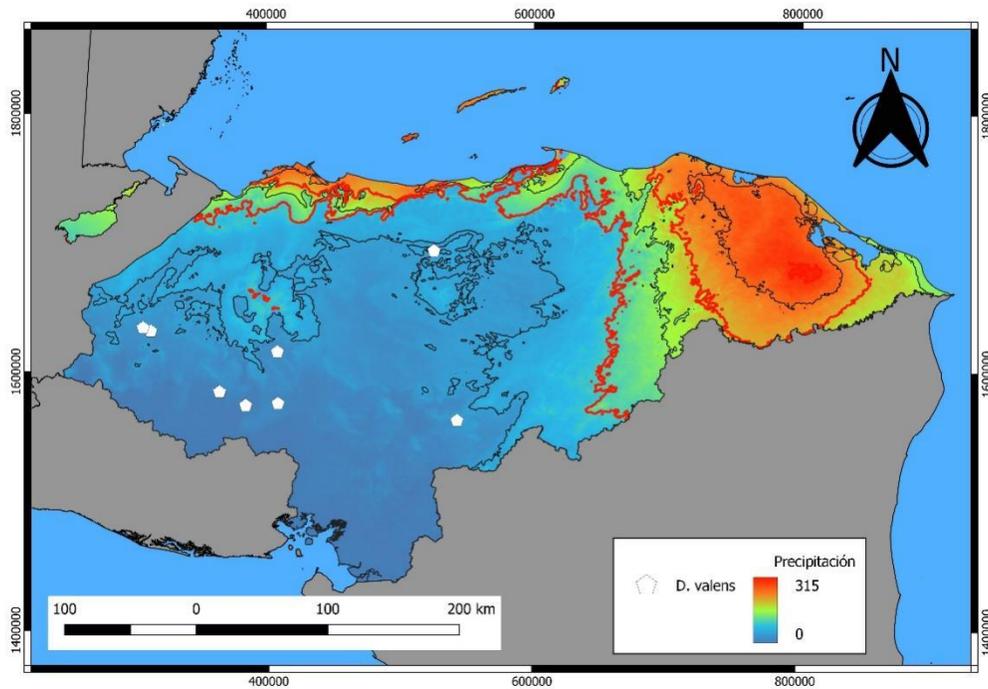


Figura N°87. Valores de precipitación de los meses más secos del territorio hondureño donde se reportó *D. valens*.

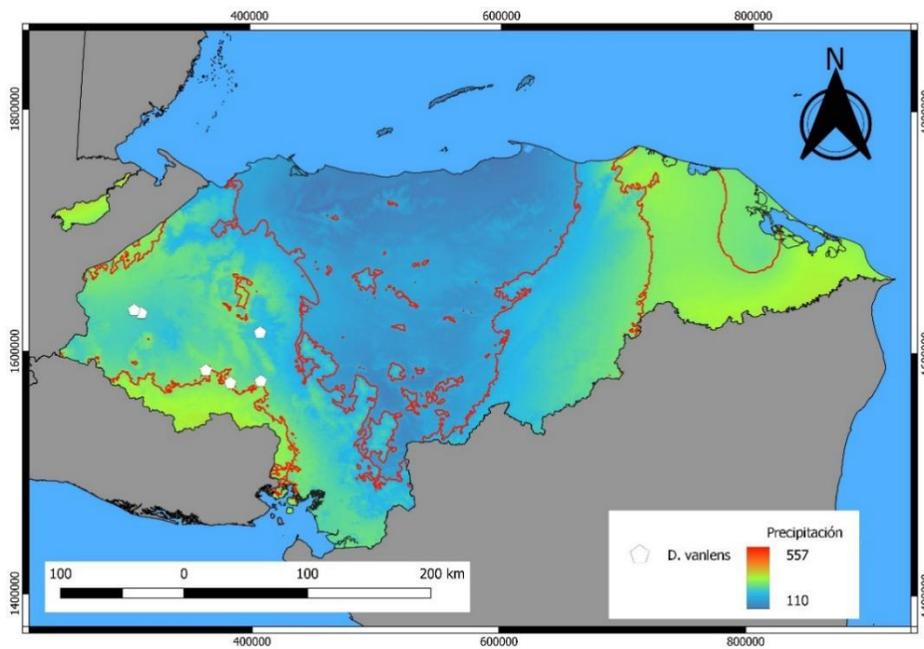


Figura N°88. Valores de precipitación (cm³) de los meses más húmedos del territorio hondureño donde se reportó *D. valens*.

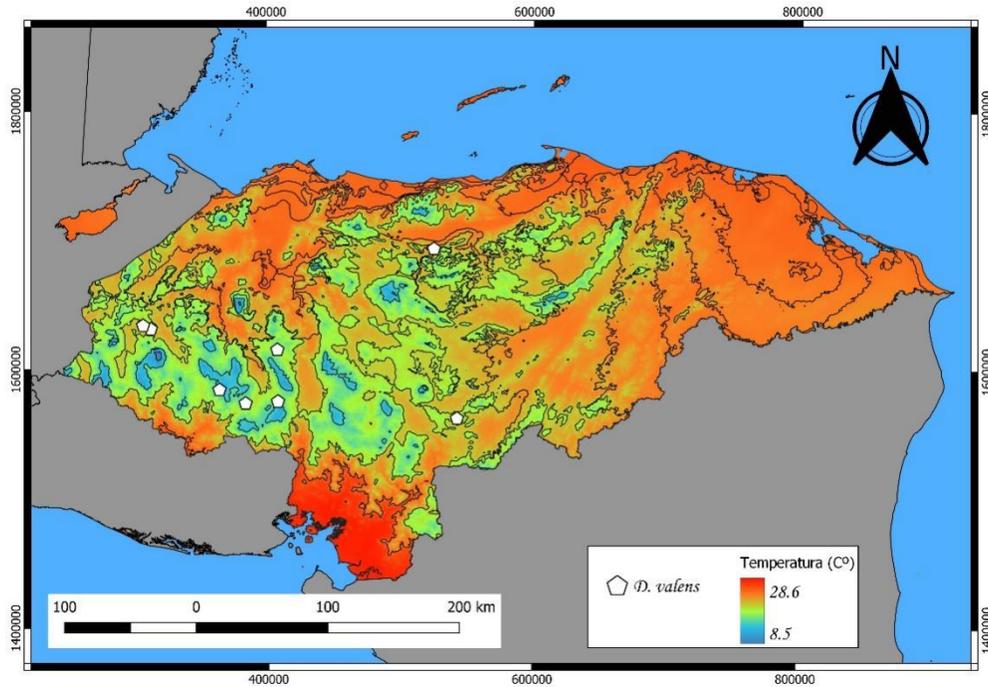


Figura N°89. Valores de temperatura promedio anual del territorio hondureño donde se reportó *D. valens*.

D. parallelcollis presentó la distribución más divergente, ubicándose principalmente en la zonas centrales del país, sitios que corresponden a los bosques de pino más cercanos al trópico, que por lo general son poblaciones extensas de *P.oocarpa*, que a veces se encuentra entremezclado con *P. maximinoii* en zonas altas y *P. caribaea* en las partes más bajas, estas poblaciones se encuentran en los departamentos de Francisco Morazán, El Paraíso, Choluteca y Olancho, expresándose entre los 20 y 50 cm³ de precipitación en los meses más secos, 150 y 200 cm³ en los meses más lluviosos y una temperatura promedio anual entre los 20 y 25 °C (Figura N°90, N°91 y N°92)

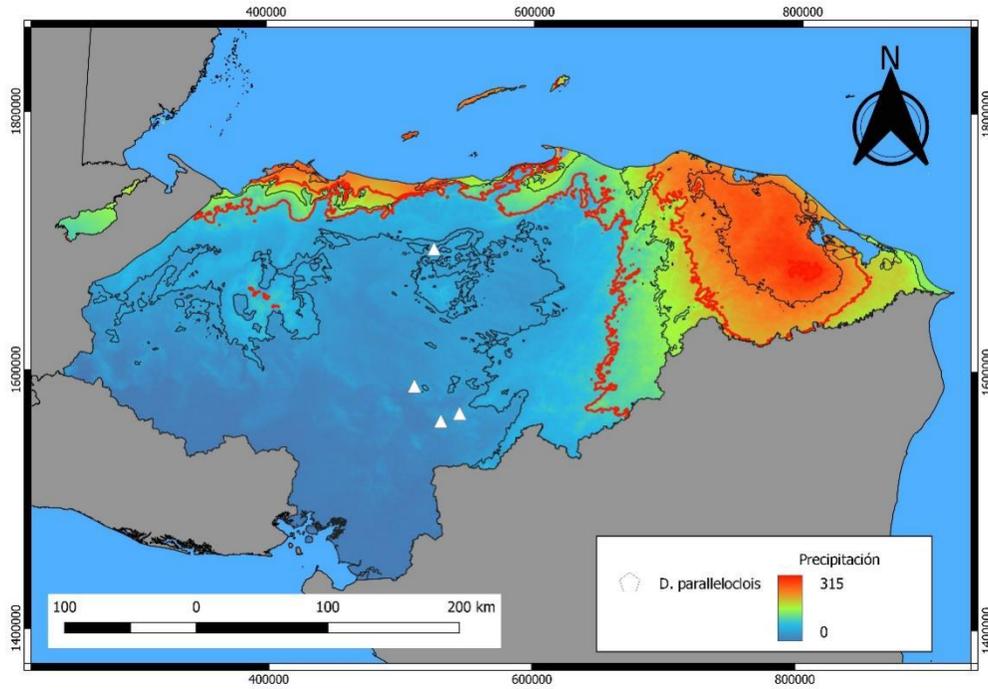


Figura N°90. Valores de precipitación de los meses más secos del territorio hondureño donde se reportó *D. parallelcolis*.

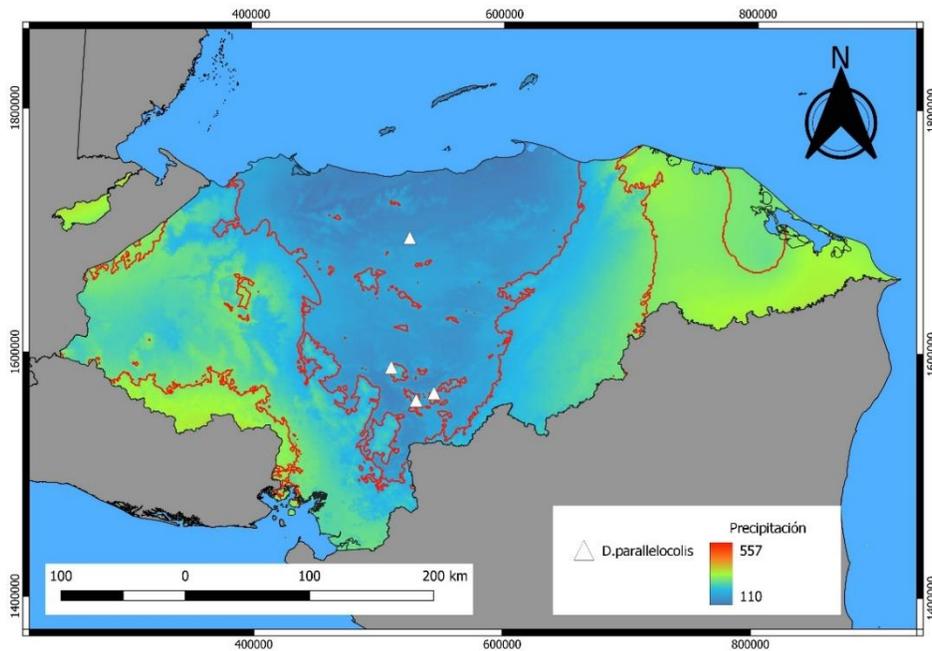


Figura N°91. Valores de precipitación (cm³) de los meses más húmedos del territorio hondureño donde se reportó *D. parallelcolis*.

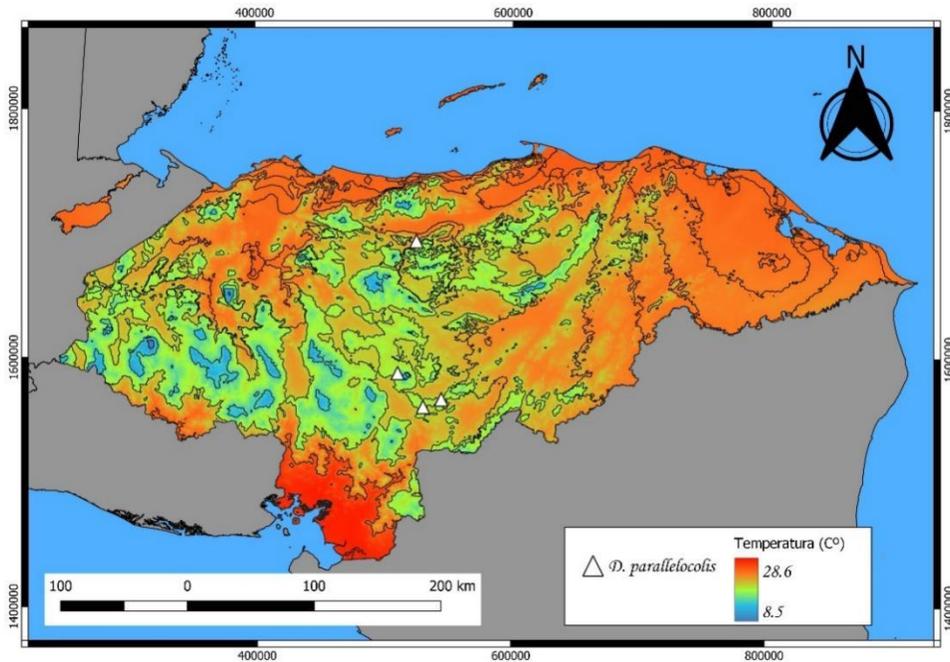


Figura N°92. Valores de temperatura promedio anual del territorio hondureño donde se reportó *D. parallelocollis*.

Al analizar el modelo, se revelan las posibles distribuciones potenciales para las cuatro especies que se han discutido en esta investigación donde todas las áreas pintadas en color **gris** representan los sitios donde la posibilidad de que se encuentre esta especie es **casi nula** o muy poco probable; los sitios de alta potencialidad se encuentran coloreados en **rojo**, es el que esperamos una **alta probabilidad** y donde se han hecho colectas de individuos y registros históricos de ataques de gorgojo descortezador; las áreas **amarillas** representan sitios que no **comparten las condiciones climáticas** más óptimas para la presencia de las especies pero aun así, son propicios para la misma, muchas veces estos sitios se representan como la zona de movimiento o rutas de migración de las especies y son de suma importancia para determinar los movimientos; las áreas **verdes** representan los **límites naturales** de la población, sitios con cualidades climáticas que son aptos para los individuos.

En el caso de *D. frontalis* las áreas con mayor probabilidad ($P = 0.6 - 0.86$) se encuentran dispuestas en el centro del país principalmente en los departamentos de La paz, Comayagua y Francisco Morazán, presentando dos extensiones hacia el norte, expandiéndose entre los departamentos de Olancho y Yoro y formando un corredor hasta el occidente del país

ocupando los territorios centrales de los departamentos de Intibucá, Lempira y Copán y Ocotepeque. La zona de probabilidad media ($P = 0.4 - 0.6$) son bastante escasas por lo general se observan como anillos concéntricos alrededor de las zonas de probabilidad lo que podría estar indicando corredores biológicos de las especies, mientras que los sitios de menor potencialidad ($0.2 - 0.4$) se encuentran rodeando barreras naturales como valles muy secos y la parte más alta de las montañas, pero dentro de estos lugares hay que descartar el norte del departamento de Choluteca que si bien el mapa los presenta como sitio de baja probabilidad se han documentado

ataques de gorgojo descortezador. (Figura N°93 y N°94)

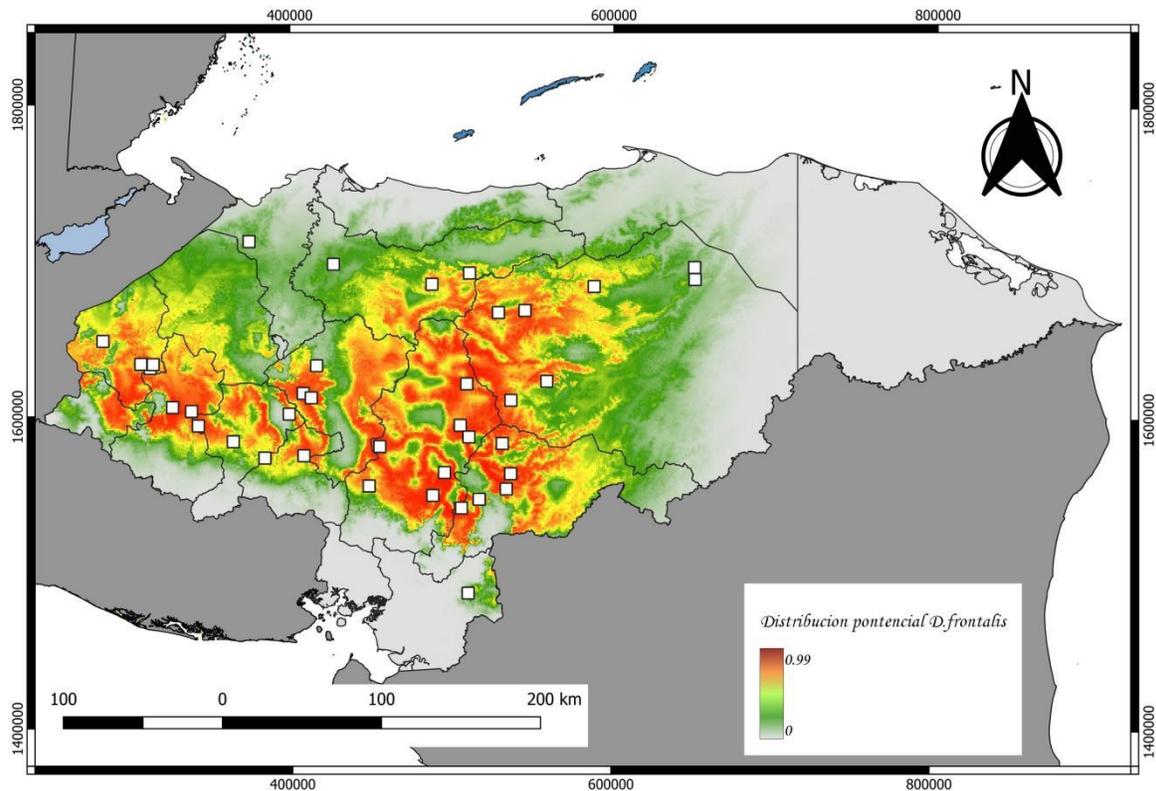


Figura N°93: Distribución potencial de *D. frontalis* en Honduras.

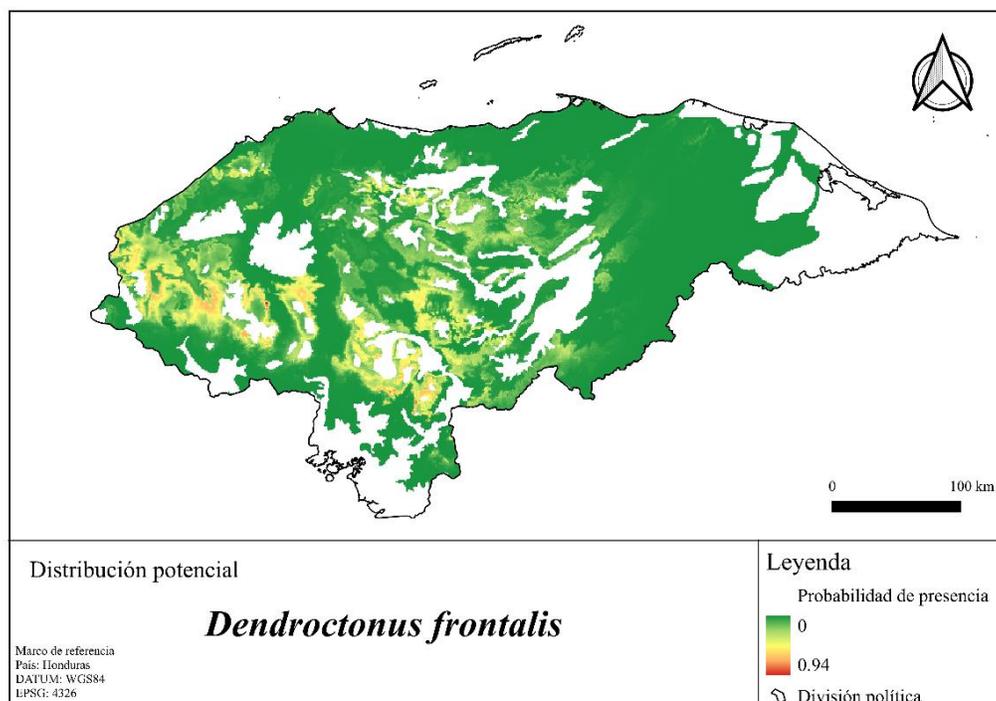


Figura N°94. Idoneidad geográfica para *D. frontalis* en Honduras

La determinación de los sitios de mayor probabilidad resulta de la interacción de las diferentes variables ambientales y los registros para cada una de las especies, para *D. frontalis* los parámetros más significativos fueron la temperatura promedio anual (BIO1), la temperatura promedio de los tres meses más lluviosos (BIO6) y la temperatura promedio de los tres meses más secos (BIO11) (Figura N°95). Según Evans *et al.*, en el 2011 la temperatura altera la abundancia y los rangos de crecimiento de *D. frontalis* asociado con hongos y ácaros. Esta interacción puede ocurrir de manera directa cuando las altas temperaturas afectan el desarrollo y la supervivencia de las poblaciones y de forma indirecta al cambiar los patrones de interacción intraespecíficas y el ambiente.

Los efectos que ocurren directamente en *D. frontalis* actúan sobre la supervivencia y el desarrollo de las nuevas generaciones, las altas temperaturas aumentan la tasa de mortalidad y reduce el éxito reproductivo, lo que conlleva a que las hembras colonicen nuevos árboles hospederos, aumentando el número y la profundidad de los túneles para ayudar a la supervivencia de las nuevas progenies (Lashomb & Nebeker, 1979), indirectamente se cree que la temperatura aumenta la incidencia y reproducción de especies ya sea de hongos o ácaros que afectan o benefician el desarrollo de las poblaciones de escarabajo descortezador.

Bridges en 1983 reporto que, en Canadá al aumentar la temperatura, se eleva el riesgo de infección por *Ceratocystis minor* Ann dentro de las galerías de *D. frontalis*. provocando un detrimento en sus poblaciones.

Estas condiciones parecen reflejarse con la distribución natural de *D. mesoamericanus* donde las variables más importantes fueron la temperatura promedio anual (BIO1), la temperatura promedio los tres meses más lluviosos (BIO6) y la temperatura promedio de los tres meses más secos (BIO11) (Figura N°96), con la diferencia que las áreas de probabilidad media ($P = .0.60$) tiende hacer más extendidas. Pero los sitios de alta probabilidad ($P= 0.85$) comparten un patrón muy similar con *D. frontalis* (Figura N°97) a su vez con la idoneidad geográfica, mostrando una similitud con la distribución potencial, solo que para esta especie no se observan áreas de alta idoneidad en las zonas de Santa Barbara y Copan, como sucede con *D. frontalis*. ambas especies han sido descritas como especies muy emparentadas, tanto morfológica y filogenéticamente, por lo cual podemos observar una similitud en sitios de distribución (Armendáriz et al., 2014).

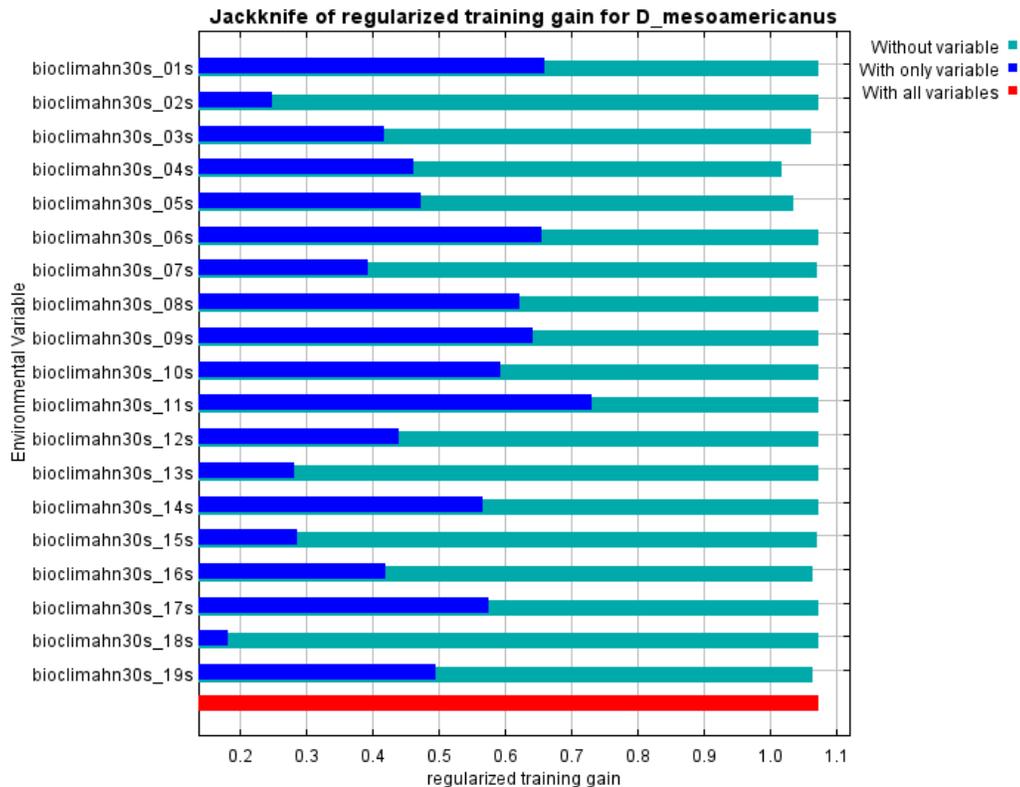


Figura N°95. Representación gráfica de las Relaciones entre interacción de las variables climáticas y su importancia al definir la distribución potencial para *D. frontalis* y *D. mesoamericanus*.

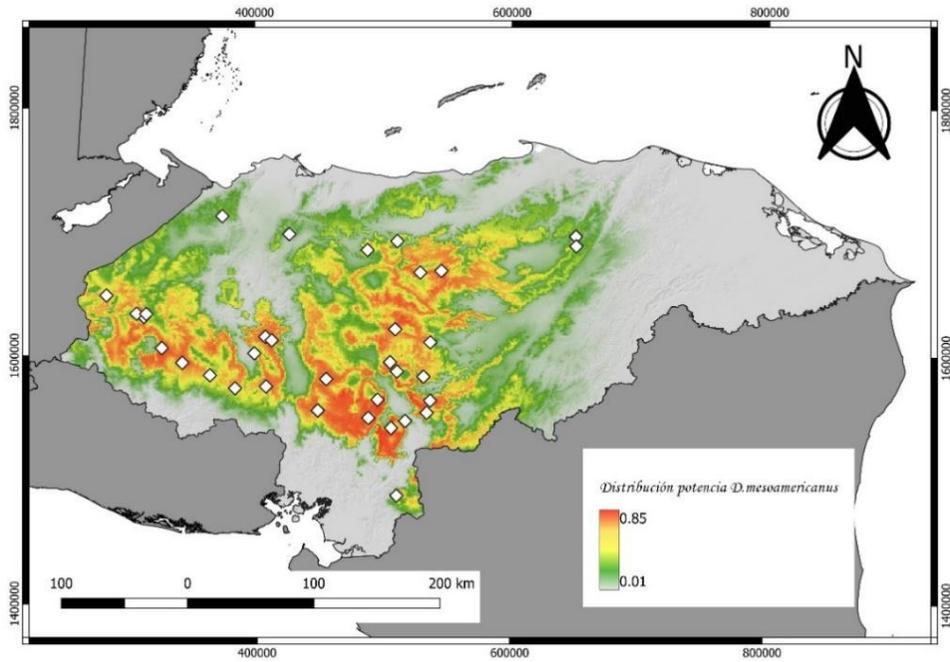


Figura N°96. Distribución potencial de *D. mesoamericanus* en Honduras

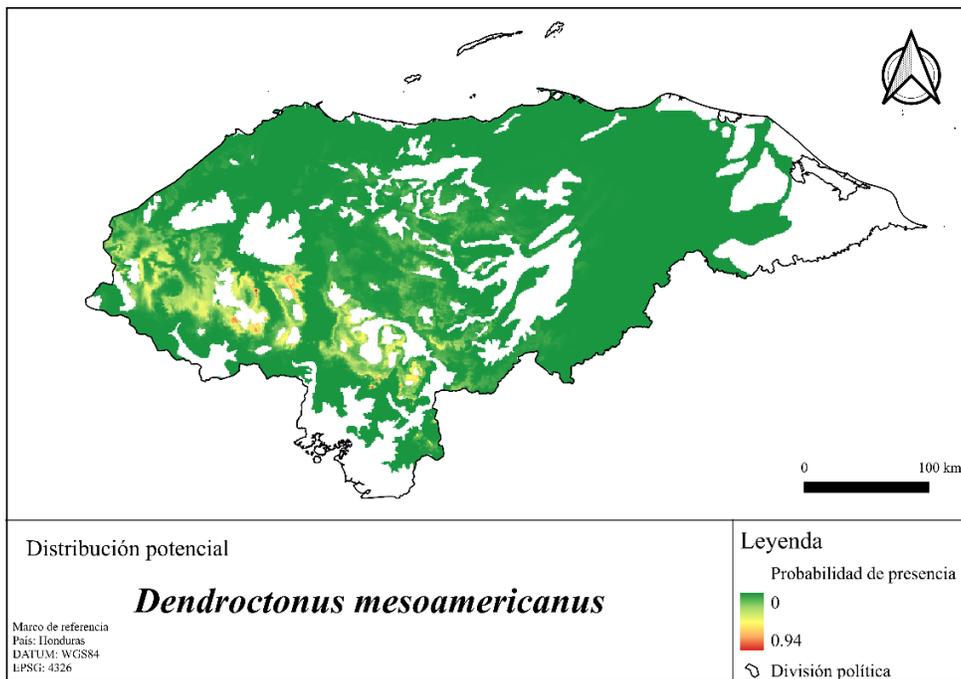


Figura N°97. Idoneidad geográfica de *D. mesoamericanus* en Honduras

Armendáriz *et al.* en el 2015 describió a *D. mesoamericanus* como una especie nueva para México y Centroamérica, la ubico en los departamentos de Francisco Morazán, Yoro, el sur de Comayagua y el occidente de Olancho dentro un rango altitudinal entre los 300 y 1700 msnm, emparentándolo principalmente con bosques de pino compuestos por *P. oocarpa*. Sin embargo esta especies también ha sido emparentada con *P. caribbaea*, *P. pseudostrobus*, *P. maximinoi*. Junto con otras especies de pino que no se encuentran dentro del país. El área de alta probabilidad ($P > 0.75$) obtenidas en ambas modelaciones son similares tanto en altitud como en la composición de especies. Sin embargo, al ser una especie relativamente nueva, muy poco se ha investigado sobre la ecología de esta especie.

La distribución para *D. valens* presenta una interacción entre las variables climáticas algo particular. donde BIO1, BIO6 y BIO11 siguen siendo los factores climáticos más preponderantes sobre la distribución de la especie, pero en este caso BIO 13 (el promedio de precipitación de los meses más húmedos) y BIO 18 (promedio de precipitación de los meses más calientes del año), no están aportando un peso significativo en el análisis (Figura N°98). Es muy difícil tratar de explicar esta interacción tan específica, ya que históricamente esta especie no se encontraba registrada en Honduras. A su vez los resultados obtenidos en la modelación (AUC = 0.85) (Figura N°99) nos permite observar que las áreas de mayor probabilidad se encuentran ubicadas en las regiones montañosas del centro sur del país, principalmente en los departamentos de La Paz e Intibucá, segregándose de manera muy asilada Lempira, Yoro y Francisco Morazán, hay que denotar la gran extensión de áreas con una probabilidad media de distribución ($P = 0.60$). sin embargo, estos datos deben tomarse a consideración por la baja representación que tuvo la especie en el sistema de muestreo. Los resultados de idoneidad presentan resultados similares, presentado una distribución de las probabilidades muy parecida a la encontrada en las demás especies (Figura N°100).

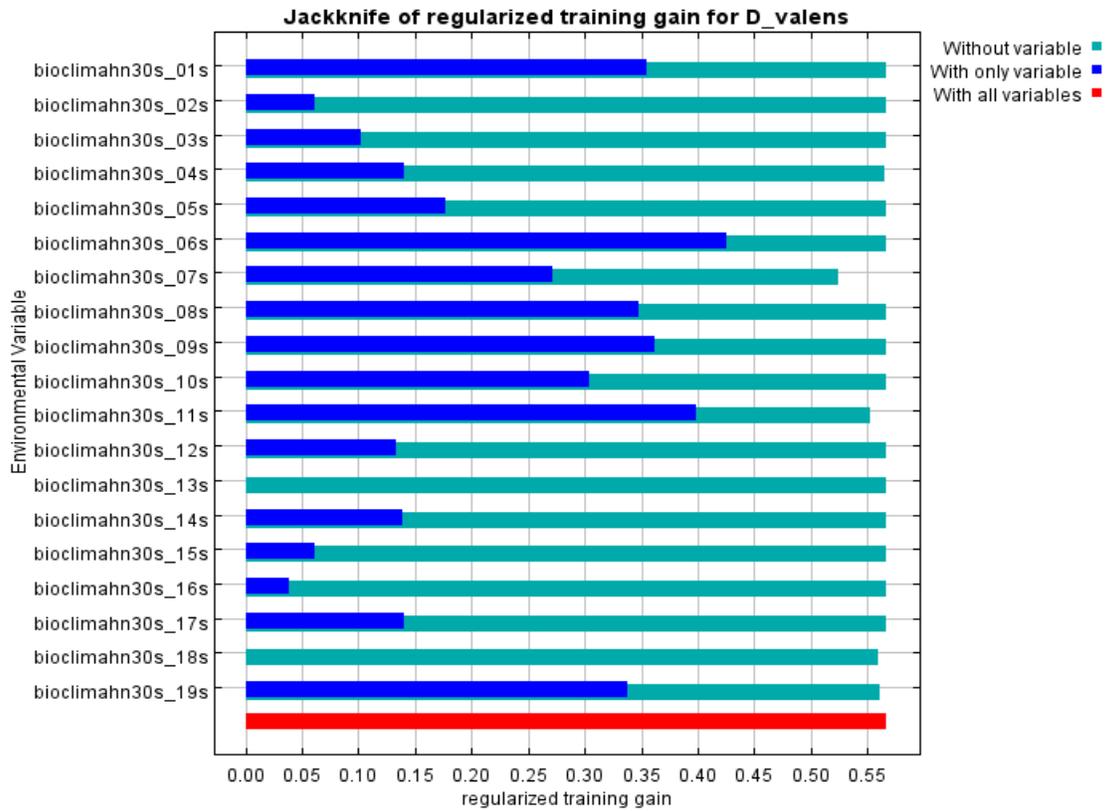


Figura N°98. Representación gráfica de las relaciones entre interacción de las variables climáticas y su importancia al definir la distribución potencial *D. valens*.

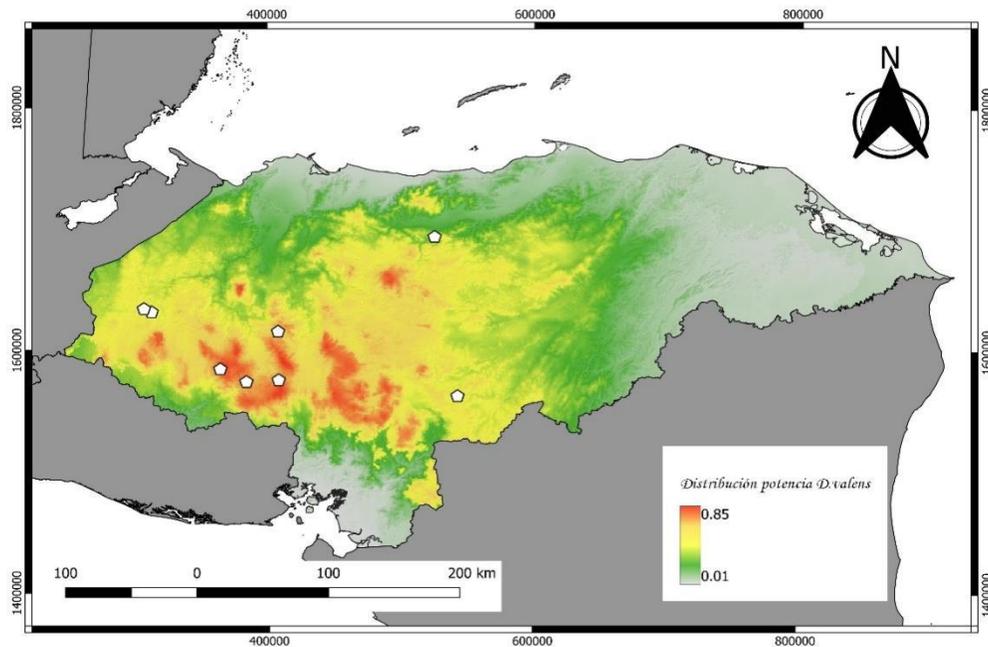


Figura N°99. Distribución potencial de *D. valens* en Honduras

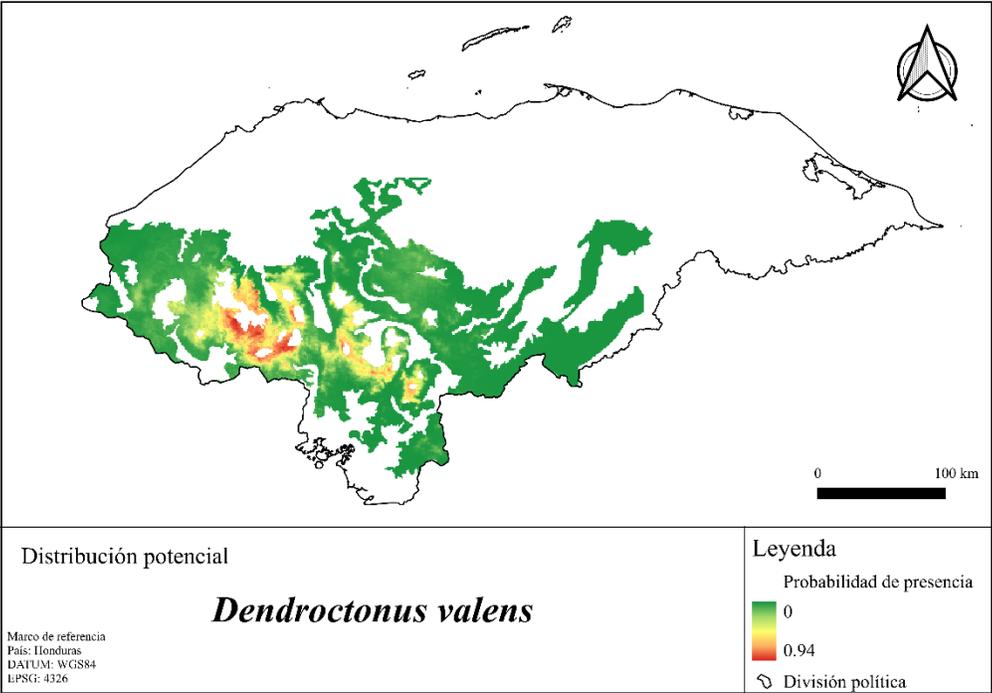


Figura N°100. Idoneidad geográfica de *D. valens* en Honduras

BIBLIOGRAFÍA

- AFE-COHDEFOR. (21 de febrero de 2024). Manejo integral de plagas y enfermedades forestales . Obtenido de http://www.cohdefor.hn/proteccion_forestal/
- Armendariz, F., Zuniga, G., Garcia, L., Mendoza, O., & Navarrete, P. (2017). Guia Ilustrada para identificar a las especies del genero *Dendroctonus* presentes en Mexico y Centroamerica. *Instituto Politecnico Nacional*.
- Armendáriz-Toledano, F., Zúñiga, G., Garcia-Román, L. J., Mendoza, O. V., & García-Navarrete, P. G. (2018). Guía ilustrada para identificar a las especies del género *Dendroctonus* presente en México y Centroamérica. Red Temática en Salud Forestal, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Instituto Politécnico Nacional. doi:9786074145984
- Armendariz-Toledano, F., A. Niño, J. Macias-Samano, and G. Zuniga. 2014b. Review of the geographical distribution of *Dendroctonus vitei* (Curculionidae: Scolytinae) based on geometric morphometrics of the seminal rod. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 107: 748–55.
- Armendáriz-Toledano, F., Niño, A., Sullivan, B. T., Macías-Sámamo, J., Víctor, J., Clarke, S. R., & Zúñiga, G. (2014). Two Species within *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae): Evidence from Morphological, Karyological, Molecular, and Crossing Studies. *Annals Of The Entomological Society of America*, 11–27.
- Basotec. (marzo de 2024). Plagas y Enfermedades Forestales: Amenazas Silenciosas en Nuestros Bosques. Obtenido de Basotec: <https://basotec.com/plagas-y-enfermedades-forestales/>
- Bravo Quiñónez, G. C. (2018). Morfometría geométrica en peces de la colección CEMZ-EGA-PUCESE procedentes de la cuenca baja del río SANTIAGO-Cayapas en los años 2012-2017 (Doctoral dissertation, Ecuador-PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental).
- Billings, Clarke, Espino, Cordón, Meléndez, Campos, & Baeza. (22 de febrero de 2024). Gorgojo descortezador e incendios: una combinación devastadora para los pinares de América Central. Obtenido de [fao.org: https://www.fao.org/3/y5507s/y5507s05.htm#TopOfPage](https://www.fao.org/3/y5507s/y5507s05.htm#TopOfPage)

- Billings, R. (2015). Southern Pine Beetles Reach Outbreak Levels in Honduras (Again). *Society of American*, 43.
- Billings, R., Clarkes, R., Espino, J., Cordon, B., Melendez, J., Campos, R., & G, B. (2004). Bark beetle outbreaks and fire: a devastating combination for Central America's pine forests. *Unasylva* 55.
- Cid-Muñoz, R. Cibrián-Tovar D., Valadez-Moctesuma E., Estrada Martínez E. Armendáriz Toledano F. (2020). Biology and life stages of pine splittle Bug *Ocoaxo assimilis* Walker (Hemiptera: Cecropidae). *Insects* 11(2),96. 21 p.
- Cibrian, T. (2021). Fundamentos para el Manejo Integral de Plagas Forestales MIPF. Universidad Autonoma Chapingo.
- Cordis, C. (2013, 27 febrero). The effect of expected climate change on insect performance: physiology, behavior and life history. CORDIS | European Commission. <https://cordis.europa.eu/project/id/333442/es>
- Godefroid, M., Meseguer, A. S., Sauné, L., Genson, G., Streito, J.-C., Rossi, J.-P., . . . Rasplus, J.-Y. (2019). Restriction-site associated DNA markers provide new insights into the evolutionary history of the bark beetle genus *Dendroctonus*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 139. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.106528>
- Cognato AI (2000) Phylogenetic analysis reveals new genus of Ipini bark beetle (Scolytidae). *Ann Entomol Soc Am* 93:362–366
- Cognato AI, Jordal BH, Rubinoff D (2018) Ancient “Wanderlust” leads to diversification of Endemic Hawaiian Xyleborus Species (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Insect Syst Divers* 2:1–9
- Furniss, M. M. 2001. A new subspecies of *Dendroctonus* (Coleoptera: Scolytidae) from Mexico. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 94: 21–25.
- Gohli J, Kirkendall LR, Smith SM, Cognato AI, Hulcr J, Jordal BH (2017) Biological factors contributing to bark and ambrosia beetle species diversification. *Evolution* (NY) 71:1258–1272

- Gohli J, Selvarajah T, Kirkendall LR, Jordal BH (2016) Globally distributed *Xyleborus* species reveal recurrent intercontinental dispersal in a landscape of ancient worldwide distributions Phylogenetics and phylogeography. BMC Evol Biol 16.
- Hopkins, A. D. 1909. Contributions toward a monograph of the scolytid beetles: I the genus *Dendroctonus*. U. S. Dep. Agric. Bureau Entomol. Tech. Ser. 17: 164–232.
- H., K., Midtgaard, F., R., L., Leveron, O., & Espino, V. (2005). Los Gorgojos de Pino de Honduras: Descripciones de Especies, Asociaciones de Hospederos y Métodos de Monitoreo y Control. Obtenido de Researchgate: at: <https://www.researchgate.net/publication/297688412>
- Jaramillo, N. (2011). Morfometría geométrica: principios teóricos y métodos de empleo. Fronteras de investigación en enfermedades infecciosas. Modelo enfermedad de Chagas. Universidad de Antioquia. Antioquia, Colombia, 69-87.
- Jordal BH, Cognato AI (2012) Molecular phylogeny of bark and ambrosia beetles reveals multiple origins of fungus farming during periods of global warming. BMC Evol Biol 12:133
- Kelley, S. T., and B. D. Farrell. 1998. Is specialization a did end? The phylogeny of host use in *Dendroctonus* bark beetle (Scolytidae). Evolution 52: 1731–1743
- Lanier, G. N., and S. L. Wood. 1968. Controlled mating, karyology, morphology and sex ratio in *Dendroctonus ponderosa* complex. Ann. Entomol. Soc. Am. 61: 517–516.
- Martínez, M. (2018). Insectos descortezadores: estudio local en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán y distribución regional actual y ante cambio climático. San Cristobal de las Casas: El Colegio de la Frontera Sur.
- Martínez, S. (2017). Introducción A Los Gorgojos De Pino, Biología Y Ecología. Mexico: Sagarpa.
- Mercado, J. E. (2020). Identificación mejorada y nuevos registros de escarabajos de la corteza *Dendroctonus* atacando a *Pinus contorta* en el bosque subalpino de las Montañas Rocosas del Sur. *Bosques*, 11(6), 656. doi:<https://doi.org/10.3390/f11060656>

- MFI, M. F. (2015). *Informe de MFI No. 106* Inspección a tres sitios plagados con brotes de *Dendroctonus sp*, La Unión, Olancho. Tegucigalpa.
- Milton, V., Carlos, J., Bruno, L., Pablo, I., & Alberto, S. (sa). Impacto Potencial Del Cambio Climatico En Eventos Epidémicos Del Gorgojo Descortezador Del Pino *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) EN HONDURAS.
- Moore, B., & Allard, G. (2009). Los impactos del cambio climático en la sanidad forestal. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-k3837s.pdf>
- NCBI, N. C. (18 de Abril de 2024). The National Center for Biotechnology Information advances science and health by providing access to biomedical and genomic information. Obtenido de Genome: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- P Havill, N., Cognato, A., del-Val, E., Rabaglia, R., & C Garrick, R. (2019). Nuevas herramientas moleculares para *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) revelan una subdivisión genética este-oeste de origen, sistemática y diversidad de insectos del Pleistoceno temprano. *Sistemática y diversidad de insectos, III* (2). doi:<https://doi.org/10.1093/isd/ixz002> Padilla, M., & Alvarado, F. (11/10/2019). Carta De Colaboración Entre El Instituto Nacional De Conservación Y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas Y Vida Silvestre (Icf) Y La Universidad Nacional Autónoma De Honduras (UNAH) A Través De La Facultad De Ciencias. Tegucigalpa Honduras.
- Paladines, D. (2017). Efecto del tratamiento para el control de *Dendroctonus frontalis* en la escorrentía superficial en bosques de *Pinus oocarpa*. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Pineda-Gonzales, G; Hernandez-Bustillo,A; Millán-Orozco, J; Morán-Martinez, J; Aguilar Marcelino, A; & Betancourt-Alonso,M.(2021). Morfometría: Una herramienta básica para el conocimiento fisiológico de los animales.Revista de divulgacion tecnica TEHUAN,(6),17-19.Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/357780912_Morfometria_Una_herramienta_basica_para_el_conocimiento_fisiologico_de_los_animales

- Ramírez-Reyes, T., Armendáriz-Toledano, A.-T., & Cuéllar Rodríguez, L. G. (2023). Rearranging and completing the puzzle: Phylogenomic analysis of bark beetles *Dendroctonus* reveals new hypotheses about genus diversification. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 187. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ympev.2023.107885>
- Rivera, M., Perez, C., Locatelli, B., Imbach, P., & Sediles, A. (sa). Impacto Potencial Del Cambio Climatico En Eventos Epidémicos Del Gorgojo Descortezador Del Pino *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) EN HONDURAS.
- Robredo, D., & Cadahia, F. (1985). Combate de plagas y enfermedades forestales. *Bol. Serv. Plagas*, 11, 261-273.
- Romero Sánchez, M. E. (2016). Escenarios de cambio climático en el sector forestal. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(37), 4-6. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v7n37/2007-1132-remcf-7-37-00004.pdf15>
- Ruiz, E., J. Victor, J. L. Hayes, and G. Zuñiga. 2009. Molecular and morphological analysis of *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae): An assessment of the taxonomic status of subspecies. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 6: 982–987.
- Salinas-Moreno, Y., M. G. Mendoza, M. A. Barrios, R. Cisneros, J. E. Macias-Samano, and G. Zuniga. 2004. Areography of the genus *Dendroctonus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Mexico. *J. Biogeogr.* 31: 1163–1177.
- SAT, S. d. (2021). Producto 5 5.1 DOCUMENTO FINAL DE DISEÑO DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA EL GORGOJO DESCORTEZADOR DEL PINO EN HONDURAS (SAT). Tegucigalpa: Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) .
- Sistema Nacional de Información Territorial de Honduras, (2023). *EL SINIT*. Obtenido de Deforestación: Perdida de Cobertura Forestal por Plagas, consultado febrero 2024, <https://spe.gob.hn/sinit/2023/09/05/deforestacion-perdida-de-cobertura-forestal-por-plagas/>

- Six DL, Bracewell R (2015) *Dendroctonus*. In: Vega FE, Hofstetter RW (eds) *Bark Beetles Biol Ecol Nativ Invasive Species*. Academic Press, pp 305–350
- Six, D. L. (2012). Ecological and evolutionary determinants of bark beetle- fungus symbioses. *Insects*, 3(1), 339-366.
- Thomas, J. B., and D. E. Bright. 1970. A new species of *Dendroctonus* (Coleoptera: Scolytidae) from Mexico. *Can. Entomol.* 102: 47. Información generada por la colaboración entre UNAH-ICF. (2024). Base de datos de escarabajos descortezador *Dendroctonus* sp.
- Val, E., & Romero, C. (2017). Insectos Descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) Y Cambio Climático: Problemática Actual Y Perspectivas En Los Bosques Templados. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 53-60.
- Val, E., & Sáenz-Romero. (2017). Insectos Descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) Y Cambio Climático: Problemática Actual Y Perspectivas En Los Bosques Templados. *ScienceDirect*.
- Victor, J., & Zuñiga, G. (2016). Phylogeny of *Dendroctonus* bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) inferred from morphological and molecular data. *Systematic Entomology*, 41(1), 162-177. doi:10.1111/syen.12149
- Víctor, J., & Zuñiga, G. (2016). Phylogeny of *Dendroctonus* bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) inferred from morphological and molecular data. *Systematic Entomology*, 41, 162–177. <https://doi.org/10.1111/syen.12149>.
- Vite', J. P., S. F. Islas, J.A.A. Renwick, P. R. Hughes, and R. A. Kliefoth. 1974. Biochemical and biological variation of southern pine beetle population in North and Central America. *Z. Angew. Entomol.* 75: 422–435.
- Wood, S. L. 1963. A revision of the bark beetles genus *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Scolytidae). *Great Basin Nat. Mem.* 23: 1–117.
- Wood, S. L. 1974. New synonymy and records of American bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Great Basin Nat. Mem.* 34: 277–290.

Zuñiga, G., R. Cisneros, J. L. Hayes, and J. Macias Samano. 2002. Karyology, geographic distribution and origin of the genus *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Scolytidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 95: 267–275.

Zuñiga, G., R. Cisneros, Y Y. Salinas-Moreno. 1995. Coexistencia de *Dendroctonus frontalis* Zimmerman y *D. mexicanus* Hopkins (Coleoptera: Scolytinae) sobre un mismo hospedero. *Acta Zool. Me'x.* 64: 59–62.