



Casa abierta al tiempo

---

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL  
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

INFORME DE SERVICIO SOCIAL LEGAL

DETERMINACIÓN DE GRADOS DÍA IMPLICADOS EN EL  
DESARROLLO DE *Dendroctonus mexicanus* Hopkins PROVENIENTES  
DE TEMASCALCINGO, ESTADO DE MÉXICO

PRESENTADOR DE SERVICIO SOCIAL:

ERICK VELÁZQUEZ REYES

ASESORES:

INTERNO:

DR. DANIEL RUIZ JUÁREZ

EXTERNO:

BIOL. JOSÉ FRANCISCO RESÉNDIZ MARTÍNEZ

Ciudad de México, 16 de enero de 2025

**INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL**

**Presentador del servicio social:** Erick Velázquez Reyes

**Matrícula:** 2193067786

**Unidad:** Xochimilco

**Carrera:** Agronomía

**División:** Ciencias Biológicas y de la Salud

**Lugar de realización:** Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP CENID COMEF), Viveros de Coyoacán.

**Proyecto de Servicio Social:** Determinación de Grados Día implicados en el desarrollo de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins provenientes de Temascalcingo, Estado de México

**Fecha de inicio:** 5 de febrero de 2024

**Fecha de término:** 5 de agosto de 2024



---

**Dr. Daniel Ruiz Juárez**  
Asesor interno



---

**Biol. José Francisco Reséndiz  
Martínez**  
Asesor externo



---

**Erick Velázquez Reyes**  
Alumno

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>II. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA SOCIAL</b> .....	<b>6</b>
<b>III. OBJETIVOS</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1 Objetivo general</b> .....	<b>6</b>
<b>3.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>7</b>
<b>IV. ACTIVIDADES A DESARROLLAR Y METODOLOGÍA</b> .....	<b>7</b>
<b>4.1 Actividades a desarrollar</b> .....	<b>7</b>
<b>4.1.1 Lugar de realización del servicio social</b> .....	<b>7</b>
<b>4.1.2 Actividades a desarrollar</b> .....	<b>7</b>
<b>4.2 Metodología</b> .....	<b>8</b>
<b>4.2.1 Sitio de estudio y recopilación de trozas de pino</b> .....	<b>8</b>
<b>4.2.2 Método de trozas de pino en laboratorio</b> .....	<b>9</b>
<b>4.2.3 Disección de muestras y determinación de ciclo biológico</b> .....	<b>11</b>
<b>4.2.4 Determinación de temperaturas umbrales</b> .....	<b>12</b>
<b>4.2.5 Método de Grados-Día</b> .....	<b>14</b>
<b>4.2.6 Método estadístico</b> .....	<b>14</b>
<b>V. ACTIVIDADES DESARROLLADAS Y RESULTADOS</b> .....	<b>15</b>
<b>5.1 Actividades desarrolladas</b> .....	<b>15</b>
<b>5.1.1 Actividades de campo</b> .....	<b>15</b>
<b>5.1.2 Actividades de laboratorio</b> .....	<b>16</b>
<b>5.1.3 Actividades de gabinete</b> .....	<b>18</b>
<b>5.2 Resultados</b> .....	<b>18</b>
<b>5.2.1 Determinación de estados de desarrollo de <i>D. mexicanus</i> Hopkins</b> .....	<b>18</b>
<b>5.2.2 Determinación de temperaturas umbrales</b> .....	<b>19</b>
<b>5.2.3 Cuantificación de tiempo de desarrollo mediante Grados-Día</b> .....	<b>21</b>
<b>VI. CONCLUSIÓN</b> .....	<b>24</b>
<b>VII. REFERENCIAS</b> .....	<b>24</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de localización del Parque Santa Lucía .....	8
<b>Figura 2.</b> Saneamiento de brotes activos de <i>D. mexicanus</i> Hopkins.....	9
<b>Figura 3.</b> Aplicación de tratamiento preventivo a trozas de pino. ....	10
<b>Figura 4.</b> Cámara climática LAB-LINE® modelo 850H.....	10
<b>Figura 5.</b> Trozas de pino colocadas en recipientes.....	13
<b>Figura 6.</b> Unidad experimental con tres repeticiones.....	13
<b>Figura 7.</b> Representación gráfica del método seno simple entre dos umbrales de desarrollo. 14	
<b>Figura 8.</b> Actividades de campo en diferentes sitios del Estado de México .....	16
<b>Figura 9.</b> Actividades para el seguimiento del ciclo de vida de <i>D. mexicanus</i> Hopkins .....	17
<b>Figura 10.</b> Actividades para identificación de especies. ....	17
<b>Figura 11.</b> Explicación del proyecto de determinación de temperaturas umbrales y grados día .....	18
<b>Figura 12.</b> Requerimientos de Grados Día por estado de desarrollo de <i>D. mexicanus</i> Hopkins bajo condiciones de cámara climática. ....	23
<b>Figura 13.</b> Gráfica de ajuste bivariado de estadios acumulados por Grados días acumulados. ....	24

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Programa de condiciones climáticas adaptadas a cámara climática LAB-LINE®	11
<b>Cuadro 2.</b> Calendario de toma de muestras .....	11
<b>Cuadro 3.</b> Registro de estados de desarrollo de <i>D. mexicanus</i> Hopkins observados en muestras de corteza de 10 x 10 cm durante las nueve semanas de estudio .....	19
<b>Cuadro 4.</b> Registro del tiempo de recuperación de movimiento de adultos de <i>D. mexicanus</i> Hopkins sometidos a diferentes tiempos y temperaturas.....	20
<b>Cuadro 5.</b> Registro del tiempo de recuperación de movimiento de larvas de <i>D. mexicanus</i> Hopkins sometidos a diferentes tiempos y temperaturas.....	21
<b>Cuadro 6.</b> Tiempo promedio del ciclo de vida de <i>D. mexicanus</i> Hopkins bajo condiciones controladas en cámara climática.....	22

## I. INTRODUCCIÓN

Se estima que la extensión forestal en México es de 138.7 millones de hectáreas, lo que representa el 71% de la superficie forestal (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2024). Los bosques templados son un recurso de gran valor para el país, ya que proporcionan servicios ambientales, además de tener importancia económica, filogenética y biogeográfica debido a la explotación del género *Pinus*, especie dominante en la conformación de bosques templados en la República Mexicana. México cuenta con 46 especies con 3 subespecies y 22 variedades de 111 especies de pinos, de las cuales el 55% son endémicas (del-Val y Sáenz-Romero, 2017).

Sin embargo, en 2023 la Comisión Nacional Forestal notificó 58,403 ha perturbadas por plagas, donde el 15.63% corresponde a daños asociados a insectos descortezadores, concentrándose la incidencia en bosques templados del centro del país (CONAFOR, 2023). Estos insectos son parte inherente de la estructura y funcionamiento de los bosques. No obstante, existen especies del género *Dendroctonus* spp. que representan una amenaza latente para estos ecosistemas, quienes en tiempos recientes han estado en constante estrés debido al incremento de la temperatura, déficit hídrico y otras consecuencias del cambio climático. Esto conlleva a una extensa mortalidad en árboles (Armendáriz et al., 2018; Salinas-Moreno et al., 2010; Six y Bracewell, 2015).

*Dendroctonus mexicanus* Hopkins es considerado una plaga forestal primaria, debido a su capacidad de infestar árboles aparentemente sanos o estresados (CONAFOR, 2015). Esto lo convierte en uno de los descortezadores de pino más importantes en México, ya que es capaz de alimentarse de diferentes especies de árboles del género *Pinus* (Cambrón et al., 2018; Salinas-Moreno et al., 2010; Six y Bracewell, 2015). Méndez-Encina et al. (2020) señalan que actualmente, los Estados con mayor riesgo de sufrir un ataque de esta especie son el Estado de México, Michoacán y Puebla. No obstante, para que el insecto cumpla su ciclo fenológico, depende de la temperatura, por lo que las áreas de riesgo podrían cambiar debido al cambio climático. Si la temperatura aumenta de 1.6° a 2° C para el año 2050, se espera que su distribución se modifique, lo que resultaría en una redistribución de la especie.

Se tiene registrado que la temperatura es la variable más importante para el incremento de un insecto, donde, a pesar de tener áreas de distribución geográfica establecidas, en sitios en los que pueda cumplir su requerimiento calórico, es capaz de comportarse como plaga (Cano et al., 2005). Los insectos, para poder cubrir su requerimiento calórico, necesitan la acumulación periódica de Grados Día por encima de una temperatura umbral, definida como una temperatura base que, por debajo de ella, detiene sus actividades metabólicas (Marco, 2001).

La tasa de desarrollo se concreta entre dos límites de temperatura tolerables por el insecto: Temperatura Umbral Mínima y Temperatura Umbral Máxima. Dentro de este intervalo, existe el nivel óptimo, donde el crecimiento se acelera. Estos valores términos varían entre las especies (Cano et al., 2005; Marco, 2001).

Tanto el monitoreo de temperaturas límite como óptimas permite comprender el comportamiento de los insectos, dando pauta a la elaboración de sistemas de vigilancia de plagas. Esto ayuda a prevenir brotes en sitios potencialmente susceptibles o en riesgo de serlo (Cervantes-Martínez et al., 2019). Por lo tanto, el estudio busca determinar el ciclo biológico de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins en laboratorio a través de la técnica de trozas de pino, con la finalidad de recopilar los requerimientos calóricos de la especie.

## **II. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA SOCIAL**

El estudio de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins es relevante debido a la importancia de la especie dentro de la sanidad forestal, ya que año tras año causa la muerte de miles de árboles en los bosques templados de México. Esta especie tiene una amplia distribución en los bosques templados de México (Cambrón et al., 2018; Salinas-Moreno et al., 2010), donde se manifiesta como plaga forestal primaria. De acuerdo con Cervantes-Martínez et al. (2019), en el periodo de 1905 a 2015 ocurrieron 106 brotes epidémicos de insectos descortezadores en 15 estados de la República Mexicana, siendo *D. mexicanus* Hopkins una de las tres especies de mayor importancia ecológica y económica. Cervantes-Martínez et al. (2019) muestran que la mayoría de los brotes de insectos descortezadores ocurren principalmente después de periodos de sequía y que estos se han incrementado a partir de 1996, siendo más numerosos en la primera década del presente siglo. Dado que el desarrollo de los insectos depende directamente de la temperatura, es importante conocer los Grados Día de la especie, ya que, en conjunto con el uso de bases de datos climáticos, puede dar respuesta a cuántas generaciones presenta cada especie en diferentes latitudes del país; el estado de desarrollo en un lugar dado; y si el número de generaciones cambiaría, y en qué cantidad, ante escenarios de cambio climático.

## **III. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

Determinar el ciclo biológico de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins en laboratorio a través de la técnica de trozas de pino, con la finalidad de recopilar los requerimientos calóricos de la especie.

### 3.2 Objetivos específicos

- ❖ Determinar los estados de desarrollo de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins obtenidos mediante la técnica de trozas de pino.
- ❖ Determinar la temperatura umbral mínima de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins.
- ❖ Cuantificar el tiempo de desarrollo de cada etapa del ciclo de vida del descortezador mediante la técnica de trozas de pino y las unidades de Grados Día.

## IV. ACTIVIDADES A DESARROLLAR Y METODOLOGÍA

### 4.1 Actividades a desarrollar

#### 4.1.1 Lugar de realización del servicio social

Las actividades de servicio social se realizaron en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP CENID COMEF), ubicado en Viveros de Coyoacán, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México.

El INIFAP es un Organismo Público Descentralizado (OPD) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), reconocido con personalidad jurídica y patrimonio propio. La institución realiza investigaciones compartidas y corresponsables con agentes e instituciones vinculadas al sector forestal, agrícola y pecuario, así como el desarrollo de innovaciones tecnológicas para su transferencia a las poblaciones demandantes, con la finalidad de apoyar el desarrollo sostenible de las cadenas agroalimentarias y sistemas forestales, fundamentado en la satisfacción de los requerimientos y expectativas de las poblaciones a atender (INIFAP, 2024).

Su objetivo es contribuir al desarrollo rural sustentable optimizando los procesos productivos forestales, agrícolas y pecuarios con la finalidad de incrementar su competitividad, aunado con la conservación de los recursos naturales, mediante el incremento de conocimientos y soluciones tecnológicas a problemáticas prioritarios de los subsectores forestal, agrícola y pecuario (INIFAP, 2024).

#### 4.1.2 Actividades a desarrollar

Las actividades a realizar durante la estancia de servicio social fueron las siguientes:

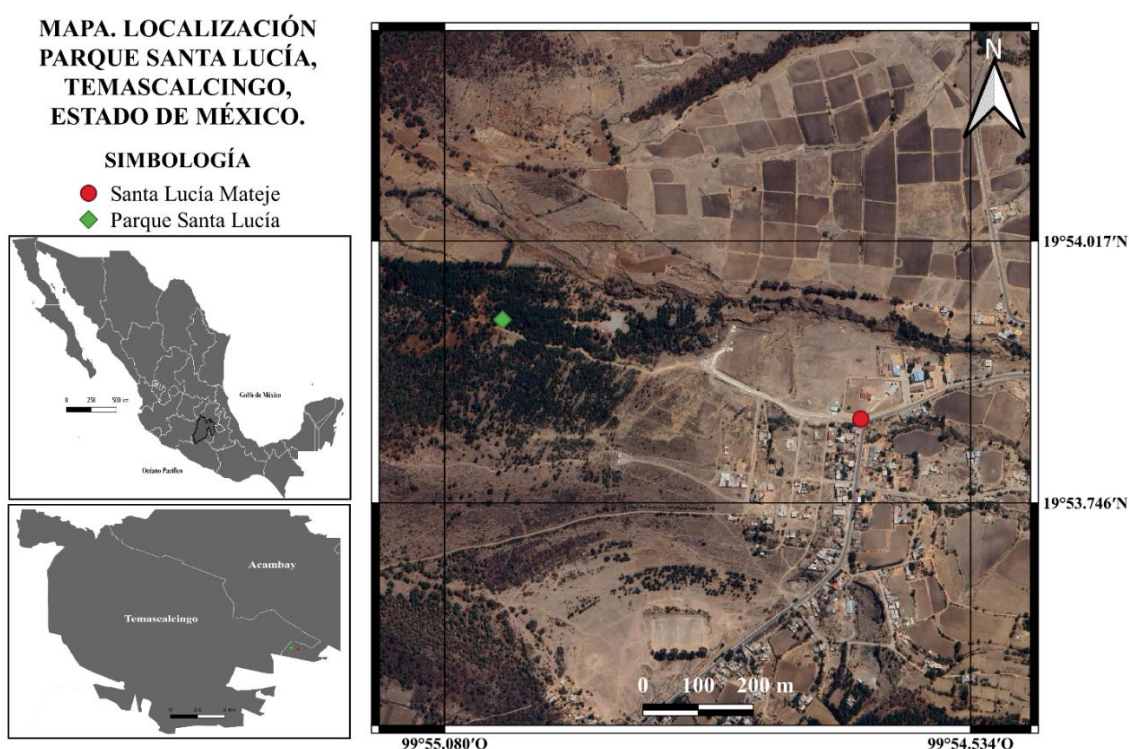
- ❖ Cría de *D. mexicanus* a través de la técnica trozas de pino.
- ❖ Medición del tiempo de desarrollo de cada etapa del ciclo de vida del descortezador mediante la técnica de trozas de pino y grados día.
- ❖ Cuantificación de las Grados Día de *D. mexicanus* mediante el método de seno simple.

- ❖ Extracción y montaje de la varilla seminal para determinar las especies del género *Dendroctonus* Erichson, en el laboratorio de Sanidad forestal del INIFAP CENID COMEF con el apoyo de microscopios estereoscópicos.
- ❖ Seguimiento y toma de muestras de cortezas de los árboles elegidos para la actividad de monitoreo en sitios del Estado de México.
- ❖ Limpieza y desinfección de equipo de laboratorio.

## 4.2 Metodología

### 4.2.1 Sitio de estudio y recopilación de trozas de pino

El Parque "Santa Lucía", ubicado en la localidad de Santa Lucía Mateje, dentro del Ejido de San Mateo el Viejo, perteneciente al municipio de Temascalcingo, Estado de México, posicionado geográficamente a 19°53'56.2"N, 99°55'01.2"O (Fig. 1). Fue seleccionado a través del reporte generado en abril de 2024 sobre la notificación de saneamientos del área, por el Comisariado de San Mateo el Viejo y el personal técnico de la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE).

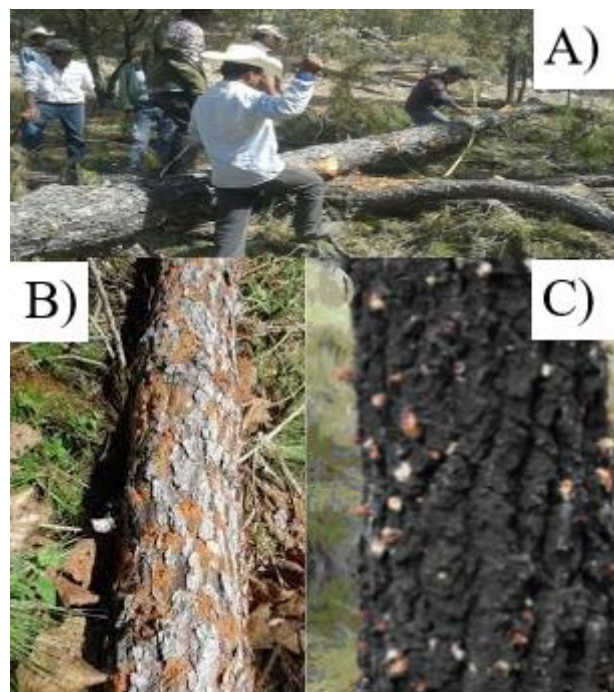


**Figura 1.** Mapa de localización del Parque Santa Lucía, sitio de donde se tomaron las trozas de pino.

La visita al sitio para la recolección del material biológico se realizó el 11 de abril de 2024. Se aprovecharon los saneamientos, que consistieron en el derribo de árboles infestados (Fig. 2 A), actividad comprendida en los lineamientos técnicos de los métodos para el combate y

control de insectos descortezadores en la Norma Oficial NOM-019-SEMARNAT-2017 (SEMARNAT, 2017).

Se obtuvieron 12 trozas de 20 cm de diámetro y 30 cm de altura de dos especies de pino: 6 de *Pinus ayacahuite* (Fig. 2 B) y 6 de *P. greggii* (Fig. 2 C). La elección de los dos árboles derribados se fundamentó en lo sugerido por Islas (1980), que consiste en seleccionar fustes infestados de 20 a 35 cm de diámetro y seccionarlos en pedazos de 30 cm de altura para la obtención de trozas. Las muestras se rotularon con una clave compuesta por un valor numérico del 1 al 6 y la primera letra de la especie para su identificación (A = *P. ayacahuite*, G = *P. greggii*). El material se trasladó y se depositó en el laboratorio de Sanidad Forestal del INIFAP CENID COMEF.



**Figura 2.** Saneamiento de brotes activos de *D. mexicanus* Hopkins. A) Derribo de árboles infestados; B) Signos de infestación en *P. ayacahuite*; C) Signos de infestación en *P. greggii*.

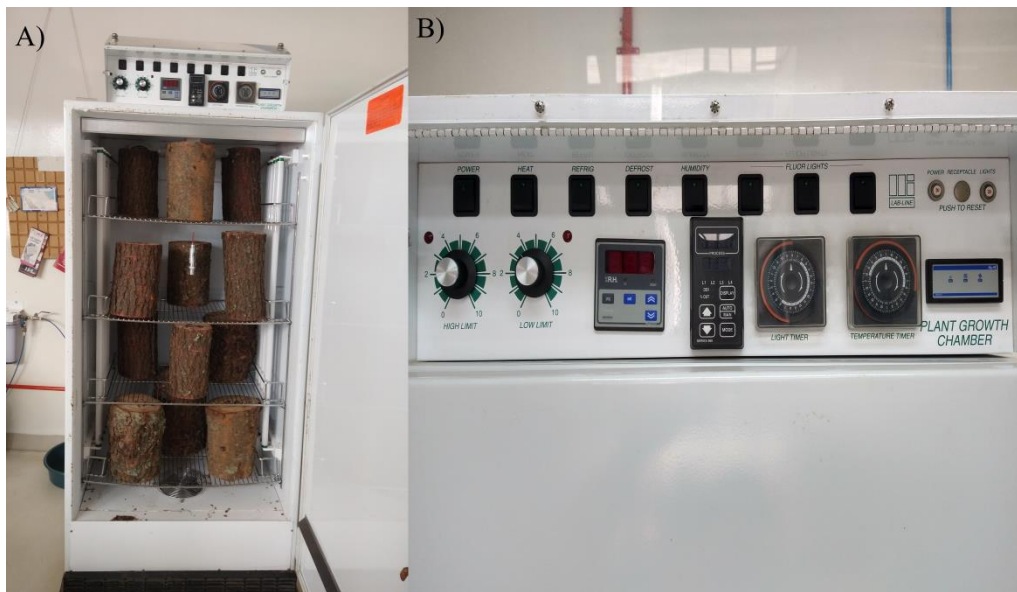
#### 4.2.2 Método de trozas de pino en laboratorio

El método de trozas de pino al igual que el de emparedado de floema tienden a la pérdida de humedad, lo que genera la muerte prematura de los insectos a evaluar (Aflitto et al., 2014; Islas, 1980; Kinn y Miller, 1981). Por ello, se implementó el método desarrollado por Sánchez-Martínez (2024a, [inédito]). Previo a la introducción de las cortezas a la cámara climática, el 15 de abril de 2024, se les aplicó un sellador base agua en una relación 3:1 (Comex® sellador 5x1® reforzado) en las caras de la troza para evitar la desecación, manteniendo la misma condición de humedad y evitando la infección por hongos (Fig. 3).



**Figura 3.** Aplicación de tratamiento preventivo a trozas de pino. A) Representación gráfica de una de las claves utilizadas para rotular las trozas en su cara superior; B) Sellador elaborado para su aplicación en las trozas; C) Trozas a las que se les aplicó el sellador.

Se utilizó una cámara climática LAB-LINE® Biotronette Plant Growth Chamber modelo 850H (Fig. 4 A). Las trozas se colocaron en la cámara climática el día 23 de abril de 2024. Se situaron tres trozas por repisa de manera intercalada para no incidir en la circulación de la ventilación y así mantener la condición de humedad y temperatura homogéneas (Fig. 4 A).



**Figura 4.** Cámara climática LAB-LINE® modelo 850H. A) Colocación de trozas de pino en la cámara climática. B) Panel táctico de cámara climática.

La condición climática para la cría de los descortezadores se basó en el programa desarrollado por Sánchez-Martínez (2024b, [inédito]) para la cría de *Dendroctonus* spp. en cámara

bioclimática POL-EKO. Por esta razón, se hizo una adaptación del programa, dado que la cámara climática LAB-LINE® modelo 850H tiene una programación manual mediante temporizadores de luz y temperatura, y una pantalla táctil para el control de humedad (Fig. 4 B). El programa de condiciones de luz, humedad y temperatura empleado se describe en el Cuadro 1. Debido a las variaciones que pueden presentarse dentro de la cámara, se introdujo un Data logger para el registro y almacenamiento de temperatura y humedad en tiempo real.

**Cuadro 1.** Programa de condiciones climáticas adaptadas a cámara climática LAB-LINE®

Condición	Segmentos		Duración	
Temperatura	Día	28° C	De 11:00 a.m. a 6:00 p.m.	7 h
	Atardecer-amanecer	18° C	De 6:00 p.m. a 11:00 a.m.	17 h
Luz	Día	50%	De 6:00 a.m. a 6:00 p.m.	12 h
	Tarde-noche	0%	De 6:00 p.m. a 6:00 a.m.	12 h
Humedad	Mañana-mediodía	50 %	De 9:30 a.m. a 12:00 p.m.	2.5 h
	Mediodía-tarde	40 %	De 12:00 p.m. a 3:00 p.m.	3 h
	Tarde-mañana	62 %	De 3:00 p.m. a 9:30 a.m.	18.5

#### 4.2.3 Disección de muestras y determinación de ciclo biológico

El ciclo biológico fue estudiado conforme a lo desarrollado por Sánchez-Martínez (2024a, [inédito]). Semanalmente se retiraron cortezas de 10 x 10 cm con una Mini-motosierra portátil GUTSTARK®. En el Cuadro 2 se muestran los días en los que se recolectaron las muestras. Estas se recolectaron periódicamente los días martes en un lapso comprendido por 57 días, iniciado el 23 de abril de 2024 y culminado el 18 de junio de 2024.

**Cuadro 2.** Calendario de toma de muestras

N° de semana	Fecha de toma de muestra	Días acumulados
1	23/04/2024	1
2	30/04/2024	8
3	07/05/2024	15
4	14/05/2024	22
5	21/05/2024	29

6	28/05/2024	36
7	04/06/2024	43
8	11/06/2024	50
9	18/06/2024	57

Una vez extraídas la muestra, se registró la presencia de algún estadio en el área donde se retiró la corteza. En cada zona donde se extrajeron muestras, se aplicó sellador para evitar la pérdida de humedad de la troza. Las muestras se diseccionaron con navajas y guantes anticorte. Los cortes se tomaron sobre las galerías principales y el resto de la corteza para encontrar larvas, pupas, preimagos y adultos. Los individuos encontrados se conservaron en frascos Eppendorf en alcohol al 70%, para su identificación. La determinación de *D. mexicanus* Hopkins se basó en la observación de rasgos morfológicos como el tamaño promedio de los ejemplares, el número de setas en el montículo del declive elitral y la extracción de genitalia (Armendáriz et al., 2018; Cibrián et al., 1995; Cibrián et al., 2014; Ríos-Reyes et al., 2008; Wood, 1982).

#### 4.2.4 Determinación de temperaturas umbrales

Se implementó el método sugerido por Sánchez-Martínez (2024c [ inédito]), el cual consiste en la utilización de adultos y larvas. Para recopilar los insectos, se realizó una visita a un predio privado con notificación de saneamiento por un brote activo de *D. mexicanus* Hopkins emitida por PROBOSQUE, ubicado en la localidad de Ranchería de Mañi, municipio de Jiquipilco, Estado de México (19.591341, -99.619676). En la visita se colectaron ocho trozas de pino con una longitud de 30 cm, plagadas con descortezador, que fueron trasladadas al laboratorio de Sanidad Forestal del INIFAP CENID COMEF y colocadas en recipientes adaptados para la recolección de individuos adultos (Fig. 5). Para la recolección de larvas, se retiraron secciones de corteza de 10x10 cm de las trozas recolectadas, con el fin de recoger aquellas que estuvieran presentes en la superficie de la corteza.



**Figura 5.** Trozas de pino colocadas en recipientes. A) Recipientes de colecta; B) Individuos adultos en vaso colector; C) Trozas de pino.

Para la determinación de la temperatura umbral mínima de adultos y larvas de *D. mexicanus* Hopkins, se utilizaron cajas de Petri de 9 x 50 mm, donde se colocaron 10 individuos, lo que representa una unidad experimental. Por cada unidad experimental se realizaron tres repeticiones (Fig. 6) que fueron colocadas en un refrigerador Lab-Line modelo 3793 Hertz, las cuales se sometieron a diferentes temperaturas: 5°C, 0°C, -5°C, -8°C, -10°C, -12°C, -14°C, -16°C, -18°C y -20°C; y diferentes tiempos: 10 min, 1 h y 24 h. Estas condiciones fueron consideradas por lo recomendado por Sánchez-Martínez (2024c [inédito]).

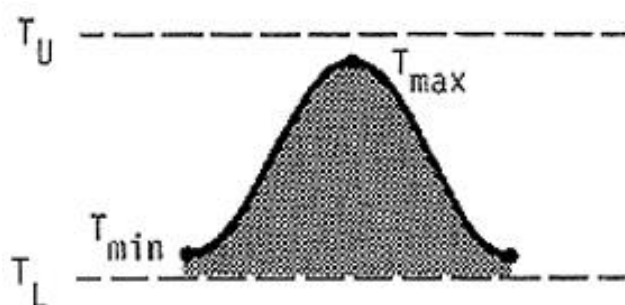


**Figura 6.** Unidad experimental con tres repeticiones.

Al finalizar los tiempos, se retiraron del refrigerador con la finalidad de registrar el lapso de recuperación de movimiento y el número de descortezadores vivos y muertos; además se caracterizó el tipo de movimiento que presentaron después de haberse sometido a estas condiciones. En dado caso que los individuos no presentaron movilidad, se consideraron como muertos.

#### 4.2.5 Método de Grados-Día

Una vez determinadas las temperaturas umbrales para *D. mexicanus* Hopkins, los cálculos de los Grados Día (°D) fueron realizados mediante la metodología del seno simple, un método trigonométrico que corrige errores que se presentan con otros métodos que utilizan temperaturas mínimas y máximas. Dentro de las variantes que tiene este método, se utilizó la fórmula adaptada a valores que se encuentran dentro de los dos umbrales de desarrollo de la especie y se aplica en un período de 24 horas (Fig. 7) (University of California s/f).



**Figura 7.** Representación gráfica del método seno simple entre dos umbrales de desarrollo (University of California s/f).

La fórmula es la siguiente:

$$^{\circ}D = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} + TL$$

Donde:

°D = Grados días

Tmax = Temperatura máxima

Tmin = Temperatura mínima

TL = Temperatura umbral mínima

#### 4.2.6 Método estadístico

Se elaboró un análisis de correlación lineal simple al 95% ( $P < 0,05$ ) en el paquete estadístico JMP (versión 8), con la finalidad de medir la asociación lineal que existe entre la acumulación de °D y la acumulación de estadios durante las nueve semanas de evaluación. Se realizó el análisis, considerando el total de estadios registrados por semana como la variable dependiente, y la acumulación de °D como la variable independiente.

## V. ACTIVIDADES DESARROLLADAS Y RESULTADOS

### 5.1 Actividades desarrolladas

#### 5.1.1 Actividades de campo

Se realizaron salidas de campo a los siguientes lugares: Área de protección de flora y fauna del Nevado de Toluca, paraje "Parque de los Venados", Jocotitlán y Temascalcingo, municipios pertenecientes al Estado de México.

Las actividades realizadas en los sitios del Estado de México son parte del proyecto "Determinación de temperaturas umbrales y grados día implicados en el desarrollo de *D. adjunctus*, *D. mexicanus* y modelaje de los ciclos y límite de distribución de estas especies bajo tres condiciones climáticas". En el Nevado de Toluca y Jocotitlán, a través de reportes de brotes activos y coordinación con personal técnico PROBOSQUE y con representantes ejidales, se seleccionaron sitios infestados, en los cuales se eligieron árboles con principios de ataques por descortezadores del género *Dendroctonus*, y se georreferenciaron con sistemas de posicionamiento global.

En el Monte Comunal "Isidro Fabela" en Jocotitlán, se realizaron seis salidas y cuatro comisiones al Nevado de Toluca. De ambos lugares, se tomaron muestras de corteza con una dimensión de 10 X 10 cm (Fig. 8 A). Durante el periodo de muestreo se obtuvieron un total de 103 muestras. En estas actividades se utilizó el equipo de tipo bicicleta para subir a los árboles (Fig. 8 B), motosierras para extraer las muestras y la identificación de síntomas y signos en los pinos infestados por descortezadores del género *Dendroctonus* (Fig. 8 C).

En el parque "Santa Lucía" en la localidad de San Mateo el Viejo, municipio de Temascalcingo, Estado de México, se realizó la recolección de 22 trozas de pino (Fig. 8 D). Su obtención se generó a partir del seccionado de dos especies de pino derribadas, *P. ayacahuite* y *P. greggii*. Se obtuvieron 10 trozas de *P. ayacahuite* y 12 de *P. greggii*; ambas con diámetros de 15 a 20 cm y alturas de aproximadamente 30 cm. Este material, junto con las cortezas recolectadas en los otros sitios de estudio, se llevaron al laboratorio de Sanidad Forestal del INIFAP CENID COMEF para su análisis.

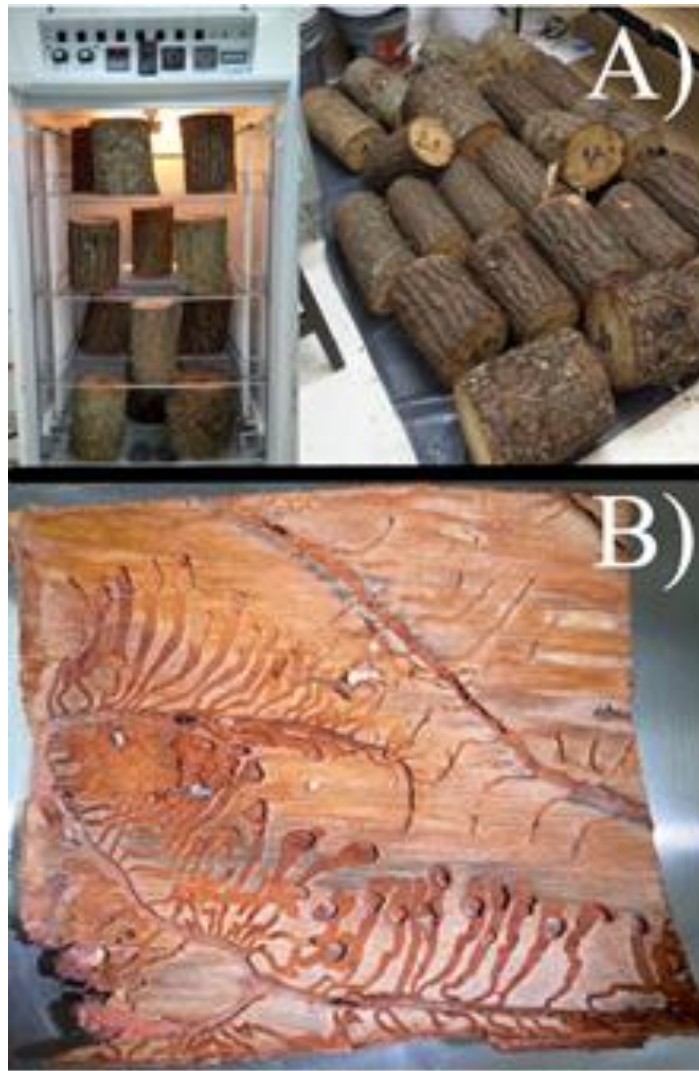


**Figura 8.** Actividades de campo en diferentes sitios del Estado de México. A) Toma de muestras de corteza de 10 x 10 cm; B) Utilización de escaladores tipo bicicleta para tomar muestras de las secciones medias de los árboles muestreados; C) Resinación de árbol infestado por *Dendroctonus* spp.; D) Trozas colectadas en Temascalcingo.

### 5.1.2 Actividades de laboratorio

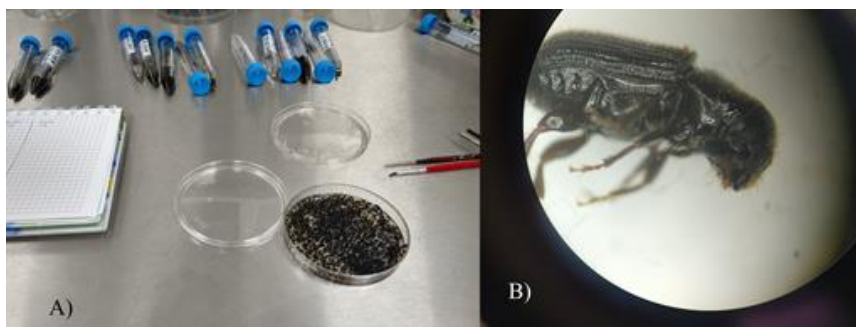
Las muestras de corteza recolectadas en Jocotitlán y Nevado de Toluca se analizaron mediante disección, con el objetivo de observar y registrar la presencia de algún estadio del descortezador. La disección se enfocó en las galerías principales y el resto de la corteza para encontrar larvas, pupas, preimagos y adultos. Los individuos encontrados se conservaron en frascos Eppendorf con alcohol al 70%, para luego realizar su identificación utilizando claves taxonómicas.

El análisis de las trozas traídas de Temascalcingo, se dividió en dos pruebas: 12 trozas (6 de *P. ayacahuite* y 6 de *P. greggii*) se introdujeron en la cámara climática; las 10 trozas restantes fueron colocadas en el cuarto de cría (Fig. 9 A). En ambas pruebas, el material fue sometido a condiciones controladas de temperatura, iluminación y humedad con el fin de que los insectos completen su ciclo biológico. Durante esta práctica, se adquirió el conocimiento sobre el uso y programación de la cámara climática LAB-LINE® modelo 850H. La observación del desarrollo de los descortezadores se realizó semanalmente, mediante la extracción de cortezas de 10 x 10 cm. Las cortezas se diseccionaron para registrar y contar los diferentes estadios encontrados (Fig. 9 B).



**Figura 9.** Actividades para el seguimiento del ciclo de vida de *D. mexicanus* Hopkins. A) Distribución de trozas para la realización de las dos pruebas en laboratorio; B) Identificación de estadios de *Dendroctonus* spp. en muestra de corteza de 10 x 10 cm.

Los estados adultos del género *Dendroctonus* spp., se separaron de la entomofauna (Fig. 10 A) e identificaron a través de su observación en el microscopio Zeiss Discovery V8 stereo (Fig. 10 B).



**Figura 10.** Actividades para identificación de especies. A) Separación de descortezadores y entomofauna; B) Observación de *D. mexicanus* a través de microscopio estereoscópico.

### 5.1.3 Actividades de gabinete

Los datos recopilados de los diferentes tratamientos que dieron a las muestras se registraron en bases de datos elaboradas en formatos de Excel para su análisis. Se colaboró en la redacción de informes y en la tramitología requerida en las comprobaciones de las comisiones. Además, se contribuyó en pláticas y cursos a los visitantes al área de Sanidad Forestal del CENID-COMEF para contextualizarlos sobre el proyecto de los descortezadores (Fig. 11).



**Figura 11.** Explicación del proyecto de determinación de temperaturas umbrales y grados día al Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula, Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural del Gobierno de México y al Dr. Luis Ángel Rodríguez del Bosque, Director General del INIFAP.

## 5.2 Resultados

### 5.2.1 Determinación de estados de desarrollo de *D. mexicanus* Hopkins

Durante las nueve semanas de evaluación del desarrollo de *D. mexicanus* Hopkins, se encontraron los cinco estadios de su ciclo de vida. El registro de huevos se observó el 21 de mayo (Cuadro 3), esto contrasta con los estadios observados al inicio del estudio (23/04/2024), donde predominaron larvas y adultos; esta característica refleja que los estados de desarrollo determinados corresponden a dos generaciones. La primera o iniciadora del ataque se desarrolló del 23/04/2024 hasta el 21/05/2024; la segunda generación inició el 21/05/2024 con el registro de huevos hasta la última semana de evaluación (18/06/2024).

La asociación de los estados de desarrollo a una determinada generación o a un estado de desarrollo específico puede atribuirse a través de la observación de huevo a huevo en un determinado tiempo (Cibrián et al., 2014), tal es el caso del estudio realizado por Sánchez-Martínez et al. (2008), en el que se estudió el ciclo de vida de *D. adjunctus*, realizando la determinación total de estadios; sin embargo, *D. adjunctus* reportó una generación al año, a

diferencia de *D. mexicanus* que logra concluir de 3 a 6 ciclos, los cuales pueden traslaparse (Armendáriz et al., 2018; Cibrián et al., 1995; Cibrián et al., 2014) como se evidenció en los resultados expuestos en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Registro de estados de desarrollo de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins observados en muestras de corteza de 10 x 10 cm durante las nueve semanas de estudio

Fecha	Huevos	Larvas	Pupas	Pre-adultos	Adultos
23/04/2024	0	24	0	0	30
30/04/2024	0	24	15	0	38
07/05/2024	0	21	0	0	33
14/05/2024	0	31	19	0	42
21/05/2024	69	29	14	0	57
28/05/2024	0	20	8	2	53
04/06/2024	0	14	10	3	42
11/06/2024	0	6	2	3	39
18/06/2024	0	17	7	3	96
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>186</b>	<b>75</b>	<b>11</b>	<b>430</b>

### 5.2.2 Determinación de temperaturas umbrales

Las pruebas para la determinación de temperaturas umbrales de adultos y larvas no se finalizaron debido a que la ejecución de los ensayos requiere organismos vivos, lo cual dificultó su recolección periódica, dado que la recolección de material infestado se realizó con el apoyo del personal técnico de PROBOSQUE, en sitios con notificaciones de brotes activos, por lo que las recolectas dependieron de los avisos de saneamientos.

Se realizaron un total de 26 pruebas a 5° C y 0° C, a tres diferentes tiempos (10 min, 1 h y 24 h); 18 pruebas con adultos; y 8 con larvas. A estas temperaturas y a los distintos tiempos no se registró mortandad en larvas y adultos.

El Cuadro 4 muestra los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con adultos expuestos a 5° C y 0° C a diferentes tiempos, donde se observó que, a pesar de no causarles mortandad, sí interfiere en su movilidad el hecho de que disminuya la temperatura a estos grados. Esta observación se complementa con el estudio realizado por Moser y Thompson (1986) sobre los umbrales de vuelo de *D. frontalis* Zimm, en los que su registro de temperaturas mínimas y máximas de vuelo de la especie fue de 6.7° C y 36.7° C; a través de procesos estadísticos, proyectaron los umbrales de 5.6° C y 38° C. Si bien, estos valores no son propios de *D. mexicanus* Hopkins, ellos señalan que la temperatura mínima observada para cualquier escolítido es de 6.7° C.

Existen pocos estudios sobre las temperaturas letales de *D. mexicanus* Hopkins; no obstante, en trabajos realizados con *D. frontalis* Zimm se han podido comprobar estos valores. Munro et al. (2021) indican que a partir de -12 °C los insectos mueren, consiguiendo una mortalidad completa a -16 °C. De igual manera, estas temperaturas corresponden a otra especie, pero como en el caso de los umbrales de vuelo, igual podrían repercutir en *D. mexicanus* Hopkins.

**Cuadro 4.** Registro del tiempo de recuperación de movimiento de adultos de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins sometidos a diferentes tiempos y temperaturas

T (° C)	T. evaluado	T. inicial (min)	T. Final (min)	T. medio (min)	Caracterización del movimiento
5°C	10 min	0.84	1.04	0.94	Ágiles después de los 50 s
		0.3	1.2	0.75	
		0.2012	1.2812	0.7412	
		0.1361	1.1915	0.6638	
		<b>μ</b>	<b>0.369325</b>	<b>1.178175</b>	
5°C	1 h	1.3995	4.518	2.95875	Ágiles después del 1 min
		0.2795	3.4302	1.85485	
		1.1469	1.3198	1.23335	
		0.2399	3.0148	1.62735	
		<b>μ</b>	<b>0.76645</b>	<b>3.0707</b>	
5°C	24 h	0.52	2.1309	1.32545	Lentos - Progresivos - Ágiles después de los 2 min
		0.4627	4.247	2.35485	
		0.93	1.78	1.355	
		0.27	3.29	1.78	
		<b>μ</b>	<b>0.545675</b>	<b>2.861975</b>	
0°C	10 min	*	*	*	*
		*	*	*	
		*	*	*	
		*	*	*	
		<b>μ</b>	*	*	
0°C	1 h	1.2364	4.3721	2.80425	Lentos – Progresivos. Ágiles después de los 2 min
		1.1781	2.5725	1.8753	
		0.3843	3.1875	1.7859	
		1.2303	3.2483	2.2393	
		<b>μ</b>	<b>1.007275</b>	<b>3.3451</b>	
0°C	24 h	1.2407	3.4917	2.3662	*
		1.2646	4.1652	2.7149	
		*	*	*	
		*	*	*	
		<b>μ</b>	<b>1.25265</b>	<b>3.82845</b>	

Nota: \* pruebas que quedaron pendientes a falta de organismos. T = temperatura; T. = tiempo.

En el caso de las larvas, solo se efectuaron dos pruebas a 0°C en dos diferentes tiempos como se muestra en el Cuadro 5. En ambos ensayos no se registró mortalidad, pero sí se generó la inmovilización de los estados larvales; no obstante, en ambos casos, los tiempos medios en los que recuperaron la movilidad no superaron los 2 minutos (0°C, 10 min = 1.21; 0°C, 1 h = 1.82). Los efectos que causa esta temperatura ya han sido descritos, Gómez-Pineda y Ramírez (2023) mencionan que las actividades metabólicas que generan los cambios de estado no cesarán, si las condiciones son iguales o superiores a 0°C, sin embargo, al disminuir la temperatura por debajo de -5°C, sí ocasiona la muerte de las larvas.

**Cuadro 5.** Registro del tiempo de recuperación de movimiento de larvas de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins sometidos a diferentes tiempos y temperaturas

T (°C)	T. evaluado	T. inicial (min)	T. Final (min)	T. medio (min)	Caracterización del movimiento
0°C	10 min	0.3849	1.1668	0.77585	Movimientos lentos y ondulatorios. Se tornan ágiles o habituales después del 1 min.
		1.02	2.5022	1.7611	
		0.38	2.18	1.28	
		0.9	1.18	1.04	
		<b>μ</b>	<b>0.671225</b>	<b>1.75725</b>	
0°C	1 h	0.47	2.37	1.42	Movimientos lentos, ondulatorios e imperceptibles antes del 1 ½ min.
		1	2.47	1.735	
		1.16	3.15	2.155	
		0.56	3.396	1.978	
		<b>μ</b>	<b>0.7975</b>	<b>2.8465</b>	

Nota: T = temperatura; T. = tiempo.

### 5.2.3 Cuantificación de tiempo de desarrollo mediante Grados-Día<sup>1</sup>

En los 57 días en los que se desarrolló el estudio, a través del método del seno simple, en el que se consideró la temperatura máxima, la temperatura mínima y la temperatura umbral mínima, se acumularon un total de 2182.05 °D. No obstante, durante dicho periodo no se completó un ciclo de la especie (de huevo a adulto) debido al traslape de estadios, condiciones habituales de *D. mexicanus* Hopkins (Armendáriz et al., 2018; Cibrián et al., 1995; Cibrián et al., 2014).

Las dos generaciones traslapadas: la primera generación del 23/04/2024 al 21/05/2024; la segunda del 21/05/2024 al 18/06/2024, permitieron el registro de todos los estados de desarrollo de *D. mexicanus* Hopkins.

<sup>1</sup> Debido a que no se culminaron las pruebas para determinar las temperaturas umbrales, la temperatura base que se utilizó para la estimación de los Grados Día (°D) fue -16° C, temperatura umbral de *D. frontalis* Zimm (Munro et al., 2021).

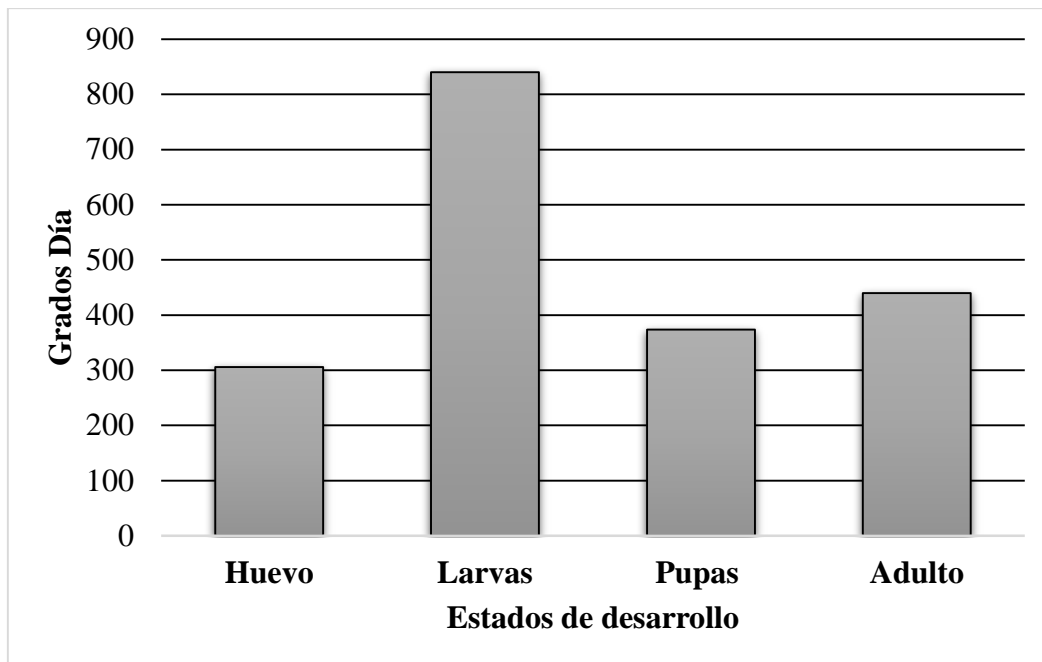
El Cuadro 6 resume el total de días que necesitó cada estadio para pasar a la fase subsiguiente y así culminar su ciclo biológico en un promedio de 51.8 días. Con la frecuencia en la que se fueron presentando las distintas etapas del descortezador durante las nueve semanas de evaluación, se determinaron los días promedio. Donde los huevos necesitaron 8 días promedio para eclosionar, partiendo desde el 21/05/2024, única semana en la que se detectaron.

El estado larvario necesitó 22 días, siendo el estadio que requiere más tiempo para su transformación. Esto se ha observado en estudios del ciclo de vida de *D. mexicanus* Hopkins (Sánchez y Torres, 2008) y de *D. adjunctus* Blandford (Cano et al., 2005), siendo este estadio el que requiere más días, debido a que su desarrollo se da en cuatro instares larvales (Cibrián et al., 2014, Six y Bracewell, 2015). El estado de pupa se encontró a finales de mayo y a mediados de julio, resultando en un promedio de 10.3 días. Finalmente, el adulto demanda 11.5 días para completar este estado de desarrollo.

**Cuadro 6.** Tiempo promedio del ciclo de vida de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins bajo condiciones controladas en cámara climática

Especie	Estados de desarrollo (Días promedio)				Total días
	Huevo	Larva	Pupa	Adulto	
<i>D. mexicanus</i> Hopkins	8	22	10.3	11.5	51.8

Los 51.8 días de duración del ciclo biológico de *D. mexicanus* Hopkins acumularon 1959.03 °D. En la Figura 12 se muestra los requerimientos de °D por cada uno de los estados de desarrollo de la especie para completar su ciclo. El estado de huevo, en los 8 días promedio que tarda en eclosionar, acumuló 305.8 °D. Las larvas son el estadio que acumula más °D, debido a los cuatro instares por los que tiene que pasar, acumulando 840 °D. En los 10.3 días que necesita las pupas, se reunieron 373.65 °D. Los adultos que se desarrollaron en un promedio de 11.5 días, acumularon 439.58 °D.



**Figura 12.** Requerimientos de Grados Día por estado de desarrollo de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins bajo condiciones de cámara climática.

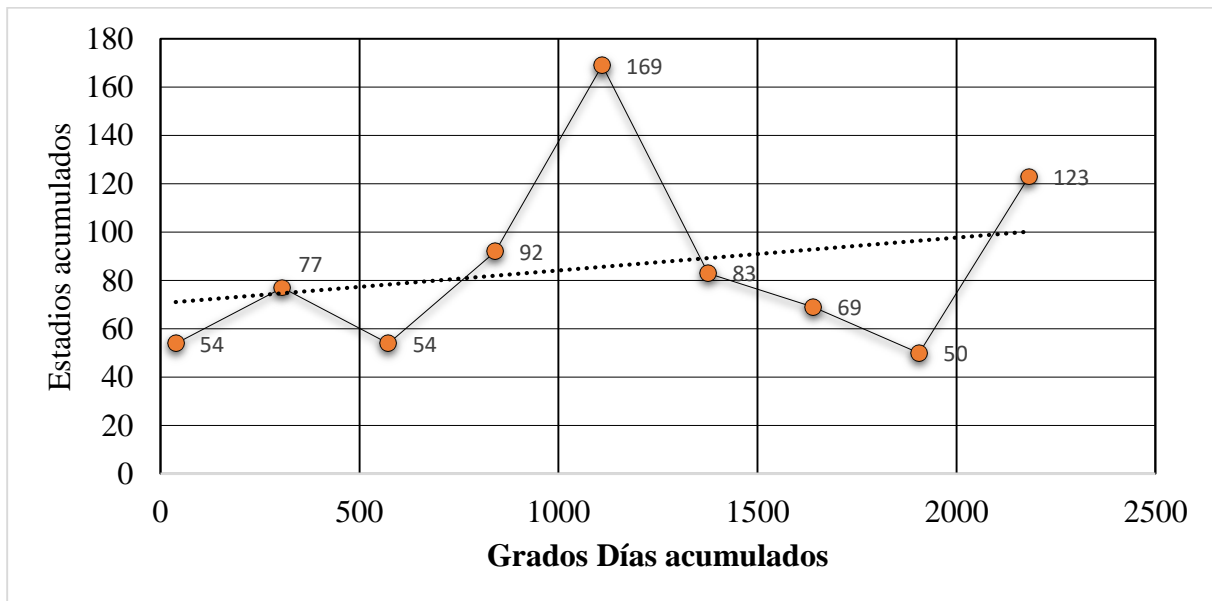
El estudio acumuló 2182.05 °D en 57 días, no obstante, los días promedio en los que se completa el ciclo biológico son de 51.8, lo que resulta en un acumulado de 1959.03 °D. Esta brevedad se observó debido a las condiciones constantes a las que fueron expuestos los insectos. Esto contrasta con los días en los que completa su ciclo en condiciones de campo. Por ejemplo, estudios a nivel de campo realizados por García Martínez (1992; como cita Cibrián et al., 2014), en donde durante 57 semanas de análisis, se registraron cuatro ciclos consecutivos, de los cuales los primeros dos ciclos que se concretaron de febrero a agosto fueron los más cortos, no superando los 100 días.

En otra investigación, efectuada por Serrato y Ascencio (1991), determinaron los °D que requiere *D. mexicanus* Hopkins para completar su desarrollo en condiciones de laboratorio en dos distintos hospederos, siendo en *Pinus pringlei* un mínimo de 759 °D y en *P. leiophylla* 844 °D.

A pesar de las diferencias en los días y acumulación de °D, el comportamiento en el desarrollo de cada estadio fue semejante a los estudios realizados, siendo el estado larval el que requiere más días, por ende, mayor acumulación de °D.

El estudio de correlación determinó que no hubo significancia, debido a que el coeficiente de correlación  $r$  ( $r = 0.2565$ ) no estuvo dentro de los dos valores de confianza (inferior al 95% = -0.4913; y superior al 95% = 0.7866). Esto determinó que la asociación de estadios registrados con la acumulación de °D no se distribuye de forma lineal, ya que, al considerar el acumulado de los estadios, pero se debe de considerar el ciclo de vida para considerar el

traslape de los estadios de desarrollo de *D. mexicanus* Hopkins. Por ejemplo, en el valor 169 que se presenta en la Fig. 13, esta cifra se alcanzó debido al 21/05/2024, día en el que traslaparon estadios de la primera y segunda generación.



**Figura 13.** Gráfica de ajuste bivariado de estadios acumulados por Grados días acumulados.

## VI. CONCLUSIÓN

Se determinaron todos los estadios, asociándolos a dos generaciones. Además, se cuantificó el tiempo de desarrollo para cada etapa y ciclo completo a través de la determinación de los °D y el registro de los estadios, resultando en un ciclo de 51.8 días con un acumulado de 1959.03 °D. Estos valores fueron obtenidos debido a las condiciones constantes a las que fueron expuestos. Aunque estos valores están dentro del rango general de desarrollo de *D. mexicanus* Hopkins, el desarrollo fue más rápido que el tiempo promedio de la especie. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esto es solo un aproximamiento, ya que hace falta completar la obtención de las temperaturas umbrales mínimas. A pesar de utilizar una temperatura base para todos los escolítidos, es importante determinar una temperatura propia ya que el tiempo y la acumulación de °D pueden variar en la misma especie dependiendo de las condiciones del entorno.

## VII. REFERENCIAS

Aflitto, N.; Hofstetter, W; McGuire, R; Dunn, D. and Potter, K. 2014. Technique for studying arthropod and microbial communities within tree tissues. *J Vis Exp* 16(93):1-8. doi: 10.3791/50793.

- Armendáriz, F.; Zúñiga, G.; García, L. J. G.; Valerio, O. y García, P. G. 2018. Guía ilustrada para identificar a las especies del género *Dendroctonus* presentes en México y Centroamérica. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México. 115 p.
- Cambrón, V. H.; Méndez, J.; Ledesma, M. C.; Luna, H.; García, M. A.; Cerano, J.; Obregón, J. A. y Vergara, S. 2018. Variabilidad climática e interacción con otros factores que afectan la dinámica poblacional de descortezadores en bosques amenazados de México. CONAFOR, México. 72 p. Disponible en: [https://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/Libro\\_Variabilidad\\_Clim%C3%A1tica\\_Din%C3%A1mica\\_Poblacional\\_Descortezadores.pdf](https://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/Libro_Variabilidad_Clim%C3%A1tica_Din%C3%A1mica_Poblacional_Descortezadores.pdf)
- Cano, A.; Martínez, O. U.; Torres, L. M. y Sánchez, J. A. 2005. Determinación de zonas con riesgo al ataque del descortezador *Dendroctonus adjunctus* Blandford en bosques de coníferas del sureste de Coahuila. Folleto Técnico Núm. 20. C.E. Saltillo, INIFAP. Saltillo. 24 p.
- Cervantes-Martínez, R.; Cerano-Paredes, J.; Sánchez-Martínez, G.; Villanueva-Díaz, J.; Esquivel-Arriaga, G.; Cambrón-Sandoval, V. H.; Méndez-González, J. and Castruita-Esparza, L. U. 2019. Historical back beetle outbreaks in México, Guatemala and Honduras (1895-2015) and their relationship with droughts. Revista Chapingo Revista Mexicana de Ciencias Forestales 25(2):269-290. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2019.01.006>
- Cibrián D.; Méndez, J. T.; Campos, R.; Yates, H. O. y Flores, J. E. 1995. Insectos Forestales de México/Forests Insects of Mexico. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México.
- Cibrián, D.; Quiñonez, S. A.; Morales, J.; Llanderal, A.; Cibrián, V. D.; Bárcenas, P., García, R.; Cadena, M.; Aquino, I.; Arreola, J. G.; Sánchez, M. C. y Martínez, J. J. 2014. Estudio e investigaciones para la elaboración de un documento de desarrollo tecnológico que describa las tácticas de monitoreo y las de control y manejo de insectos descortezadores en las áreas afectadas por esta plaga en los bosques de pino del Estado de Hidalgo siendo los municipios de Cardonal, Nicolas flores, Zimapan, Metztlán, Tlahuiltepa y Santiago de Anaya el área de estudio 2014. UACH/SEMARNATH, México. 233 p.
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. 2015. Manual para la identificación, y manejo de insectos descortezadores del pino, Guía práctica para la identificación y manejo de los descortezadores del pino. Disponible en:

<http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/M anual%20identificacion%20descortezadores%20del%20pino.pdf>

- Comisión Nacional Forestal. 2023. Estado que guarda el Sector Forestal en México (pp. 56-62). CONAFOR, México. 500 p.
- Comisión Nacional Forestal. 2024. Estado que guarda el Sector Forestal en México. México: 2023. CONAFOR, México. 263 p.
- Del-Val, E. y Sáenz-Romero, C. 2017. Insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) y cambio climático: problemática actual y perspectivas en los bosques templados. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas 20(2):56-30. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7943149>
- Gómez-Pineda, E. y Ramírez, M. I. 2023. Descortezadores y cambio climático: una relación preocupante. Revista Digital Universitaria (rdu), 24(2). Disponible en: <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2023.24.2.15>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias [INIFAP]. 2024. Marco Institucional. Recurso Digital. Disponible en: [Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](http://www.gob.mx/investigaciones-forestales)
- Islas, F. 1980. Observaciones sobre la biología y el combate de los escarabajos descortezadores de los pinos: *Dendroctonus adjunctus* Blf; *D. mexicanus* Hpk. y *D. frontalis* Zimm., en algunas regiones de la República Mexicana. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico No. 66. 27 p.
- Kinn, D. N. and M.C. Miller. 1981. A phloem sandwich unit for observing bark beetles, associated predators, and parasites. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Research Note SO 269. 3 p.
- Marco, V. 2001. Modelización de la tasa de desarrollo de insectos en función de la temperatura. Aplicación al manejo integrado de plagas mediante el método de grados-día. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa, 28, 147-150.
- Méndez-Encina, F. M.; Méndez, J. y Cerano, J. 2020. Distribución actual y potencial de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins bajo dos escenarios de cambio climático. Madera y bosques 26(2): 1-14. Disponible en: <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2622002>
- Moser, J. C. and Thompson, W. A. 1986. Temperature thresholds related to flight of *Dendroctonus frontalis* Zimm. (Col.: Scolytidae). Agronomie 6: 905-910. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/agro:19861005>
- Munro, H. L.; Montes, C. R.; Kinane, S. M. and Gandhi, K. J. K. 2021. Through space and time: Predicting numbers of an eruptive pine tree pest and its predator under changing

- climate conditions. *Forest Ecology and Management* 483(). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118770>
- Ríos-Reyes, A. V., Valdez-Carrasco, J. and Equihua-Martínez, A. 2008. Identification of *Dendroctonus frontalis* (Zimmermann) and *D. mexicanus* (Hopkins) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) through structures of the Female Genitalia. *The Coleopterist Bulletin*, 62: 99-103.
- Salinas-Moreno, Y.; Vargas, C. F.; Zúñiga, G.; Anger, J. V. y Hayes, J. L. 2010. Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) en México. Instituto Politécnico Nacional - Comisión Nacional Forestal, México. 90 p.
- Sánchez, J. A. y Torres, L. M. 2007. Biología y hábitos del descortezador *Dendroctonus mexicanus* Hopkins y estrategias de control en *Pinus teocote* en Nuevo León. Folleto Técnico Núm. 29. C.E. Saltillo, INIFAP. Saltillo. 34 p.
- Sánchez-Martínez, G. 2024a. Método de Sándwich y método de trozas en laboratorio (inédito).
- Sánchez-Martínez, G. 2024b. Programa para estudio del ciclo biológico de insectos descortezadores en cámara bioclimática POL-EKO (inédito).
- Sánchez-Martínez, G. 2024c. Protocolo para determinación de la supervivencia de descortezadores a temperaturas mínimas (inédito).
- Sánchez-Martínez, G.; Narváez-Flores, R. y Olivo-Martínez, J. A. 2008. Ciclo biológico y patrón de dispersión estacional del descortezador de las alturas (*Dendroctonus adjunctus* Blandford) en la Sierra la Raspadura, Chihuahua. Folleto Técnico Núm. 37. C.E. Pabellón, INIFAP. Aguascalientes. 30 p.
- SEMARNAT. 2017. NOM-019-SEMARNAT-2017: Que establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores: SEMARNAT.
- Serrato, B. E. y Ascencio, V. E. 1991. Ciclo biológico del descortezador de los pinos *Dendroctonus mexicanus* Hopkins. Folleto Técnico Núm. 1. C.E. Morelia, INIFAP Centro de Investigación Regional Pacifico Centro. Morelia. 24p.
- Six, A. L. and Bracewell, R. 2015. *Dendroctonus*. In E. Vega y Richard W. Hofstetter, *Bark Beetles Biology and Ecology of Native and Invasive Species*, p 305- 350. Academic Press, London. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.09989-5>
- University of California. s/f. Metodología para el cálculo de Unidades Calor diseñada por la University of California, Agriculture and Natural Resources, empleada en el SIMARBC. Disponible en: <https://www.simarbc.gob.mx/material-de-consulta>

Wood, S. L. 1982. The bark ambrosia beetles of Northland Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. *Great Basin Naturalist Memories*, 6, 1–1359.