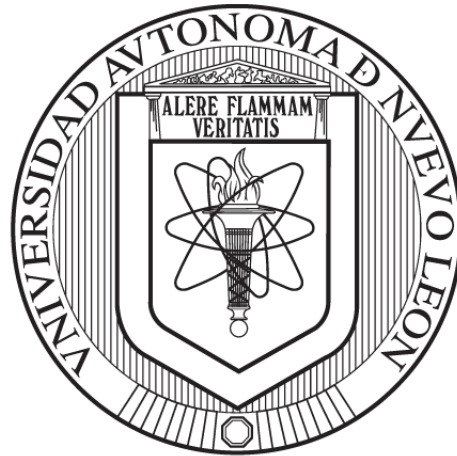


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**TESIS**

BIONOMÍA DE *Phloeosinus deleari* Blackman (CURCULIONIDAE:  
SCOLYTINAE) EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN

**PRESENTADA POR**

**NALLELY GUADALUPE AGUIRRE OJEDA**

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO

ABRIL, 2022

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

**TÍTULO DE TESIS**

BIONOMÍA DE *Phloeosinus deleari* Blackman (CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE)  
EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN.

**TESIS DE MAESTRÍA**


*Para obtener el grado de*

**MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

**Por:**

**Ing. Nallely Guadalupe Aguirre Ojeda**


**Comité de tesis**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Luis Gerardo Cuéllar Rodríguez

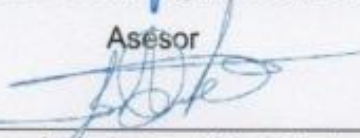
Director

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Guadalupe Marmolejo Monsiváis

Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Óscar Alberto Aguirre Calderón

Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Francisco Armendáriz Toledano

Director externo

*Dedicatoria*

*A mis padres Yolanda Ojeda Méndez y Guadalupe Aguirre  
López y mis hermanos Karen y Leonardo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT), por el apoyo financiero para la realización y culminación de mis estudios de posgrado.

Al Dr. Gerardo Cuéllar por aceptarme como su tesista, por toda su disposición, consejos y enseñanza brindada, para la realización y culminación del presente trabajo.

Al Dr. Oscar Aguirre y Dr. José Marmolejo por el apoyo brindado a lo largo de la realización del estudio.

Al Dr. Francisco Armendáriz y Dr. Alfredo Hernández por todo el conocimiento, apoyo y consejos brindados, así como el recibirme en sus laboratorios durante las estancias realizadas en la Ciudad de México.

A mis compañeros de maestría por su amistad y por siempre estar ahí cuando los necesité, Adela, Erick, Blanca, Martín y por las experiencias vividas, gracias.

A Ángel Reyna por creer en mí, comprenderme y apoyarme en todos los sentidos, muchas gracias corazón.

A doña Delia y su familia por recibirnos en su casa durante las estancias realizadas en la Ciudad de México.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL, al laboratorio de Entomología y personal de la facultad, por el apoyo brindado durante la elaboración y culminación del presente trabajo.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>ANTECEDENTES</b> .....	5
<b>HIPÓTESIS</b> .....	8
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	8
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	8
<b>REFERENCIAS</b> .....	9
<b>CAPÍTULO I BIOLOGÍA Y ASOCIADOS</b> .....	13
<b>RESUMEN</b> .....	13
<b>ABSTRACT</b> .....	14
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	15
<b>OBJETIVOS</b> .....	18
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	18
<b>DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	18
<b>ARAMBERRI</b> .....	20
<b>ITURBIDE</b> .....	23
<b>OBTENCIÓN DE MUESTRAS</b> .....	25
<b>TÉCNICA DEL SÁNDWICH DE FLOEMA</b> .....	28
<b>PARAMETROS POBLACIONALES</b> .....	30
<b>MÉTODO DE AISLAMIENTO, IDENTIFICACIÓN DE HONGOS</b> .....	31
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	32
<b>Duración de ciclo biológico</b> .....	33
<b>PARÁMETROS POBLACIONALES</b> .....	34
<b>Sobrevivencia</b> .....	34
<b>Natalidad</b> .....	35
<b>Mortalidad</b> .....	35

Proporción de sexos .....	35
Fertilidad.....	35
<b>MEDICIÓN DE GALERÍAS .....</b>	<b>36</b>
<b>TÉCNICA DEL SÁNDWICH.....</b>	<b>38</b>
<b>ASOCIADOS.....</b>	<b>41</b>
Hongos.....	41
Artrópodos.....	44
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO II DISTRIBUCIÓN POTENCIAL Y REAL DE <i>Phloeosinus deleari</i> Blackman</b> .....	<b>53</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>53</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>54</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>55</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>57</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>57</b>
<b>DATOS DE PRESENCIA.....</b>	<b>57</b>
<b>DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....</b>	<b>58</b>
<b>DISTRIBUCIÓN POTENCIAL.....</b>	<b>59</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>60</b>
Distribución .....	60
Hospedantes.....	61
Perfil Bioclimático .....	61
Modelo de Distribución Potencial.....	62
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>68</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de cada árbol trampa.....	19
<b>Figura 2.</b> Mapa de tipo de suelo presente en las áreas de estudio .....	20
<b>Figura 3.</b> Mapa de uso de suelo y vegetación. ....	21
<b>Figura 4.</b> Mapa de tipo de suelo presente en el área. ....	22
<b>Figura 5.</b> Mapa de uso de suelo y vegetación. ....	23
<b>Figura 6.</b> Mapa de tipo de suelo presente en el área de estudio.....	24
<b>Figura 7.</b> Mapa de uso de suelo y vegetación en el área de estudio.....	25
<b>Figura 8.</b> Ramas cortadas de <i>Juniperus flaccida</i> Schldtl (derecha) y <i>Juniperus coahuilensis</i> (Martínez) Gausson ex R.P. Adams (izquierda). ....	26
<b>Figura 9.</b> Orificios de entrada con presencia de aserrín en <i>Juniperus flaccida</i> Schldtl. ....	27
<b>Figura 10.</b> Ramas de <i>Juniperus flaccida</i> Schldtl seccionadas en trozas dentro de botes. ....	28
<b>Figura 11.</b> Rama de <i>Juniperus flaccida</i> Schldtl con láminas de floema extraídas (derecha), representación de la técnica del sándwich (izquierda).....	28
<b>Figura 12.</b> Construcción de galería pareja 1 de <i>Phloeosinus deleari</i> Blackman, día 2. ....	29
<b>Figura 13.</b> Limpieza y conteo de los sistemas de galerías. ....	30
<b>Figura 14.</b> Ubicación y descripción de las partes del sistema de galerías.....	31
<b>Figura 15.</b> Ciclo biológico de <i>P. deleari</i> Blackman.....	32
<b>Figura 16.</b> Galerías en las que se muestran túneles larvales obstruyendo otros túneles.....	33
<b>Figura 17.</b> Gráfico donde se muestran las medidas promedio obtenidas para cada parte medida de las galerías. ....	36

<b>Figura 18.</b> Galerías con características inusuales.....	36
<b>Figura 19.</b> Galerías realizadas en las laminillas por parte de la Pareja 1 (izquierda), Pareja 3 (en medio) y Pareja 13 (derecha).....	37
<b>Figura 20.</b> Ambas parejas de insectos se encuentran sin vida debido a que un hongo los invadió evitando la construcción de la galería. ....	38
<b>Figura 21.</b> Pareja de insectos de <i>Phloeosinus deleari</i> Blackman invadidos por hongo (izquierda), macho de <i>P. deleari</i> Blackman con hongo en su exoesqueleto (derecha).....	39
<b>Figura 22.</b> Galería construida de manera perpendicular y paralela a los haces vasculares. ....	40
<b>Figura 23.</b> Se aprecian un adulto (izquierda) y una pupa (derecha) de la especie <i>P. deleari</i> Blackman en las laminillas de floema.....	40
<b>Figura 24.</b> Presencia de micelio en galería de <i>Phloeosinus deleari</i> Blackman....	41
<b>Figura 25.</b> Ejemplar de <i>Geosmithia sp.21</i> .....	42
<b>Figura 26.</b> Ejemplar de <i>Geosmithia langdonii</i> .....	43
<b>Figura 27.</b> Larva de <i>Pyticeroidea laticornis</i> atacando una galería de <i>Phloeosinus deleari</i> Blackman (izquierda) y ejemplar adulto de <i>Pyticeroidea laticornis</i> (derecha).....	45
<b>Figura 28.</b> Mapa de Distribución potencial de <i>Phloeosinus deleari</i> Blackman en México.....	59
<b>Figura 29.</b> Mapa de distribución potencial del hospedero <i>Juniperus flaccida</i> Schltld., en México. ....	63
<b>Figura 30.</b> <i>Juniperus flaccida</i> Schltld., en zona de transición de matorral a bosque de coníferas en el municipio de Iturbide, Nuevo León.....	64
<b>Figura 31.</b> Mapa de distribución potencial de <i>Phloeosinus deleari</i> Blackman en el estado de Nuevo León. ....	65



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Coordenadas centrales de los sitios de muestreo. ....	19
<b>Tabla 2.</b> Número de insectos colectados por hospedero .....	33
<b>Tabla 3.</b> Porcentajes de sobrevivencia de <i>Phloeosinus deleari</i> Blackman en cada una de las ramas.....	34
<b>Tabla 4.</b> Perfil bioclimático de <i>P. deleari</i> Blackman para cada locación (datos obtenidos de BIOCLIM).....	61

## INTRODUCCIÓN

La subfamilia Scolytinae se encuentra conformada por cerca de 6 000 especies, comúnmente conocidas como escarabajos descortezadores, de las cuales menos del 1% se consideran las plagas más dañinas de los bosques de coníferas en el mundo (Knížek & Beaver, 2004).

Estos insectos cuentan con pequeños y presentan longitudes desde 1 hasta a 10 mm, la forma de su cuerpo es cilíndrica; en comparación con el cuerpo, las patas y las antenas son pequeñas, las antenas tienen forma de mazo, y su coloración va desde el café amarillento hasta el negro, algunos presentan patrones de color (Atkinson, 2017).

Los insectos que conforman la subfamilia Scolytinae son endofíticos, es decir que llevan a cabo todo su desarrollo y la mayor parte del ciclo de vida dentro de diversos tejidos y órganos de las plantas (López *et al.*, 2007). Sus hábitos, el espectro trófico es variado, ya que pueden presentar diferentes tipos de alimentación, como fleofagia, xilomicetofagia, xilofagia, mielofagia, herbifagia y espermatofagia; sin embargo, la mayoría de las especies son fleófagas, es decir, que se alimentan del floema de diferentes grupos de plantas. El segundo grupo numeroso está conformado por los insectos xilomicetófagos los cuales se alimentan de hongos ectosimbióticos que introducen y cultivan en el hospedero (Atkinson, 2012).

El conocimiento de las asociaciones entre estos insectos y sus hongos simbioses es importante, ya que estos últimos participan en diferentes procesos como comunicación química, nutrición, reproducción y la dinámica poblacional de los escolitinos (Raffa *et al.*, 2015).

Los escarabajos descortezadores en algunos casos cuentan con mutualismos con algunos hongos simbioses que cultivan en el interior de su hospedero, esta actividad la realizan con la finalidad de que dicho hongo les sirva de alimento, estos insectos son denominados ambrosiales (Wood, 1982).

Los hongos que se encuentran comúnmente asociados a algunos escarabajos de la corteza pertenecen a ocho géneros, cuatro de los cuales son Basidiomycota y cuatro a Ascomycota (Linnakoski *et al.*, 2012); sin embargo, los estudios que han sido realizados en torno a los escarabajos pertenecientes al género *Phloeosinus* Chapuis arrojan que su alimentación se basa principalmente en el floema de árboles moribundos, estresados o que han muerto recientemente (Moraal, 2010).

Los escarabajos descortezadores cumplen con diversas funciones en el ecosistema, tales como participación en el ciclo de nutrientes, en la estructura del suelo, biodiversidad, etc. (Raffa *et al.*, 2015), al promover la muerte y descomposición de plantas enfermas, viejas o debilitadas fisiológicamente. Sin embargo, muy pocas especies resultan ser un problema para el ser humano debido al impacto económico que causan en cuanto a la pérdida de superficies forestales, ya que las de estado epidémico pueden promover la muerte de plantas sanas a diferentes escalas de paisaje, desde pequeños rodales hasta grandes extensiones de bosque (Abbott *et al.*, 2008). El impacto ecológico de este taxón va más allá de la muerte de los árboles, ya que los árboles que atacan y matan son material combustible disponible para que se produzcan y propaguen incendios (Embrey *et al.*, 2012).

En México se han reportado alrededor de 870 especies (Atkinson, 2012), de las cuales 29 especies son las responsables de causar graves daños en los bosques (DOF, 2018), sin embargo, se estima que aproximadamente el 90% de los daños en los bosques son causados por al menos cinco especies de la subfamilia (Burgos & Equihua, 2007).

A pesar de la diversidad de especies de la subfamilia, en México solo se han estudiado aspectos biológicos, así como asociaciones con otros organismos (Burgos & Equihua, 2007) y de distribución de algunas especies pertenecientes a los géneros *Dendroctonus*, *Phloeosinus*, *Ips*, *Scolytus* y *Pityophthorus*, entre otras, debido a que son consideradas de importancia económica (Cibrián *et al.*, 1995) y que cuentan con una estrecha relación con coníferas maderables (Pérez-De la Cruz *et al.*, 2016).

El género *Phloeosinus* Chapuis es uno de los taxones de Scolytinae que se considera de importancia económica en los bosques (Cibrián *et al.*, 1995). Sus especies son fleófagas y tiende a colonizar árboles de los géneros *Juniperus*, *Cupressus* y *Taxodium*. Estos insectos son saprobios sucesionales tempranos debido a que colonizan árboles estresados y debilitados fisiológicamente (Atkinson, 2017).

Estos insectos coexisten con frecuencia entre congénéricos, ya que se ha reportado a *Phloeosinus tacubaye* Hopkins coexistiendo en sintopía y simpatria en los mismos huéspedes junto a *P. baumannii* Hopkins (Cibrián *et al.*, 1995).

En el estado de Nuevo León los insectos descortezadores del género *Phloeosinus* Chapuis entre otros, son importantes, ya que en algunos sitios del Estado la dinámica de estos organismos ha llegado a ser muy severos, debido al potencial con el que cuentan para causar afectaciones a grandes áreas de arbolado (Sánchez *et al.*, 2007).

Actualmente de las nueve especies de *Phloeosinus* Chapuis reportadas en México (Cibrián *et al.*, 1995), para el estado de Nuevo León se han reportado *P. baumannii* Hopkins, *P. deleoni* Blackman y *P. tacubayae* Hopkins (GBIF, 2020) las cuales se identifican como especies agresivas, capaces de matar a sus hospedantes, y que en algunos casos han afectado masas forestales considerables, sobre todo en arbolado urbano (INIFAP, 2007).

Los síntomas de colonización de estos descortezadores se manifiestan en el color del follaje del árbol que se torna rojizo, la presencia de resina y orificios de salida, estos últimos pueden presentarse en ramas y/o fuste (Cibrián *et al.*, 1995)

A pesar de que los árboles poseen defensas para contrarrestar el ataque de los insectos, existen factores abióticos o fisiológicos que pueden crear condiciones de estrés en los árboles y volverlos susceptibles al ataque de los insectos (Krokene, 2015).

Debido a la amenaza que representan estos insectos para los bosques, y aunque desempeñan importantes funciones en los ecosistemas, se han establecido

lineamientos para el combate y control de los insectos descortezadores, ya que estas medidas resultan indispensables, en México es la NOM-019-SEMARNAT-2017, la que establece los lineamientos para el tratamiento de infestaciones de las diferentes especies que atacan las masas arbóreas (DOF, 2018).

## ANTECEDENTES

El género *Phloeosinus* Chapuis está constituido por especies fleófagas que colonizan principalmente árboles fisiológicamente comprometidos y estresados, de los géneros *Chamaecyparis*, *Cupressus*, *Thuja* y *Juniperus*, los cuales pertenecen a la familia Cupressaceae (Moraal, 2010). En algunos países de Europa Central se ha reportado a *P. aubei* colonizando árboles debilitados y de diámetro menor a 3 cm razón por la cual este insecto se considera una plaga potencial en bosques de *Juniperus communis* (Fiala & Holuša, 2019). En la República Checa los daños causados por *P. aubei* se presentan en el ciprés *Cupressus sempervirens*, en áreas de terreno considerables los cuales han culminado en su deforestación (Bozsik *et al.*, 2016).

La Península Ibérica, cuenta con registros de adultos inmaduros de las especies de *P. aubei* y *P. thujae* alimentándose sobre la médula de los tallos de árboles jóvenes y sanos hasta que los insectos alcanzan la madurez sexual (López *et al.*, 2007). Mientras que, en Europa central y oriental, incluyendo Inglaterra, se encuentra *P. thujae* colonizando especies de *Juniperus* y *Thuja* (Tiberi *et al.*, 2016).

En México se han registrado con mayor frecuencia a las especies *P. tacubayae* y *P. baumanni* colonizando árboles de *Cupressus lusitánica*, principalmente en arbolado urbano y en sitios donde esta especie de conífera probablemente se enfrenta a estrés ambiental y fisiológico (Cibrián *et al.*, 1995). Estas especies de *Phloeosinus* también se han encontrado colonizando de manera simultánea a sus hospedantes, como en el Parque Nacional El Cimatario, en Querétaro; donde se colectaron ambas especies colonizando y matando los mismos árboles huésped de manera epidémica y agresiva; situación que fue atribuida a los inviernos menos fríos (Vergara-Pineda *et al.*, 2015).

En el Valle de México también se ha registrado la presencia de ambos insectos (*P. baumanni* y *P. tacubaye*) atacando *Cupressus lusitanica* por lo cual son consideradas una de las principales plagas de los cedros (Romero, 2011), incluidas en la NOM-019-SEMARNAT-2017.

Otra especie que también está incluida en la normatividad mexicana es *P. serratus*, la cual presenta amplia distribución, desde Estados Unidos hasta Guatemala. Esta especie se presenta con mayor frecuencia en individuos del género *Juniperus* y en *Cupressus arizonica*, este último hospedante también es colonizado por *P. cristatus* (Atkinson, 2019).

Un caso interesante es el de *P. deleari*, especie que también se encuentra en la normatividad, a pesar de que no se cuentan con registros ni reportes en el territorio nacional que documenten que es capaz de desarrollar crecimientos poblacionales epidémicos y de matar árboles sanos, ni tampoco se tiene información básica sobre su biología, hábitos alimenticios y distribución.

A pesar de que la mayoría de los registros soporta que las especies de *Phloeosinus* tienen un comportamiento epidémico en áreas de arbolado urbano, sus hábitos alimenticios especializados en miembros de Cupressaceae (Pfeffer, 1995), así como su capacidad de colonizar árboles estresados, hacen que los bosques nativos de las especies de esta familia de coníferas sean susceptibles a los ataques de estos insectos. Por ejemplo, en el estado de Nuevo León, se cuenta con registros de brotes en el Cerro El Potosí, San José de Boquillas, así como en los ejidos Pablillo y Santa Rosa (Sánchez *et al.*, 2007). En la Sierra de Arteaga en Coahuila *Phloeosinus* spp. causó muerte de ramas y árboles en bosques de *Cupressus arizonica* y *Juniperus* spp. (Torres & Sánchez, 2006).

Uno de los factores que podrían influir en la incidencia de los brotes de descortezador para los estados de Coahuila y Nuevo León es el bajo vigor de los árboles causado por la sequía y las altas temperaturas, lo que provoca un desequilibrio en el ecosistema y por lo tanto se aumenta la probabilidad de que se presente una plaga o enfermedad forestal (Sánchez *et al.*, 2003).

El crecimiento desmedido de las poblaciones de los insectos descortezadores o el movimiento hacia otra área, independientemente del factor responsable de este fenómeno, causa de manera directa afectaciones en las plantas como la muerte del hospedero, debido a que se interrumpe el desarrollo de la planta, lo que a su vez promueve la acumulación de material vegetal muerto representando un riesgo latente para que se presenten incendios forestales (Rodríguez, 1990).

Aunque la mayoría de las especies de *Phloeosinus* son saprobias oportunistas tempranas, tres de ellas (*Phloeosinus baumanni*, *P. tacubaye* y *P. serratus*) se consideran agresivas, y se encuentran en la NOM-019-SEMARNAT-2017 para su control y manejo; sin contar con información detallada de su biología, dinámica poblacional y distribución. El método que se recomienda para erradicar los brotes de estas especies en cualquier estado de desarrollo y en cualquier temporada del año, es el método de derribo-troceo-descortezado-químico (Torres & Sánchez, 2006), actividades que ocasionan severos impactos ecológicos.

Debido a que estas especies constituyen piedras angulares en los ecosistemas, al participar en los procesos de reciclaje de nutrientes, es indispensable contar con información básica de su biología y distribución para su manejo integral.



## HIPÓTESIS

Si el descortezador *Phloeosinus deleari* Blackman presenta un comportamiento monófago (espectro trófico reducido) se espera que cuente una distribución geográfica similar a la de su hospedante.

*Phloeosinus deleari* Blackman contará con relaciones interespecíficas con otros organismos los cuales podrían influir en el desarrollo de su ciclo biológico.

## OBJETIVO GENERAL

Describir algunos aspectos básicos de la biología y distribución de *Phloeosinus deleari* Blackman, tales como la duración del ciclo de vida, ocurrencia espacial y temporal, sobrevivencia, mediante el estudio de las galerías, e identificación de las especies de artrópodos y hongos asociadas a su ciclo de vida además del espectro de huéspedes en el estado de Nuevo León.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la duración del ciclo biológico de *Phloeosinus deleari* Blackman.
2. Determinar parámetros poblacionales (natalidad, mortalidad, sobrevivencia, fertilidad, proporción de sexos) de *Phloeosinus deleari* Blackman mediante el estudio de sus galerías y emergencia en laboratorio.
3. Identificar los artrópodos y hongos asociados a *P. deleari* Blackman.
4. Determinar el área de distribución real y potencial de *P. deleari* Blackman en el estado de Nuevo León.
5. Determinar el área de distribución potencial en la República Mexicana.

## REFERENCIAS

Abbott, B., Stennes, B., van Kooten, C.G., 2008. An economic analysis of mountain pine beetle impacts in a global context. Resource Economics and Policy Analysis (REPA) Research Group, Dept of Economics, University of Victoria, Victoria, BC, Canada.

Atkinson, T. H. 2019. Escarabajos descortezadores y ambrosiales (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae) de Sonora, México Bark and Ambrosia Beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae) of Sonora, México. *Dugesiana*, 26(1), 1.

Atkinson, T. H. 2017. Familia Curculionidae: Subfamilia Scolytinae. Cibrián T., D.(ed.). *Fundamento de Entomología Forestal*. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México, 306-313.

Atkinson, T.H. 2012. Estado de conocimiento de la taxonomía de los escarabajos descortezadores y ambrosiales de México. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Memorias XVI Simposio Nacional de Parasitología Forestal*, Cuernavaca, Morelos, 26-28 octubre 2011. pp. 13-27.

Bozsik, G., Tröger, A., Francke, W., & Szócs, G. 2016. *Thuja occidentalis*: identification of volatiles and electroantennographic response by the invasive cedar bark beetle, *Phloeosinus aubei*. *Journal of Applied Entomology*, 140(6), 434-443.

Burgos-Solorio A. & Equihua M., A. 2007. Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) de Jalisco, México. *Dugesiana*, 14: 59-82.

Cibrián Tovar, D., Montiel, M., Bolaños, C., & Lara, F. 1995. *Insectos forestales de México= Forest insects of Mexico* (No. C/634.967 I5).

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2018. NOM-019-SEMARNAT-2017, Que establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores. México, D.F., México. pp. 1-16.

Embrey, S., Remais, J.V., Hess, J., 2012. Climate change and ecosystem disruption: the health impacts of the North American Rocky Mountain pine beetle infestation. *Am. J. Publ. Health* 102, 818–827.

Equihua, M. A. & Burgos, S. A. 2002. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Volumen III. Llorente J.; Monrrone J. J. (Eds.). CONABIO-IBUNAM. México. 690 p.

Fiala, T., & Holuša, J. 2019. Occurrence of the Invasive Bark Beetle *Phloeosinus aubei* on Common Juniper Trees in the Czech Republic. *Forests*, 10(1), 12.

GBIF.org. 2020. GBIF Occurrence Download, consultado: 04 de 05 de 2020, página web: <https://doi.org/10.15468/dl.7894wr>.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2007. Principales plantas parásitas y epifitas e insectos que atacan a los bosques de coníferas del estado de Nuevo León, Folleto técnico Núm. 36. Nuevo León, México. 23 p.

Knížek, M., Beaver, R., 2004. Taxonomy and systematics of bark and ambrosia beetles. In: Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A., Gregoire, J.-C., Evans, H.F. (Eds.), *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. Kluwer, Dordrecht, pp. 41–54.

Krokene, P. 2015. Conifer Defense and Resistance to Bark Beetles. *Bark Beetles*. págs. 177-207.

Linnakoski, R., De Beer, Z. W., Niemelä, P., & Wingfield, M. J. 2012. Associations of conifer-infesting bark beetles and fungi in Fennoscandia. *Insects*, 3(1), 200-227. Consultado en: <https://www.mdpi.com/2075-4450/3/1/200/htm>.

López, S., Romón, P., Iturrondobeitia, J., & Goldaracena, A. 2007. Los escolítidos de las coníferas del País Vasco. Guía práctica para su identificación y control. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. España.

Moraal, L. G. 2010. Infestations of the cypress bark beetles *Phloeosinus rudis*, *P. bicolor* and *P. thujae* in The Netherlands (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *entomologische berichten*, 70(4), 140-145.

Pérez-De la Cruz, M., Hernández-May M A., De la Cruz-Pérez A., y Sánchez-Soto S. 2016. Scolytidae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos áreas de conservación en Tabasco, México. *Rev. Biol. Trop.* 64(1): 319-326.

Pfeffer, A. 1995. Zentral-und westpaläarktische Borken-und Kernkäfer:(Coloptera: Scolytidae, Platypodidae). *Pro Entomologia*.

Raffa, K. F., Grégoire, J. C. and Lindgren, B. S. 2015. Natural History and Ecology of Bark Beetle. In: Vega, F. E., and R. W. Hofstetter (eds.). *Bark Beetle Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Elsevier. Ann Arbor. MI, USA. pp. 1-40.

Romero N., J., S. Anaya R., A. Equihua. M. y H. Mejía G. 1997. Lista de Scolytidae y Platipodidae de México (Insecta: Coleoptera). *Acta Zoológica Mexicana* 70:35-53.

Rodríguez, L. 1990. *Plagas forestales y su control en México*. Universidad Autónoma de Chapingo. 2da edición. Colección de cuadernos universitarios: Serie Agronomía. (17) 217. Chapingo, México.

Sánchez, J., Torres, L., Pineda, A., & Martínez, O. 2003. Daños y diversidad de insectos descortezadores de coníferas del noreste de México. *Rev. Ciencia Forestal en México*. Vol. 28. Núm. 93.

Sánchez, J., Torres, L. & Castillo, D, 2007. Principales plantas parásitas y epifitas e insectos que atacan a los bosques de coníferas del estado de Nuevo León.

Tiberi, R., Panzavolta, T., Bracalini, M., Ragazzi, A., Ginetti, B., & Moricca, S. 2016. Interactions between insects and fungal pathogens of forest and ornamental trees. *Italian Journal of Mycology*, 45, 54-65.

Torres-Espinoza, L. & Sánchez-Salas, J. 2006. Principales insectos descortezadores de los bosques de coníferas del estado de Coahuila.

Torres-Espinoza, L. & Sánchez-Salas, J. 2006. Manual para la identificación de los principales problemas fitosanitarios de los bosques del estado de Coahuila. México, D.F., Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 9 pp.

Vergara-Pineda, S., Jones, R., Obregón-Zúñiga, J. A., Sandoval, V. C., & Atkinson, T. H. 2015. Lista preliminar de Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) del estado de Querétaro. Entomología Mexicana, 2, 641-647.

Wood, S. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Great Basin Natural Memories 6:1 -1359.

## CAPÍTULO I BIOLOGÍA Y ASOCIADOS

### RESUMEN

En este capítulo se describen aspectos relacionados con la biología, hábitos y los organismos que se encuentran relacionados con las diferentes etapas del ciclo biológico de *Phloeosinus deleoni* Blackman. Para conocer el ciclo de vida de esta especie, se establecieron parejas de insectos sobre trozos de floema protegidos por placas de acrílico (técnica del sándwich), lo que permite observar el desarrollo de los insectos. Además, se contabilizaron y midieron las galerías larvales impresas en las ramas trampa. Por otro lado, para los organismos relacionados al descortezador se utilizaron diversos métodos así como el uso de claves taxonómicas para la identificación de los artrópodos encontrados, y para los hongos que estuvieron presentes al momento del descortezado de las ramas trampa, primero se llevó a cabo el método de aislamiento en el medio YPD (Levadura Peptona Dextrosa), para su posterior identificación luego de haber crecido en el medio, se utilizaron claves taxonómicas, además de describir la función que desarrollan los artrópodos y hongos encontrados, para establecer con ello la relación que existe entre estos organismos con la especie *P. deleoni* Blackman.

Palabras clave: *Phloeosinus deleoni* Blackman, galerías, parámetros de historia de vida, artrópodos, hongos, relación.

## ABSTRACT

This chapter describes aspects related to the biology, habits and organisms related to the different stages of the biological cycle of *Phloeosinus deleari* Blackman. To learn about the life cycle of this species, insect pairs were established on pieces of phloem protected by acrylic plates (sandwich technique), which allows observing the development of the insects. In addition, larval galleries printed on the trap branches were counted and measured. On the other hand, for the organisms related to the bark stripper, various methods were used, as well as the use of taxonomic keys for the identification of the arthropods found, and for the fungi that were present when the trap branches were stripped of their bark, first, the isolation method was carried out in YPD medium (Yeast Peptone Dextrose), for subsequent identification after having grown in the medium, taxonomic keys were used, in addition to describing the function of the arthropods and fungi found, in order to establish the relationship between these organisms and the species *P. deleari* Blackman.

Key words: *Phloeosinus deleari* Blackman, galleries, life history parameters, arthropods, fungi, relationship.

## INTRODUCCIÓN

Los escarabajos descortezadores (Curculionidae: Scolytinae) son un grupo constituido por más de 6 000 especies, que se alimentan y reproducen en diversos tejidos y órganos vegetales, y que además se asocian a una gran variedad de invertebrados y simbiontes microbianos (Kenneth, 2015; Kirkendall, 2015). Su importancia ecológica radica en la descomposición de los tejidos, de plantas recién cortadas, lesionadas o debilitadas fisiológicamente (Wood, 1982); por lo cual mantienen la estructura y dinámica de las comunidades vegetales (Kenneth, 2015). Muy pocas especies son parásitas agresivas, consideradas plagas forestales y agrícolas, debido a que compiten con los seres humanos por los productos vegetales valiosos (Kenneth, 2015).

Actualmente, *Phloeosinus* incluye más de 60 especies taxonómicamente válidas, distribuidas principalmente en las regiones neártica y paleártica (Faccoli & Sidoti, 2013); casi el 50% de ellas habitan en América del Norte y Central (29 especies y cuatro subespecies) (Atkinson, 2018). En México se han reportado nueve especies (Atkinson, 2017).

El escarabajo de la corteza del ciprés *Phloeosinus deleoni* es una especie nativa de México, (Wood, 1982; Atkinson et al., 1986,) con la mayoría de sus registros localizados en la Zona de Transición (Atkinson, 2018). Ésta habita en bosques de coníferas, encinos y matorral xerófilo (CONAFOR, 2017) y desarrolla su ciclo de vida en el enebro o sabino *Juniperus flaccida*, en el que, se han reportado los registros geográficos de *P. deleoni* Blackman.

A pesar de que *P. deleoni* se considera una plaga forestal en la norma oficial mexicana (Cibrián et al., 2000; NOM-019-SEMARNAT-2017), el conocimiento sobre su biología es pobre y su ecología poblacional se sustentan por eventos de colecta esporádicos y tanto los detalles del ciclo de vida como las asociaciones simbióticas con otros organismos son raramente mencionados o desconocidos.



Los sistemas de galerías de los descortezadores constituyen una gran fuente de información sobre la biología de las especies, ya que su patrón anatómico depende de la estrategia de colonización de la especie, de su comportamiento de apareamiento, tipo de oviposición, tipo de reproducción, tamaño de descendencia y comportamiento alimenticio de larvas, (Kirkendall, 2015). Por lo cual, en los sistemas de galerías es posible reconocer diferentes partes del ciclo de vida y comportamiento, así como aislar especies asociadas al ciclo de vida

Dentro de los estudios biológicos, la descripción de la anatomía y estructura del sistema de galerías en las especies de *Phloeosinus* en México ha sido poco abordada y su potencial como unidad de estudio para la obtención de parámetros poblacionales y de la historia de vida es incipiente y en algunas especies nulo, un ejemplo es el escarabajo descortezador *Phloeosinus deleari* (LeConte 1868).

Con el fin de estudiar los sistemas de galerías de los escarabajos descortezadores, se llevan a cabo dos métodos:

- 1.- La observación directa de las diferentes partes del ciclo de vida en los sistemas de galerías de troncos colonizados de manera natural por los insectos.
- 2.- El seguimiento de la construcción de los sistemas de galerías en sándwiches de floema de la especie hospedante.

Con la combinación de ambos métodos, es posible evaluar las preferencias tróficas de la especie problema, analizar y observar el comportamiento de estos insectos dentro del floema, así como coleccionar e identificar a las especies asociadas al ciclo de vida (Taylor *et al.*, 1992).

Esto último debido a que debajo de la corteza las especies de descortezadores mantienen relaciones con otros organismos, como especies de hongos, foreticas, predatoras, etc. que en ocasiones hacen más eficiente la colonización de los árboles. En el caso de los hongos ya que pueden llegar a debilitar sus defensas además de servir, hacen más asimilables los compuestos de los tejidos vegetales para la alimentación de la descendencia (Cruz *et al.*, 2016).

La entrada de las especies de hongos y otros grupos (ácaros, pseudoescorpiones) al árbol depende de que el insecto penetre la corteza y llegue a los tejidos blanco (xilema o floema) una vez en ellos, las especies asociadas comienzan a crecer, para el caso de los hongos proveen de alimento a la descendencia, además de ablandar la madera y facilitar la construcción de la galería, (Batra, 1985).

Otro gremio importante dentro de los sistemas de galerías con los depredadores, los cuales tienen un papel importante para disminuir el número de descendientes y por lo tanto controlar el tamaño poblacional de los descortezadores, como el caso de las especies las familias Trogossitidae y Cleridae, que son las familias más comúnmente asociadas con descortezadores (Reeve, 1997), ya que sus larvas y adultos se alimentan de la descendencia de los escarabajos descortezadores constituyendo sus principales enemigos naturales, (Nowak *et al.*, 2008).

## OBJETIVOS

1. Determinar la duración del ciclo biológico de *Phloeosinus deleari* Blackman.
2. Determinar parámetros poblacionales (natalidad, mortalidad, sobrevivencia, fertilidad, proporción de sexos) de *Phloeosinus deleari* Blackman mediante el estudio de sus galerías y emergencia en laboratorio.
3. Identificar los artrópodos y hongos asociados a *P. deleari* Blackman.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

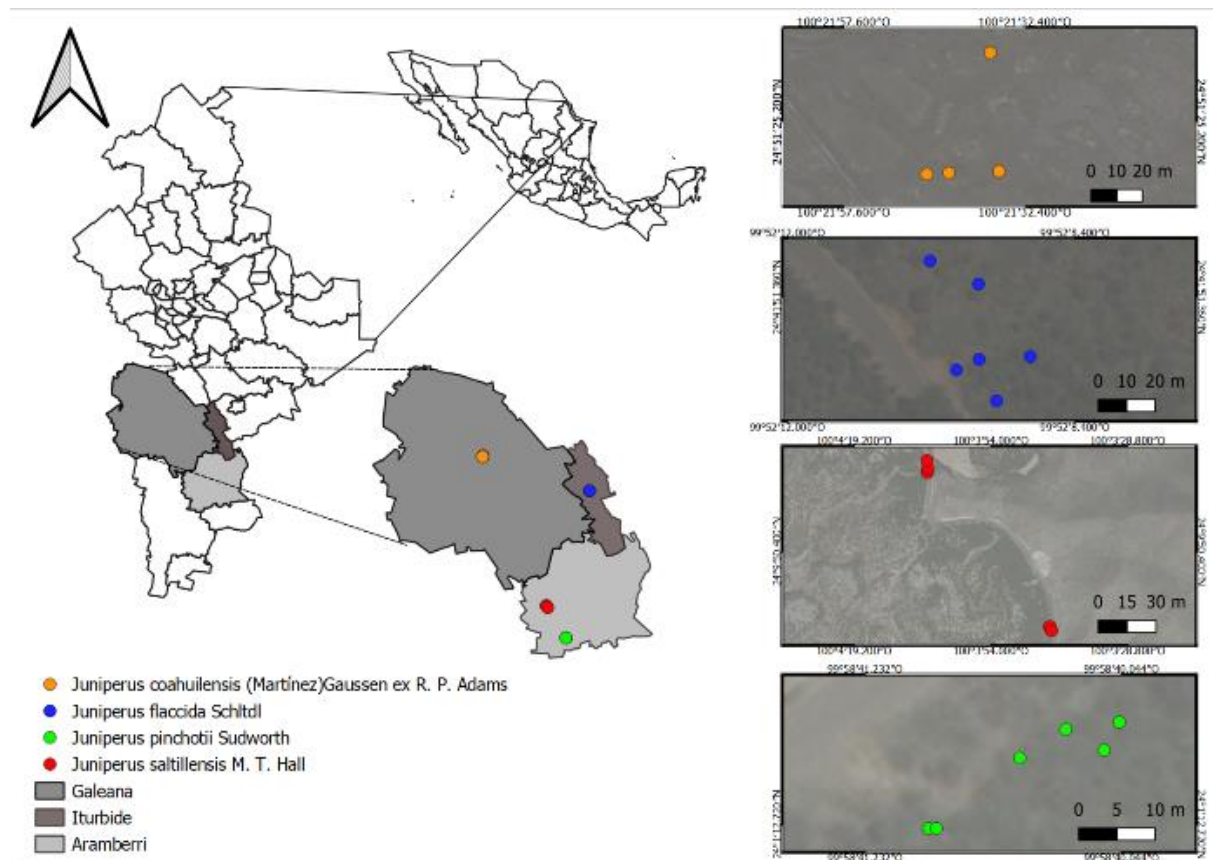
Se establecieron 4 sitios de muestreo, cada uno con 6 repeticiones. Cada sitio de muestreo corresponde a una especie de *Juniperus* Linnaeus. La ubicación de los sitios de las especies se presenta en la Tabla 1 y en la Figura 1 se presentan la ubicación exacta de cada árbol trampa. Con el objetivo de evaluar la especificidad trófica de *P. deleari* se seleccionaron regiones del estado de Nuevo León con diferentes poblaciones alopátricas de especies de *Juniperus*. Por lo cual los sitios de muestreo se distribuyen en tres municipios del sur del estado de Nuevo León, el primer sitio corresponde a la especie de *Juniperus flaccida* Schltl., el cual se ubica en el municipio de Iturbide cerca del kilómetro 4 de la carretera con rumbo al ejido Santa Rosa, el segundo sitio corresponde a la especie *Juniperus coahuilensis* (Martínez) Gausson ex R.P. Adams, el cual se encuentra en el municipio de Galeana, cerca del kilómetro 145 de la carretera Matehuala-Monterrey, en el ejido El Potosí, el tercer sitio corresponde a la especie *Juniperus saltillensis* M.T. Hall. y en el cuarto sitio se encuentra presente la especie *Juniperus pinchotii* Sudworth, ambos pertenecen al municipio de Aramberri, el

primero se encuentra entre los ejidos San Juan de Áviles y Sandia El Grande, y el segundo se ubica entre los ejidos La Primavera y San Paulo.

**Tabla 1.** Coordenadas centrales de los sitios de muestreo.

Municipio	Hospedero	Coordenada X (UTM)	Coordenada Y (UTM)
Iturbide	<i>Juniperus flaccida</i> Schltld.	412078	2731720
Aramberri	<i>Juniperus pinchotii</i> Sudworth.	400553	2656822
Galeana	<i>Juniperus coahuilensis</i> (Martínez) Gausen ex R.P. Adams	362312	2749579
Aramberri	<i>Juniperus saltillensis</i> M.T. Hall.	391489	2673269

**Figura 1.** Ubicación de cada árbol trampa.



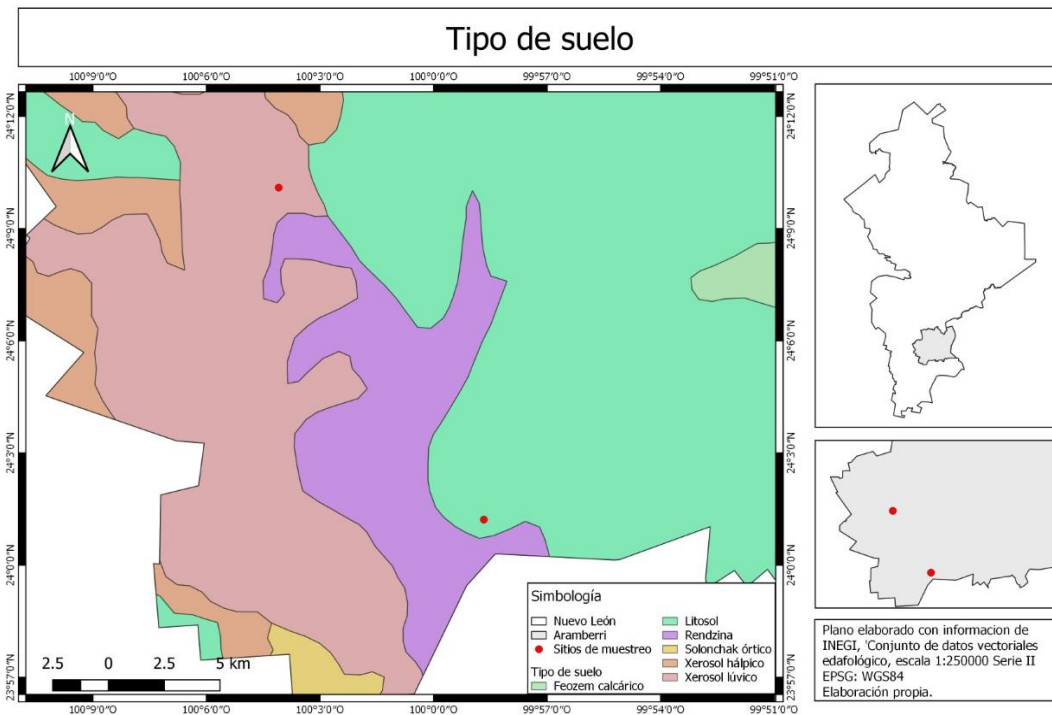
A continuación de presentan las características del suelo, vegetación y clima de las cuatro zonas consideradas en el muestreo.

## ARAMBERRI

**SUELO.** El tipo de suelo presente en el área de estudio que pertenece a la especie *Juniperus pinchotii* Sudworth es Litosol, este tipo de suelo se presenta en laderas con pendiente pronunciada, otra de sus características es que son suelos someros, los cuales se forman sobre roca dura o en aquellas áreas que presentan mucha pedregosidad.

Por otro lado, el tipo de suelo presente en el sitio donde se encuentra la especie *Juniperus saltillensis* M. T. Hall es Xerosol luvico, dentro de las características que presenta son una capa superficial de tonalidad clara, lo cual se debe a la poca materia orgánica presente, además pueden presentar aglomeraciones de cal, así como cristales de yeso o caliche lo cual depende del grado de dureza, en cuanto a la textura esta es media, la fase física es petrogipsica y la fase química es sódica.

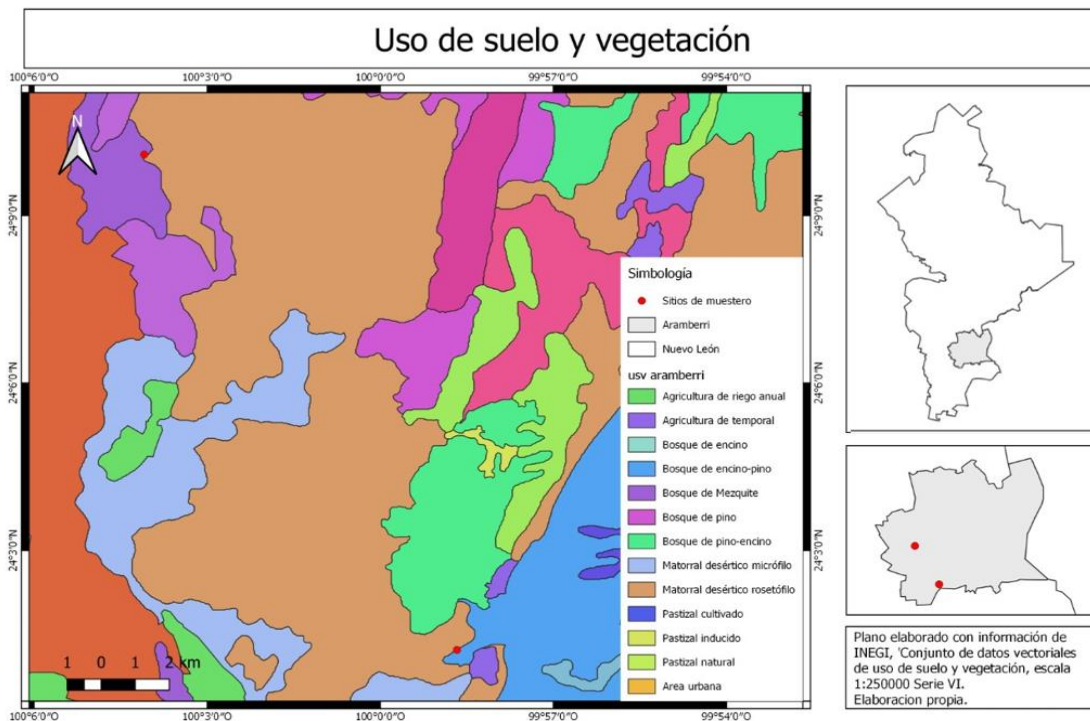
**Figura 2.** Mapa de tipo de suelo presente en las áreas de estudio



**VEGETACIÓN.** En el área de muestreo donde se encuentra la especie *J. pinchotii* Sudworth se ubica entre bosque de mezquite y matorral desértico rosetófilo, según lo que muestra la carta de uso de suelo y vegetación de INEGI serie VI, aunque en el lugar se encuentran poblaciones aisladas de *Pinus cembroides*.

Para la especie *J. saltillensis* M. T. Hall, la cual se ubica en el sitio donde se encuentra vegetación de tipo bosque de encino – pino y matorral desértico rosetófilo, ya que en el área se observaron ejemplares de lechuguilla, yucas, etcétera.

**Figura 3.** Mapa de uso de suelo y vegetación.



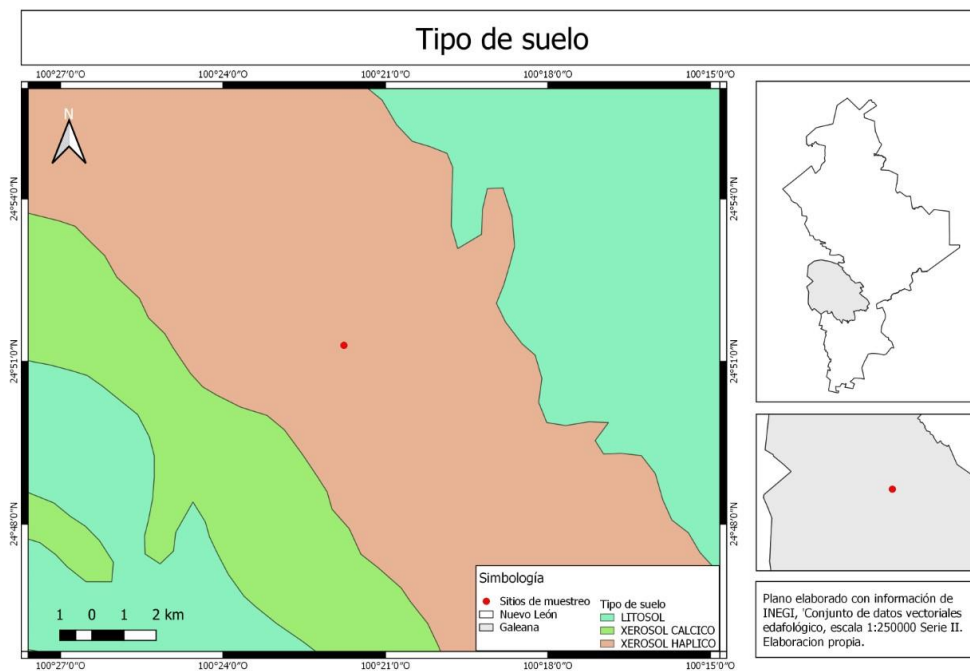
**CLIMA.** Para el sitio donde se encuentra la especie *J. pinchotii* Sudworth el tipo de clima donde se encuentra esta especie corresponde a Semiárido templado BS1k(x'), los datos climatológicos se obtuvieron de la estación más cercana la cual es la 19037 (Las Presas) (García 2004). La precipitación promedio es de 29.4 mm con un acumulado de 368 mm anuales, cuenta con dos periodos de lluvias, uno durante el mes de mayo y otro de julio a septiembre, la temperatura promedio es de 17°C con un promedio máximo de 23°C y una mínima de 9°C.

*J. saltillensis* M. T. Hall, el tipo de clima donde se localiza esta especie es Semicálido subhúmedo (A)C(w1) (García, 2004), la temperatura media anual mayor de 18°C, la precipitación del mes más seco ronda los 40 mm; las lluvias se presentan durante el verano, siendo el mes de septiembre donde se presenta la mayor precipitación con 130 mm, la precipitación anual es de 545 mm. Los datos de clima y precipitación se obtuvieron de la estación climatológica 19005 (Aramberri).

## GALEANA

**SUELO.** El tipo de suelo que se encuentra en el área de estudio de la especie *Juniperus coahuilensis* (Martínez) Gaussen ex R.P. Adams Xerosol halpico (Xh) este tipo de suelo se localiza en las zonas áridas y semiáridas de la parte centro y norte del país, es un suelo seco, presenta bajo contenido de materia orgánica, así como aglomeraciones de cal, cristales de yeso o caliche con algún grado de dureza, la textura que presenta es media, la fase física es petrogipsica y la fase química es sódica.

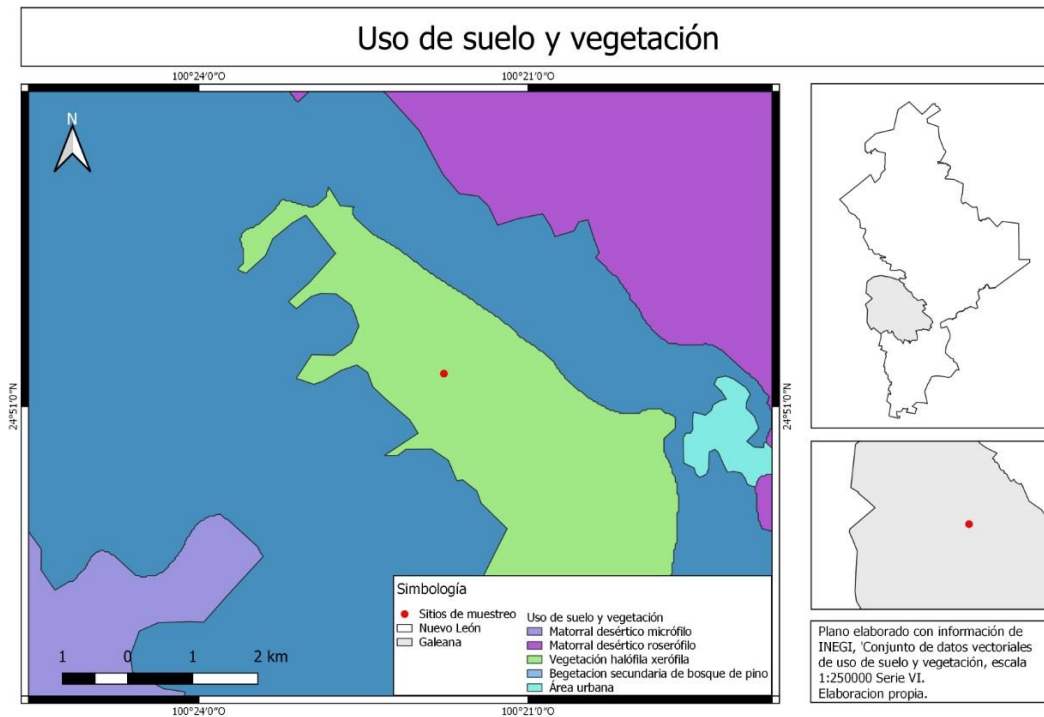
**Figura 4.** Mapa de tipo de suelo presente en el área.





**VEGETACIÓN.** El tipo de vegetación que se encuentra presente en el área de corte de las ramas es de vegetación halófila xerófila, debido a que en el área se encuentran presentes especies como *Larrea tridentata*, *Echinocactus platyacanthus*, entre otros.

**Figura 5.** Mapa de uso de suelo y vegetación.



**CLIMA.** El tipo de clima donde se localiza esta especie es Semiárido templado BS1k(x'), (García, 2004), la temperatura promedio es de 17°C; las lluvias se presentan durante los meses de mayo, agosto y septiembre, la precipitación anual es de 351 mm. Los datos de clima y precipitación se obtuvieron de la estación climatológica 19020 (El Potosí).

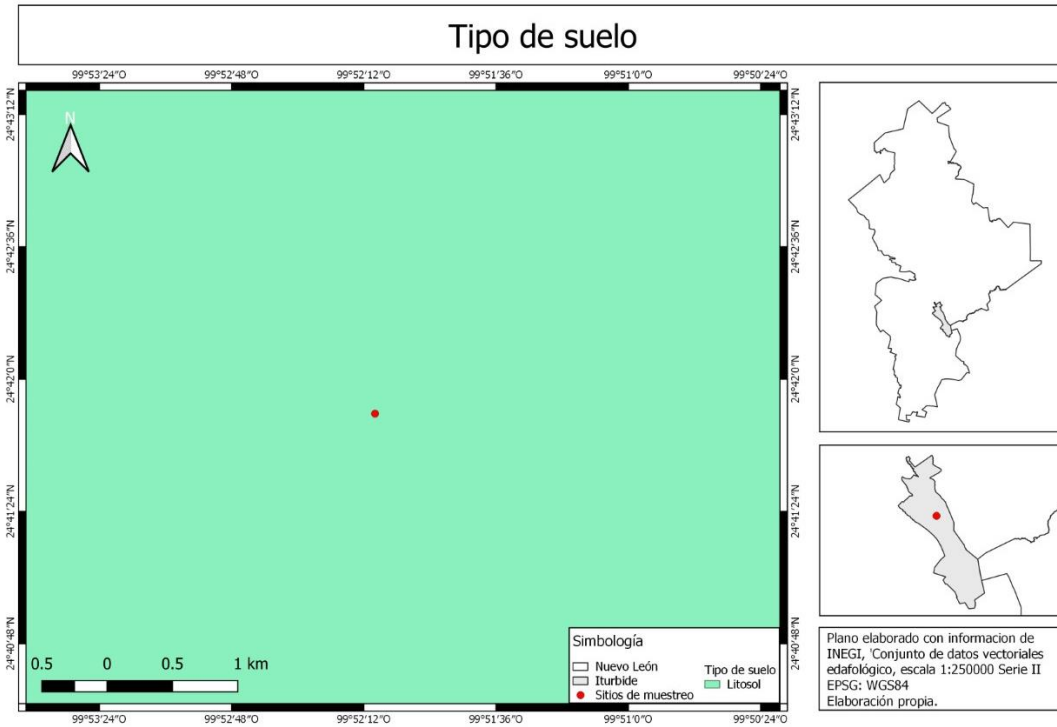
## ITURBIDE

**SUELO.** El tipo de suelo presente en el área de estudio que pertenece a la especie *Juniperus flaccida* Schtdl, es Litosol, este tipo de suelo se encuentra presente en laderas con pendiente pronunciada, otra de sus características es que



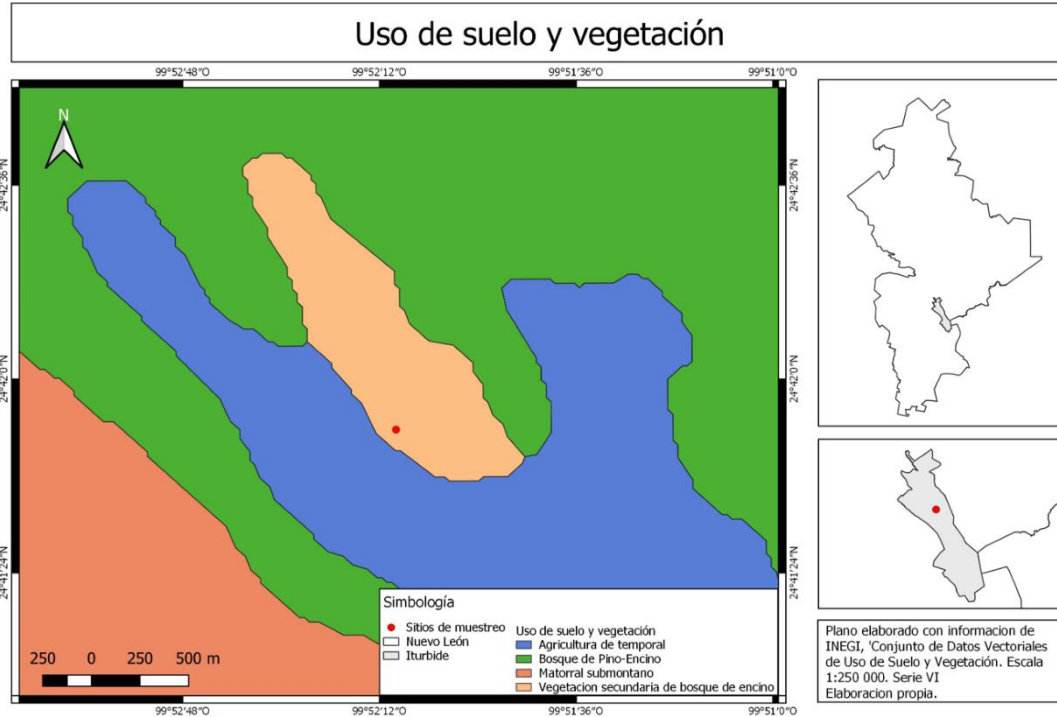
son suelos someros, los cuales se forman sobre roca dura o en aquellas áreas que presentan mucha pedregosidad, además de presentar textura media.

Figura 6. Mapa de tipo de suelo presente en el área de estudio.



**VEGETACIÓN.** En el sitio de muestreo se encuentra vegetación marcada por INEGI como vegetación de tipo secundaria de bosque de pino, es decir que originalmente existía bosque de pino, ya que aún conserva rasgos del bosque de pino, pero en el se encuentran otras especies vegetales debido a diversos tipos de disturbios que se llevaron a cabo.

Figura 7. Mapa de uso de suelo y vegetación en el área de estudio.



CLIMA. El tipo de clima donde se localiza esta especie es Semicálido subhúmedo (A)C(w1) (García, 2004), la temperatura media anual mayor de 18°C, la precipitación del mes más seco ronda los 40 mm; las lluvias se presentan durante el verano, siendo el mes de septiembre donde se presenta la mayor precipitación con 150 mm, la precipitación anual es de 697 mm. Los datos de clima y precipitación se obtuvieron de la estación climatológica 19027 (Iturbide).

## OBTENCIÓN DE MUESTRAS

En cada zona se seleccionaron árboles sanos de las especies *Juniperus* y se colocaron ramas recién cortadas del árbol objetivo como atrayente para la o las especies de *Phloeosinus*. Las ramas cortadas tenían una longitud de 80 - 100 cm y un diámetro de 10 - 15 cm, estas se colocaron en el suelo cerca del árbol del que se obtuvieron, para exponerlas al medio ambiente durante aproximadamente

1 - 2 meses (Figura 8). Las ramas se controlaron semanalmente para evaluar la aparición de escarabajos colonizadores, que pueden reconocerse por la presencia de una sustancia parecida al aserrín, llamada “frass”, creada por los escarabajos de la que se acumula en las grietas del árbol y puede haber caído a la galería del suelo, asemejándose a un material molido muy fino de color marrón crema en el suelo, junto con las ramas (Figura 9). (Cibrán, *et al.*, 1995).



**Figura 8.** Ramas cortadas de *Juniperus flaccida* Schlttl (derecha) y *Juniperus coahuilensis* (Martínez) Gaussen ex R.P. Adams (izquierda).

Una vez que las ramas presentaron signos de ataque, fueron recogidas y se les retiraron las ramillas secundarias, para dejar libre la rama principal, después fueron envueltas con empaque y se colocaron dentro de bolsas de plástico para llevarse al laboratorio sin dispersar los insectos durante el trayecto; una vez en el laboratorio las ramas se seccionaron en trozas de 50 cm de longitud, y se colocaron dentro de botes de plástico, las ramas trampa se mantuvieron por separado a una temperatura de 21°C; Para llevarse a cabo el monitoreo de la emergencia de los insectos y para con ello dar seguimiento al ciclo biológico.



**Figura 9.** Orificios de entrada con presencia de aserrín en *Juniperus flaccida* Schldtl.

Los insectos fueron capturados una vez que comenzaron a emerger de las ramas; dependiendo de la fase del ciclo de vida en la que se encontraban, la recolección de estos tuvo una duración de aproximadamente 2-3 meses, la recolección se llevó a cabo todos los días en la mañana y en la tarde, para evitar que los machos copularan a las hembras y se iniciara una nueva generación, además los insectos fueron identificados por especie,

Para evaluar la presencia de *P. deleoni* y su espectro trófico, en las especies de *Juniperus* muestreadas, todos los adultos emergidos se identificaron mediante caracteres morfológicos externos utilizando la clave taxonómica de Wood [31]. Las especies de *Phloeosinus* que no pudieron asignarse algún taxón reconocido previamente fueron etiquetadas como sp1., sp2 y sp3.





**Figura 10.** Ramas de *Juniperus flaccida* Schldtl seccionadas en trozas dentro de botes.

### TÉCNICA DEL SÁNDWICH DE FLOEMA

Posteriormente, una vez establecida la preferencia de hospedero de *P. deleoni* Blackman se llevó a cabo la técnica del sándwich (Taylor *et al.*, 1992) con modificaciones, la cual consiste en extraer láminas de floema de ramas recién cortadas y sanas (Figura 11), las ramas fueron llevadas al laboratorio para allí comenzar con la extracción de las láminas de floema, las cuales fueron cortadas en cuadros con medidas de 20 cm por 20 cm.



**Figura 11.** Rama de *Juniperus flaccida* Schldtl con láminas de floema extraídas (derecha), representación de la técnica del sándwich (izquierda).

Las laminillas de floema se colocaron entre dos cuadros de acrílico con medidas de 25 cm por 25 cm en lugar de vidrio (para evitar que se lleven cambios en la temperatura), cubriendo los extremos con Parafilm, y sujetando los cuadros con pinzas para ejercer presión y que las laminillas quedaran completamente prensadas, uno de los cuadros cuenta una pequeña perforación para allí colocar una pareja de insectos.

Esta técnica se llevó a cabo con la finalidad de observar el desarrollo del ciclo biológico de los insectos; se establecieron 20 parejas de insectos, los cuales fueron colocados en una perforación del cuadro de acrílico para que se iniciase la construcción de la galería (Figura 12). Se registró el desarrollo de los insectos, el tiempo que les tomó la construcción de las galerías y el tiempo en el que aparecen los hongos, las laminillas fueron colocadas a una temperatura promedio de 20°C.



**Figura 12.** Construcción de galería pareja 1 de *Phloeosinus deleari* Blackman, día 2.

El monitoreo se realizó cada cuatro días, para medir los avances en la galería, las revisiones se llevaron a cabo hasta que emergió el último insecto de la nueva generación, o en su defecto hasta que la pareja de insectos murió, o hasta que en la laminilla de floema se presentó el hongo afectando a la pareja e impidiendo la construcción de la galería.

Debido a que las laminillas de floema son muy delgadas, una vez emergidos todos los nuevos insectos se optó por lijarlas para descubrir los túneles realizados por las larvas de los insectos hasta cumplir su adultez.

## PARAMETROS POBLACIONALES

Una vez terminado el proceso de recolección de los insectos que emergieron, las ramas se descortezaron y limpiaron para contar y medir los sistemas de galerías (Figura 13), para con ello establecer los parámetros poblacionales de la especie.

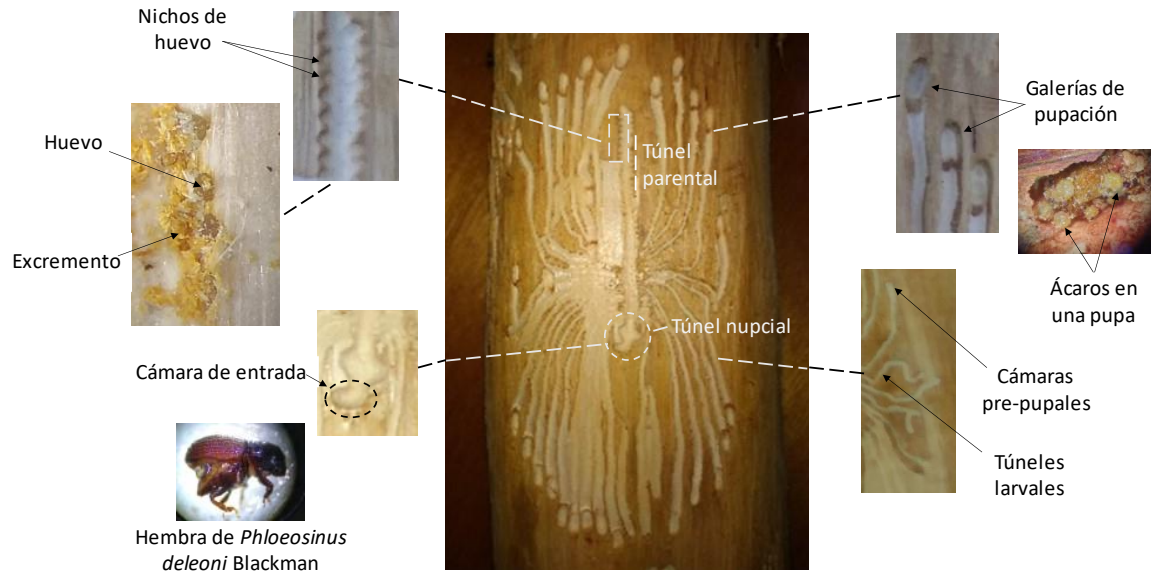


**Figura 13.** Limpieza y conteo de los sistemas de galerías.

De cada galería se midieron las siguientes variables:

1. El número de nichos de huevo
2. Ancho de la corteza
3. El número de galerías de pupación
4. Longitud y anchura de cámara materna
5. Longitud y anchura del túnel nupcial
6. Longitud y anchura del túnel parental
7. Longitud de los túneles larvales que tienen cámara de pupación
8. Longitud y anchura de las cámaras de pupación
9. Longitud y anchura de la parte baja de la galería
10. Longitud y anchura de la parte media de la galería

11. Longitud y anchura de la parte alta de la galería
12. Longitud y anchura de la galería completa



**Figura 14.** Ubicación y descripción de las partes del sistema de galerías.

## MÉTODO DE AISLAMIENTO, IDENTIFICACIÓN DE HONGOS

El aislamiento de los hongos se realizó tomando muestras directamente del micelio que fue encontrado en los sistemas de galerías del insecto (Figura 19), ya que una vez que se descortezaron las ramas ya se encontraba micelio bien desarrollado presente, las muestras fueron colocadas e inoculadas dentro de cajas Petri con un medio de agar extracto de malta (MEA2, BD Difco) agar autolizado de levadura Czapek (CYA) (Pitt, 1979), Suplementado con elementos traza (0,001%  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  y 0,0005%  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , y Panela medio de agar (PMA) (Martínez-Torres *et al.*, 2017).

Las cajas Petri se sellaron con Parafilm y se colocaron de forma invertida para evitar que el agua que se acumula en la parte superior caiga en el medio, y se



incubaron a una temperatura de 28°C por un período de 14 días en oscuridad para que el hongo pudiera desarrollarse, las muestras se revisaron diariamente para observar su desarrollo; una vez que transcurrió el lapso, se tomaron pequeñas muestras de los medios con presencia del hongo para su identificación bajo el estereoscopio, usando claves taxonómicas.



**Figura 15.** Presencia de micelio en galería de *Phloeosinus deleoni* Blackman.

Para la identificación de los insectos asociados a los sistemas de galerías de *P. deleoni* se colectaron todos los ejemplares que emergieron de las ramas trampa y se fijaron en alcohol al 70% para conservarlos, posteriormente se utilizaron claves taxonómicas para su identificación, y mediante literatura se describió su posible papel ecológico respecto a *P. deleoni*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

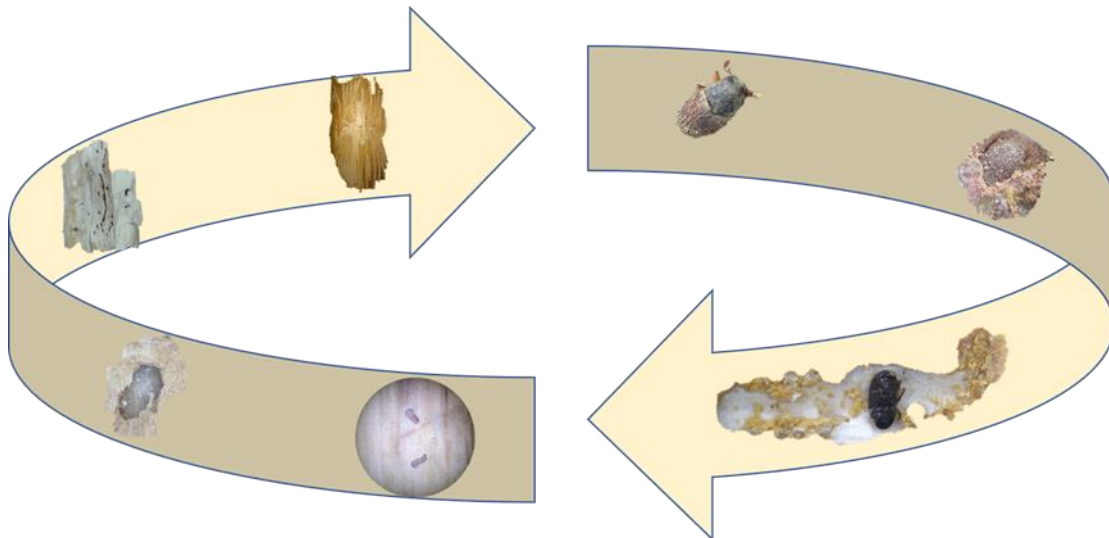
Se encontraron e identificaron cinco especies del género *Phloeosinus* Chapuis en tres especies del género *Juniperus* Linnaeus, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera: (Tabla 2), en la tabla no se presentan datos de la especie *J. pinchotti*, debido a que no se encontraron insectos que colonizaran las ramas trampa.

**Tabla 2.** Numero de insectos colectados por hospedero

Especie de árbol	Especie de insecto	Número de insectos
<i>Juniperus coahuilensis</i> (Martínez) Gausson ex R.P. Adams	<i>Phloeosinus sp 1</i>	
	<i>Phloeosinus serratus</i> Leconte	701
<i>Juniperus flaccida</i> Schltdl.	<i>Phloeosinus deleari</i> Blackman	321
<i>Juniperus saltillensis</i> MT. Hall	<i>Phloeosinus serratus</i> Leconte	
	<i>Phloeosinus sp2</i>	
	<i>Phloeosinus sp3</i>	1815

### Duración de ciclo biológico

Tomando en cuenta los datos obtenidos de la crianza en laboratorio de las ramas y de las laminillas de floema, se obtuvo que el periodo que tarda en completar el ciclo biológico *P. deleari* Blackman desde su etapa de huevo hasta que emerge el último adulto es de dos a tres meses (92-116 días) para la crianza en ramas y de 102 días aproximadamente para la crianza en laminillas de floema.



**Figura 16.** Ciclo biológico de *P. deleari* Blackman.

Una vez iniciada la construcción de la galería, pasaron 9 días en promedio para que los huevos eclosionaran; una vez larvas, el tiempo que transcurrió para que se iniciara con la construcción de las galerías de pupación fue de aproximadamente 28 días; una vez pupas, pasó un tiempo aproximado de 30 días para que emergiera como un adulto listo para colonizar una nueva rama.

## PARÁMETROS POBLACIONALES

### Sobrevivencia

Por otro lado, para determinar la sobrevivencia, se consideraron las diferencias entre el número de nichos de huevos (6 855) contra el número de cámaras de pupación (980) de *Phloeosinus deleari* Blackman, se observó un porcentaje de sobrevivencia bajo (14.3%). El porcentaje de sobrevivencia en cada una de las repeticiones se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Porcentajes de sobrevivencia de *Phloeosinus deleari* Blackman en cada una de las ramas.

Ramas	Porcentaje de sobrevivencia
JF1	12.7%
JF2	28.2%
JF3	9%
JF4	9.1%
JF5	10.3%
JF6	15.5%
JF7	0%

### **Natalidad**

Para determinar la natalidad se tomaron en cuenta el número nichos de huevo colocados en las galerías y se compararon con las galerías larvales, lo cual dio como resultado un porcentaje de natalidad de 56.71% (3 887 túneles larvales).

Por otro lado, también se estimó el porcentaje de las larvas que eclosionaron y llegaron a adultos, tomando en cuenta los túneles larvales y las galerías de pupación, se obtuvo que solo el 25.21% (980 larvas) lograron llegar a la etapa de pupa y convertirse en adultos.

Además, se obtuvo un promedio de emergencia de 8 adultos por galería.

### **Mortalidad**

Para determinar la mortalidad se compararon los nichos de huevo con las galerías de pupación, lo cual mostró un alto valor de mortalidad, el cual fue de 85.7% (5 875 individuos que no llegaron a adulto).

### **Proporción de sexos**

En cuanto a la proporción de sexos, se sexaron todos los insectos que emergieron tanto de las ramas trampa como de las laminillas de acrílico, una vez sexados se contaron para establecer la proporción de machos y hembras en el estudio, la cual fue de 1 macho: 1.12 hembras.

### **Fertilidad**

El número de huevos colocados en total fue de 6 855, distribuidos en 130 sistemas de galerías provenientes de siete ramas de *J. flaccida* Schltl. obteniéndose un promedio de 53 huevos colocados por cada hembra en una galería.



Figura 17. Galerías en las que se muestran túneles larvales obstruyendo otros túneles.

### MEDICIÓN DE GALERÍAS

Los resultados obtenidos al realizar la medición de las galerías arrojaron que las medidas promedio de las variables de las galerías fueron las siguientes:

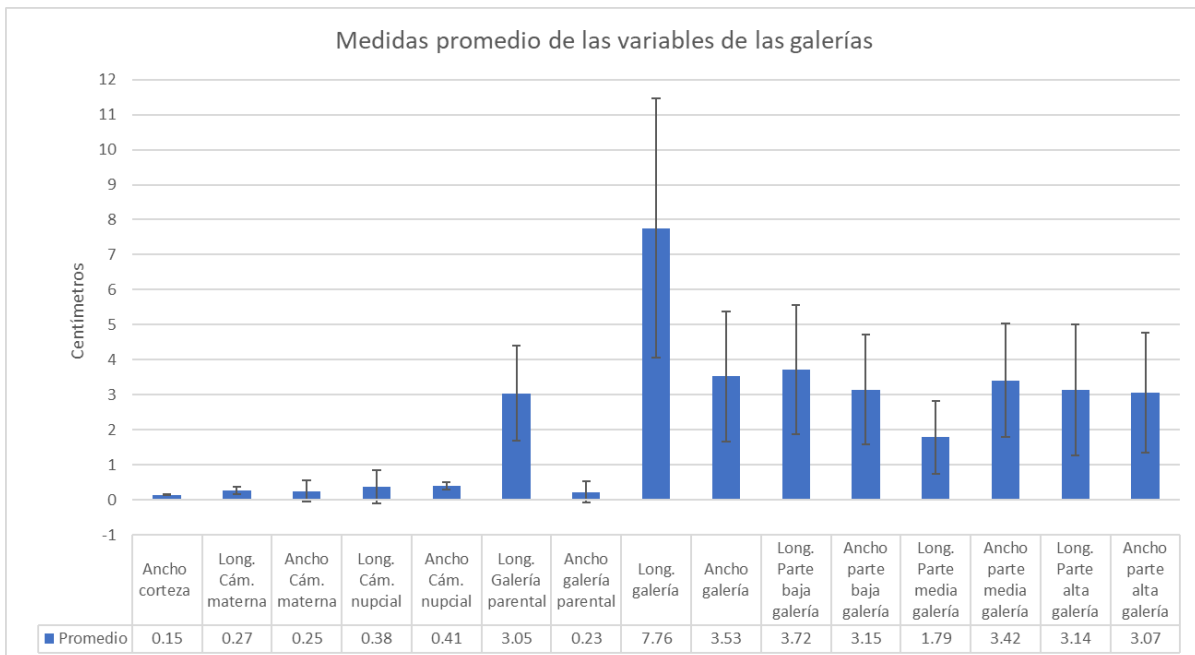


Figura 18. Gráfico donde se muestran las medidas promedio obtenidas para cada parte medida de las galerías.

Lo que se puede observar en la gráfica es que la parte baja de la galería resulta ser más grande que la parte media y ligeramente más grande que el alta. También se puede observar que la desviación estándar para la longitud de la galería es muy amplia, ya que los datos obtenidos de la medición son muy variables, en cambio la medida que se encuentra con los datos menos dispersos es el ancho de la corteza, la cual fue tomada de la anchura que presentaba la corteza donde el insecto realizó el orificio de entrada, debido a que la medida solo se encontraba entre .16 y .15.

Cabe mencionar que se encontraron algunas galerías en las ramas trampa con características inusuales, debido a que en algunas de ellas se presentaban rasgos tales como dos cámaras maternas o algunas prolongaciones de la cámara nupcial (Figura 19).



**Figura 19.** Galerías con características inusuales.

Además de lo ya mencionado anteriormente, para la colonización de las ramas se obtuvo un promedio de 19 galerías por rama colonizada.

## TÉCNICA DEL SÁNDWICH

En cuanto a lo observado en la técnica del sándwich de floema, de las 20 laminillas colocadas solo se tuvo éxito en 3, ya que estas fueron las que concluyeron su ciclo biológico, es decir se obtuvo un éxito del 15%, en cuanto a las demás laminillas estas se vieron mermadas debido a la muerte de uno de los individuos que conformaba la pareja o a la aparición de hongos los cuales impedían que se construyera la galería.



**Figura 20.** Galerías realizadas en las laminillas por parte de la Pareja 1 (izquierda), Pareja 3 (en medio) y Pareja 13 (derecha).

Emergieron un total de 15 insectos de la galería perteneciente a la pareja 1, 8 insectos para la pareja 3 y finalmente 5 insectos para la pareja 13.

El período de duración para cada ciclo, es decir desde que se ingresó la pareja de insectos hasta que emergió el último adulto de la nueva generación, tuvo una duración muy variada, ya que para la pareja 1 la duración fue de 75 días, para la pareja 3 fue de 128 días y para la pareja 13 fue de 105 días.



Por otro lado, se menciona que en las galerías que construyen los escarabajos descortezadores en el floema de los árboles albergan muchos organismos (Hofstetter, 2011), dentro de los cuales se encuentran presentes los hongos (Whitney, 1982).

En las laminillas de floema se registró la presencia de micelio, en 10 de las 20 laminillas colocadas para su estudio, y entre las 10 que presentaron hongos, se incluían 2 laminillas de las que concluyeron su ciclo biológico.

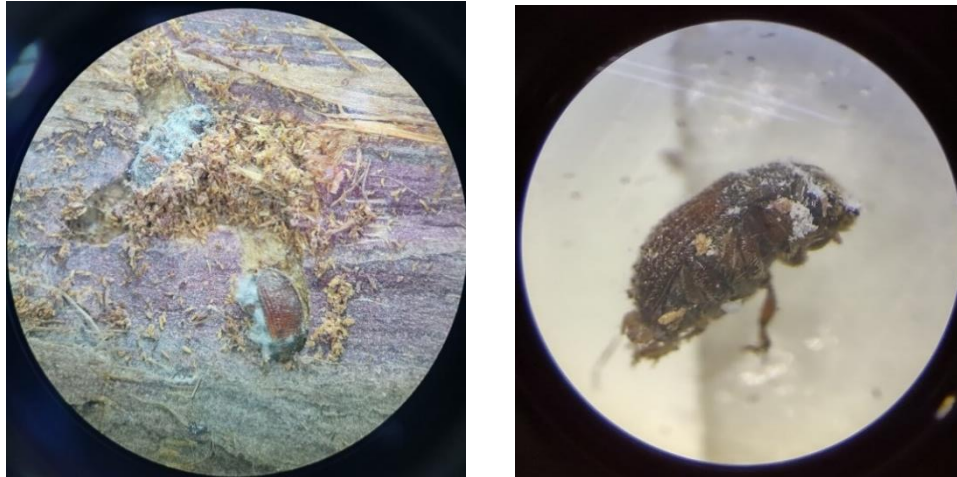


**Figura 21.** Ambas parejas de insectos se encuentran sin vida debido a que un hongo los invadió evitando la construcción de la galería.

La aparición del micelio en las laminillas de floema ocurrió aproximadamente entre los días 8 y 13, aunque en algunas se presentó en los días 39 y 84, la aparición del hongo se dio en varias partes de la laminilla, principalmente a un costado de la galería, aunque también fue registrada su presencia dentro de la galería parental.

En algunos casos el hongo lograba tener contacto con los insectos y esto ocasionaba que las parejas o solo uno de los miembros murieran debido al crecimiento del hongo en su exoesqueleto.





**Figura 22.** Pareja de insectos de *Phloeosinus deleoni* Blackman invadidos por hongo (izquierda), macho de *P. deleoni* Blackman con hongo en su exoesqueleto (derecha).

Cabe destacar que de las parejas que lograron construir la galería o alguna parte de ella, lo hicieron en forma paralela a los haces vasculares comúnmente.

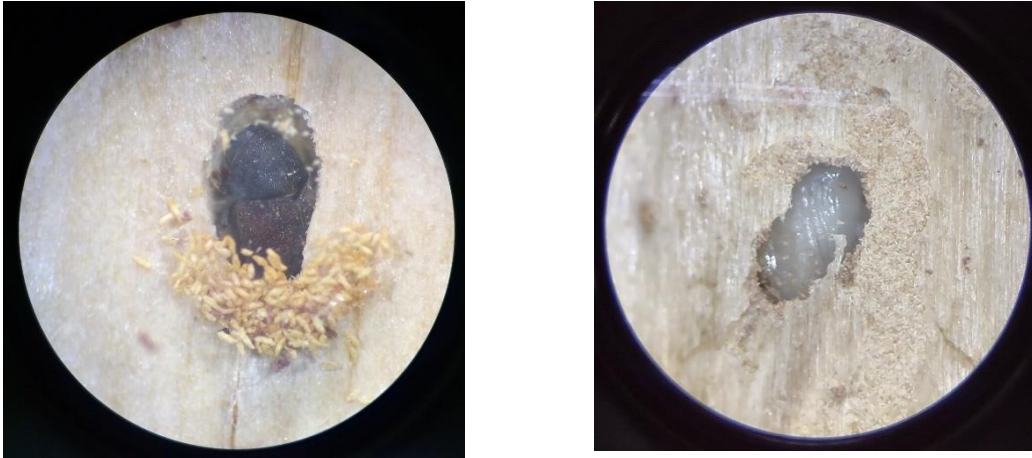


**Figura 23.** Galería construida de manera perpendicular y paralela a los haces vasculares.

Aunque las laminillas de floema fueron colocadas con poca pendiente y en varias orientaciones, las parejas de *P. deleoni* Blackman lograron la construcción de las galerías.

El principal beneficio que brindan los sándwiches de floema es que permiten la observación de diversos organismos que habitan bajo la corteza de los árboles

(Aukema & Raffa, 2004; Gries *et al.*, 1988); la ejecución de esta técnica permite una mejor observación sobre el comportamiento de dichos organismos, así como de las interacciones que se dan con otros seres vivos bajo la corteza de las plantas (Aukema & Raffa, 2004).



**Figura 24.** Se aprecian un adulto (izquierda) y una pupa (derecha) de la especie *P. deleoni* Blackman en las laminillas de floema.

## ASOCIADOS

### Hongos

Los hongos asociados a los sistemas de galerías se estudiaron 12 sistemas de galerías (gs) y sus respectivos escarabajos de la corteza; cuatro gs de *P. serratus* y ocho de *P. deleoni*. En todos los sistemas de galerías de ambas especies se observó el crecimiento del micelio como polvo aterciopelado que cubría las paredes del sistema de galerías, y que era muy evidente en las cámaras de las pupas de *P. serratus* y *P. deleoni* evidente en las cámaras de las pupas de los sistemas de galerías.

El cultivo de micelio tomado de los sistemas de galerías de los árboles trampa permitió reconocer la presencia del género *Geosmithia*, la cual se denominó como

*Geosmithia* sp 21. (Figura 25), asociada a la galería de pupación de *P. deleoni* Blackman en una rama de *Juniperus flaccida* Schltld.

Los escarabajos descortezadores cuentan con una asociación generalizada con los hongos, principalmente con aquellos que pertenecen al grupo de los Ofiostomatoides (Ascomycota), los cuales pueden causar graves enfermedades en los árboles en los que hayan sido introducidos (Linnakoski *et al.*, 2012).



**Figura 25.** Ejemplar de *Geosmithia* sp.21

Los hongos pertenecientes al género *Geosmithia* son hongos que se encuentran en las galerías construidas por los escarabajos de la corteza, son hongos poco estudiados cuyas esporas son secas (Kolařík *et al.*, 2008), la asociación de estos hongos con los descortezadores varía de acuerdo con la especificidad de la asociación, dentro de los tipos de asociación con los hongos se encuentran ya que pueden ser desde obligatorias hasta incidentales (Kirisits, 2004; Six, 2005).

*Geosmithia* spp. se encuentra asociado a 33 especies de escarabajos y a otros insectos subcorticales (Kirschner, 2001), estos hongos se encuentran en su mayoría sin estudiar y por lo tanto se desconocen ciertas funciones biológicas (Kirisits, 2004).

Los hongos que pertenecen al género *Geosmithia* (Ascomycota: Hypocreales) son organismos asociados comunes de los escarabajos de la corteza, así como de los

escarabajos barrenadores, se reporta que existen especies del género *Geosmithia* las cuales se encuentran asociadas a los escarabajos de la corteza, dentro de los cuales se menciona a *G. langdonii* asociada a *Scolytus intricatus*, entre otras (Kolařík *et al.*, 2017).

Durante el descortezado de las ramas trampa de la especie *Juniperus coahuilensis* (Martínez) Gaussen ex R.P. Adams fue registrada la presencia de otro hongo, pero este se encontraba en un nicho de pupación, el hongo fue identificado como *Geosmithia langdonii*.



**Figura 26.** Ejemplar de *Geosmithia langdonii*.

Se cuentan con registros acerca de la especie *Geosmithia langdonii* la cual presenta algunas asociaciones con varios organismos, tales como con el escarabajo *Scolytus intricatus* debido a que fueron encontrados juntos en varias especies de robles (Kolařík *et al.*, 2007); por otra parte, también ha sido reportada asociada al escarabajo *Platypus cylindrus*, ya que ambos se encuentran asociados a la muerte de varios individuos de la especie *Quercus suber* en Argelia (Belhoucine *et al.*, 2011).

Esta especie causa diversos efectos en la planta en la que se encuentre, estos efectos se ven reflejados tanto en el crecimiento aéreo como en el radicular de las plantas (Cízkova *et al.*, 2005).

Ambas especies de *Geosmithia* se encuentran asociadas con escarabajos de la corteza y presentan una asociación regular con aquellos escarabajos descortezadores (Huang *et al.*, 2017).

Kolařík *et al.*, (2008), menciona que, en su estudio realizado en Europa las muestras colectadas de las coníferas infestadas por escarabajos descortezadores se encontraron que existía una asociación con hongos *Geosmithia*, ya que al ser observadas las muestras macroscópicamente se registraron conidióforos de *Geosmithia* creciendo en las galerías maternas y en las cámaras de pupación.

Los hongos pertenecientes al género no han presentado adaptaciones que se encuentren relacionadas con la entomocoria, es decir que son transportados por los insectos, ya que las características que presentan son las de los hongos que son transportados por el aire (Kolařík, 2005).

Nuestros resultados documentan la presencia de cepas de *Geosmithia langdonii* y *Geosmithia* sp. 21 en México, apoyando su distribución en Norteamérica desde las Montañas Rocosas, así como las secciones del sureste de los Estados Unidos (sólo *Geosmithia* sp. 21) hasta el norte de la Sierra Madre Oriental, México. En el norte de México, estas cepas de hongos se asociaron con vectores del escarabajo de la corteza que se alimenta del floema, *Phloeosinus serratus* y *P. deleari*, y mostraron la capacidad de desarrollarse en los sistemas de galerías de los insectos en las especies hospederas *Juniperus coahuilensis* y *Juniperus flaccida*, respectivamente. Cada cepa fúngica habita en una comunidad forestal concreta y muestra una asociación específica con los insectos vectores y las plantas hospedadoras. Los datos genéticos y morfológicos sugieren que ambas cepas mexicanas de *Geosmithia* corresponden a nuevas especies potenciales.

## **Artrópodos**

Dentro de las galerías, al momento del descortezado, se encontraron larvas correspondientes al escarabajo depredador, además de registrarse adultos



emergidos de las ramas trampa que fueron llevadas al laboratorio. La especie encontrada atacando las galerías de estos insectos descortezadores es el depredador *Pyticeroidea laticornis*, el cual pertenece a la familia Cleridae, la presencia de sus larvas fue registrada en las galerías de *P. deleari* Blackman en *Juniperus flaccida* Schltl., además de encontrarse alimentándose en las galerías de las ramas trampa de *Juniperus coahuilensis* (Martínez) Gausson ex R.P. Adams.



**Figura 27.** Larva de *Pyticeroidea laticornis* atacando una galería de *Phloeosinus deleari* Blackman (izquierda) y ejemplar adulto de *Pyticeroidea laticornis* (derecha).

Se reporta que la especie *Pyticeroidea laticornis* pertenece al grupo de los depredadores de tipo generalista u oportunista, esta especie mide aproximadamente de entre 4 – 7 mm, cuenta con una amplia distribución en EUA (Leavengood, 2008).

Los adultos de la especie *Pyticeroidea laticornis* han sido observados alimentándose de los huevos y larvas de otras especies de escolítinos en sus sistemas de galerías. También las larvas de este clérico depredan a los adultos, pupas, larvas y huevos de los descortezadores; dentro de las especies que se han registrado como alimento de *P. laticornis* se encuentra *Phloeosinus taxodii* Blackman (Opitz, 2007). Esta especie cuenta con una preferencia por aquellas

presas que se encuentran con vida que, por las muertas ya que en un estudio realizado en Tennessee se observaron comportamientos de *P. latricornis* atacando un descortezador que aparentaba estar muerto y el depredador cesaba el ataque y se alejaba de la presa (Lambdin *et al.*, 2015).

## CONCLUSIONES

1. La especie *Phloeosinus deleoni* Blackman cuenta con un espectro trófico especializado en un solo árbol huésped, ya que de las especies de árboles que fueron utilizadas como ramas trampa para la realización del estudio, este descortezador solo fue atraído a las ramas trampa de *Juniperus flaccida* Schltl.
2. *Phloeosinus deleoni* Blackman no comparte su hospedero con alguna otra especie de descortezador.
3. La sobrevivencia de los insectos es muy baja, se obtuvo un porcentaje de sobrevivencia del 14.3%.
4. El tiempo que tarda en emerger una nueva generación de *P. deleoni* Blackman desde que ingresa la pareja, hasta que emerge el último adulto de la nueva generación, es de aproximadamente de entre 2 – 3 meses (92-116 días).
5. El ciclo biológico de *P. deleoni* Blackman tiene una duración aproximada de 67 días.
6. El promedio de las parejas que colonizan una rama es de 19.
7. *Phloeosinus deleoni* Blackman se encuentra asociado a la especie *Geosmithia* sp. 1 en el estado de Nuevo León.



8. En los sistemas de galerías de *Phloeosinus deleari* Blackman se encuentra un depredador perteneciente a la familia Cleridae el cual tiene la capacidad de alimentarse de individuos en estado larval y adulto.

## REFERENCIAS

- Atkinson, T. H. 2017. Familia Curculionidae: Subfamilia Scolytinae. Cibrián T., D.(ed.). Fundamentos de Entomología Forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México, 306-313.
- Aukema B. & Raffa K. 2004. Comportamiento cilíndrico del *Platysoma adulto* y larvario. (Coleoptera: Histeridae) y larvas de *Medetera bistriata*. (Diptera: Dolichopodidae) durante la depredación subcortical de *Ips pini* (Coleoptera: Scolytidae). J Insect Behav. 17: 115-128.
- Batra, L. R. 1985. Ambrosia beetles and their associated fungi: research trends and techniques. Proc. Plant Sci. 94, 137–148.
- Belhoucine L., Bouhraoua R.T., Meijer M., Equihua Martinez A., Pujade-Villar J. 2011. Mycobiota associated with *Platypus cylindrus* (Coleoptera: Curculionidae, Platypodidae) in cork oak stands of North West Algeria, Africa. African Journal of Microbiology Research, 5 (25), 4411–4423.
- Brar, G. P., Capinera, J. L., Kendra, P. E., McLean, S. and J. E. Peña. 2013. Life Cycle, development and culture of *Xyleborus glabratus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Florida Entomologist, 96(3): 1158-1167.
- Burgos, S., Equihua, M. 2007. Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) de Jalisco, México. Dugesiana, Vol. 14(2), 59-82.
- Cízková D., Srůtka P., Kolarík M., Kubátová A., Pazoutová S. 2005. Assessing the pathogenic effect of *Fusarium*, *Geosmithia* and *Ophiostoma* fungi from broad-leaved trees. Folia Microbiology, 50, 59–62.
- Cruz, M.P.-D. la, Hernández-May, M.A., Cruz-Pérez, A.D. la, and Sánchez-Soto, S. 2016. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos áreas de conservación en Tabasco, México. Rev. Biol. Trop. 64, 335–342.

Farrel, B. D., Squeira, A. S., O'Meara, B. C., Normark, B. B., Chung, J. H., & Jordal, B. H. 2001. The evolution of agricultura in beetles (Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae). *Evolution* 55:2011-2027. DOI: 10.1111/j.0014-3820.2001.tb01318.x.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 970-32-1010-4. Pág. 97.

García, C., Trujillo, F. P., López, J. A., González, R., Carrillo, D., Cruz, L. F., Ruiz, I., Quezada, A. and N. Acevedo. 2016. First report of *Euwallacea nr. fornicatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Mexico. *Florida entomologist*, 99(3): 555-556.

Gries, G., Pierce Jr, H. D., Lindgren, B. S., & Borden, J. H. 1988. New techniques for capturing and analyzing semiochemicals for scolytid beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Economic Entomology*, 81(6), 1715-1720.

Huang, Y. T., Kolařík, M., Kasson, M. T., & Hulcr, J. 2017. Two new *Geosmithia* species in *G. pallida* species complex from bark beetles in eastern USA. *Mycologia*, 109(5), 790-803.

Kirschner, R. 2001. Diversity of filamentous fungi in bark beetle galleries in central Europe. *Trichomyces and other fungal groups*. USA. 175-196 pp.

Kolařík, M, Kubátová, A, Čepička, I, Pažoutová, S, Šrůtka, P. 2005. A complex of three new white-spored, sympatric, and host range limited *Geosmithia* species. *Mycol Res* 109: 1323–1336

Kolařík M., Kostovčík M., Pazoutová S. 2007. Host range and diversity of the genus *Geosmithia* (Ascomycota: Hypocreales) living in association with bark beetles in the Mediterranean area. *Mycological Research*, 111, 1298–1310.

Kolařík, M., Kubátová, A., Hulcr, J., & Pažoutová, S. 2008. *Geosmithia* fungi are highly diverse and consistent bark beetle associates: evidence from their community structure in temperate Europe. *Microbial Ecology*, 55(1), 65-80.

Kolařík, M., Hulcr, J., Tisserat, N., De Beer, W., Kostovčík, M., Kolaříková, Z., Seybold, S.J., Rizzo, D.M. 2017. *Geosmithia* Associated with Bark Beetles and

Woodborers in the Western USA: Taxonomic Diversity and Vector Specificity. *Mycologia*, 109, 185–199.

Kirisits, T. 2004. Fungal associates of European bark beetles with special emphasis on the ophiostomatoid fungi. In: Lieutier F (Ed.) *Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis*. Kluwer Academic Publishers, pp 181–235

Leavengood, J. M. 2008. *The checkered beetles (Coleoptera: Cleridae) of Florida*. Doctoral dissertation, University of Florida.

Lambdin, P., Nix, K., Grant, J., Pausen, D., & Merten, P. 2015. Natural Enemies of the Walnut Twig Beetle in Eastern Tennessee. *International Journal of Research*, 31.

Linnakoski, R.; Wilhelm de Beer, Z.B.; Niemelä, P.; Wingfield, M.J. 2012. Associations of Conifer-Infesting Bark Beetles and Fungi in Fennoscandia. *Insects*. 3, 200–227.

Nowak, J., Asaro, C., Klepzig, K. and Billings, R. 2008. The southern pine beetle prevention initiative: working for healthier forests. *Journal of Forest Entomology*, 106: 261–267.

Opitz, W. 2007. Classification, natural history, and evolution of Epiphloeinae (Coleoptera, Cleridae). Part IV. The genera *Pyticeroidea* Kuwert, 1894 and *Diapromeces*, Opitz, 1997. *Entomologica Basiliensia et Collectionis Frey*, 29: 77–166.

Pitt Schwenke W. 1974. *Die Forstschädlinge Europas*. Band 2, Käfer. Parey Verlag.

Pitt, J. I. 1979. *Geosmithia* gen. nov. for *Penicillium lavendulum* and related species. *Canadian Journal of Botany*, 57(19), 2021-2030.

Reeve, J.D. 1997. Predation and bark beetle dynamics. *Oecologia* 112:48-54.

Six, D. L. 2003. Bark beetle–fungus symbioses. In: Bourtzis K, Miller TA (Eds.) Insect Symbiosis Contemporary Topics in Entomology. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington D. C., pp 97–114.

Taylor, A., Hayes, J., Roton, L., & Moser, J. 1992. A phloem sandwich allowing attack and colonization by bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) and associates. J. Entomol. Sci. Vol. 27. Núm. 4. 311-316 p. Consultado en: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/347662>.

Whitney, H. S. 1982. Relationships between bark beetles and symbiotic organisms. In Bark beetles in North American conifers (pp. 183-211).

Wood, S. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Great Basin Natural Memories 6:1 -1359.

## **CAPÍTULO II DISTRIBUCIÓN POTENCIAL Y REAL DE *Phloeosinus deleari* Blackman**

### **RESUMEN**

Se estimaron las distribuciones real y potencial de *Phloeosinus deleari* Blackman mediante el uso de modelos espaciales basados en datos bioclimáticos y de altitud. Los modelos establecen rangos de tolerancia máximos y mínimos en los que la especie puede distribuirse. Se realizaron modelos a escala nacional con datos de diversas colecciones entomológicas y para el estado de Nuevo León con datos colectados en campo. De acuerdo con los modelos, las zonas montañosas, principalmente la Faja Volcánica Transmexicana son las que tienen la mayor probabilidad de albergar poblaciones de *Phloeosinus deleari* Blackman.

Palabras clave: Distribución potencial y real, *Phloeosinus deleari* Blackman, Perfil bioclimático.

## ABSTRACT

The actual and potential distributions of *Phloeosinus deleari* Blackman were estimated using spatial models based on bioclimatic and altitudinal data. The models establish maximum and minimum tolerance ranges in which the species can be distributed. Models were made on a national scale with data from various entomological collections and for the state of Nuevo León with data collected in the field. According to the models, mountainous areas, mainly the Transmexican Volcanic Belt, are the most likely to harbor populations of *Phloeosinus deleari* Blackman.

Key words: Potential and actual distribution, *Phloeosinus deleari* Blackman, Bioclimatic profile.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de información geográfica (SIG) y los modelos de distribución potencial de especies conforman una herramienta muy importante para generar conocimiento sobre la distribución de las especies en las diversas regiones geográficas (Pliscoff & Fuentes, 2011), facilitando la ubicación e identificación de los centros de biodiversidad (Barthlott *et al.*, 2005). De manera común, se utilizan variables climáticas como base para los modelos de distribución potencial (Palma & Delgadillo, 2014).

En el presente estudio se utilizan variables climáticas y de altitud para determinar la distribución potencial del descortezador *Phloeosinus deleoni* Blackman sobre su hospedero natural *Juniperus flaccida* Schltl., El cual se distribuye en zonas montañosas, normalmente asociado a otras especies del género *Juniperus* Linnaeus o bien en bosques de coníferas en las que se asocia con el género *Pinus* (Estrada-Castillón *et al.*, 2014) o bien en bosques de transición de *Pinus spp.*, *Quercus spp.* y *Abies spp.* (Ayerde & Becerra, 2000).

Dentro de la familia Curculionidae se encuentran varios géneros de importancia forestal de los cuales se mencionan *Dendroctonus*, *Phloeosinus*, *Ips*, *Scolytus*, debido a que causan graves daños al arbolado y llegan a afectar grandes superficies de terreno forestal (DOF, 2018).

*Phloeosinus deleoni* Blackman pertenece a la subfamilia Scolytinae, en este grupo las especies que lo conforman cuentan con diferentes hábitos alimenticios, dentro de los cuales se encuentran la fleofagia, xilomicetofagia, xilofagia, mielofagia, herbifagia y esperatofagia, aunque la mayor parte de las especies se alimentan del floema de las plantas, es decir son floeófagos (Atkinson, 2012).

El descortezador *P. deleoni* Blackman se alimenta del floema de la planta en la que ingresa, ya que una vez que ha realizado el orificio de entrada en el árbol, comienza con la construcción de la galería bajo la corteza, justo en el floema iniciándose así una nueva generación de insectos (Gauna, 1988).



Aunque el tipo de alimentación de esta especie es de las más comunes de la subfamilia Scolytinae, se desconocen aspectos básicos sobre *P. deleari* Blackman, debido a que son muy pocos los registros que se han presentado en el territorio nacional.

De acuerdo con varios autores los registros de *P. deleari* Blackman se han encontrado en varios estados de la república mexicana: Jalisco (Burgos & Equihua, 2007), Nuevo León (Hernández *et al.*, 2020), Michoacán e Hidalgo (Atkinson & Equihua, 1985), de Durango a Oaxaca a alturas que llegan hasta los 2000 msnm, en los bosques compuestos de pino-encino, en el estado de Morelos, en Cuernavaca fue encontrado a alturas de 1850 y 1450 msnm (Atkinson *et al.*, 1986; Madera, 1982), Chihuahua (Atkinson *et al.*, 1986) y de acuerdo con los autores solo se ha reportado atacando individuos de la especie *J. flaccida* Schltld.

Debido a los escasos registros reportados para México en el presente estudio se realizaron modelos de distribución potencial utilizando la información de los registros y de bases de datos en línea, para con ello generar información sobre los factores bioclimáticos que afectan la presencia del insecto, además de ubicar aquellas zonas donde se pueden encontrar nuevos registros de la especie.

## OBJETIVOS

1. Determinar el área de distribución real y potencial de *P. deleari* Blackman en el estado de Nuevo León.
2. Determinar el área de distribución potencial en la República Mexicana.

## METODOLOGÍA

### DATOS DE PRESENCIA

El estudio de la distribución potencial de *Phloeosinus deleari* Blackman en la República Mexicana se realizó con datos geográficos contenidos en diversas colecciones científicas. Para determinar la distribución real y potencial en el estado de Nuevo León se utilizaron además de los datos de las colecciones científicas, los datos tomados en campo.

Las colecciones científicas de las que se obtuvieron datos geográficos para generar los mapas fueron: Colección de Insectos Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León (UANL), Comisión Forestal del Estado de Michoacán, Morelia, Michoacán (COFOM); Colección Científica de Entomología Forestal División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Estado de México, Colección Entomológica del Instituto de Fitosanidad (CEIFIT), Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillos, Estado de México; Colección Nacional de Insectos, Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México (CNIN); Colección Entomológica de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México; Laboratorio de Análisis de Referencia en Sanidad Forestal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Coyoacán; Colección Entomológica del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Coyoacán, Ciudad

de México. Además, de se incluyeron los disponibles en la base de datos en línea “Bark and Ambrosia Beetles” (Atkinson, 2018).

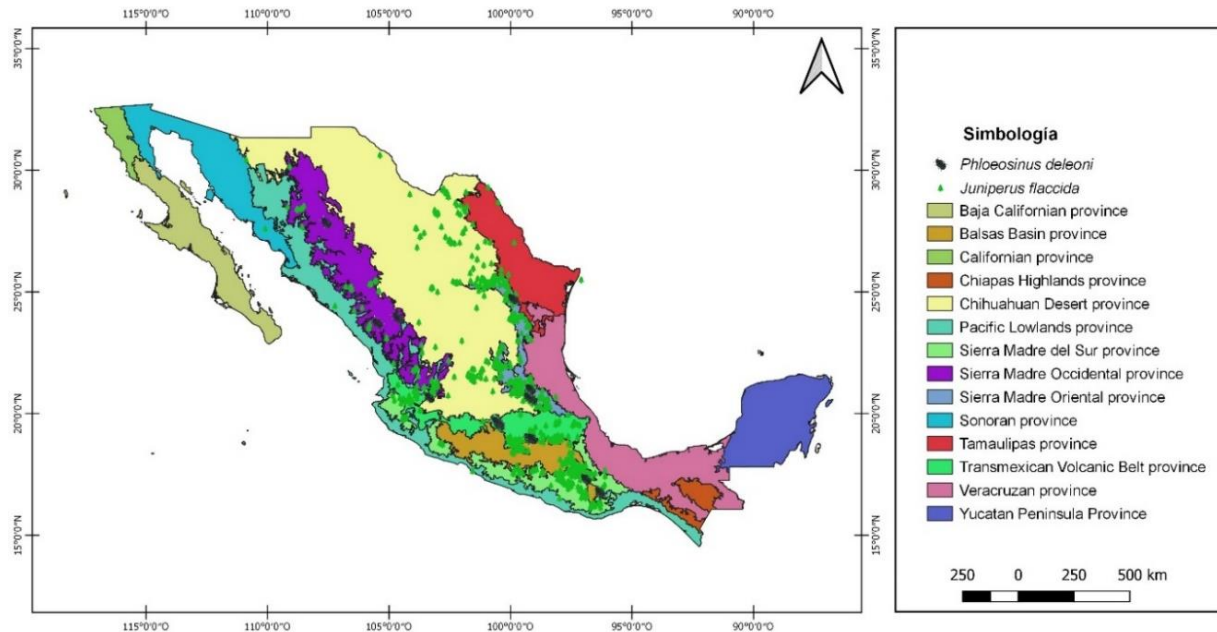
Los datos obtenidos de las colecciones fueron: localidad, coordenadas geográficas, especie hospedante y fecha de recolecta. Los registros sin coordenadas geográficas se geoposicionaron en Google Earth (2020) y se eliminaron datos repetidos.

La identificación morfológica de los ejemplares se realizó utilizando las claves taxonómicas propuestas por Wood (1982).

## **DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA**

Todos los registros geográficos, bibliográficos y de campo mencionan a *Juniperus flaccida* Schlttdl, como el único hospedante para *P. deleoni* Blackman. Debido a esto, se utilizó la distribución de esta conífera como marco de referencia para describir la distribución del insecto y para reconocer posibles disyunciones relacionadas con la naturaleza fisiográfica o ecológica de los hábitats dentro de su área de distribución. Los datos de distribución de *J. flaccida* se obtuvieron del Global Biodiversity Information Facility (GBIF), estos datos fueron proyectados sobre una capa de las provincias geográficas junto con los datos de aparición del insecto.

**Figura 28.** Mapa de los registros encontrados para *P. deleari* Blackman y *J. flaccida* Schltld., en la república sobre las provincias fisiográficas.



## DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

Los modelos de idoneidad de hábitat se estimaron a dos escalas geográficas. El primer modelo fue generado con los datos de las colecciones científicas mencionadas, es decir, considerando todo el intervalo geográfico en el que fue encontrado *P. deleari* y otro, a nivel local, utilizando registros geográficos generados en campo en el municipio de Iturbide, Nuevo León,

Tanto para el análisis estatal como para el nacional se utilizaron 19 variables bioclimáticas obtenidas de WorldClim versión 2 (Fick & Hijmans, 2017) (Cuadro 3). Con estas variables y la altitud se describió el perfil ambiental de *P. deleari* Blackman considerando todas las localidades. Se calcularon los límites de idoneidad de la especie, mediante la media, desviación estándar, tolerancia mínima y tolerancia máxima de cada una de las variables.

Las 19 variables bioclimáticas obtenidas se proyectaron junto con los registros del insecto., Como capa de calibración para el modelado se utilizaron las provincias

biogeográficas (Morrone, 2017; 2019). Los modelos de distribución potencial se estimaron con el algoritmo en el programa DIVA-GIS versión 7.5, y del programa Qgis versión 3.8.2 “Zanzibar”. (Phillips *et al.*, 2021), ya que ha demostrado tener una buena eficiencia con datos escasos y especies raras (Phillips *et al.*, 2006).

Para la realización del modelo de distribución potencial se ingresaron los datos de presencia obtenidos de los registros de las diferentes colecciones entomológicas nacionales, así como los registrados en campo, también se ingresaron los ráster descargados de la página de BIOCLIM, tomando esos valores de presencia, el programa busca lugares que presenten condiciones similares a las que se encuentran presentes en los sitios de registro del insecto descortezador.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Distribución

Para establecer la distribución del hospedero se consideraron 14 registros válidos distribuidos en 8 estados de la república: Chihuahua, Nuevo León, Durango, Jalisco, Hidalgo, Michoacán, Morelos y Oaxaca.

Los registros reportados para *P. deleoni* Blackman se ubican en seis de las diecisiete provincias fisiográficas establecidas por Morrone (2019) para México, los registros se encuentran principalmente en la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), la Sierra Madre Occidental (SMOC), la Cuenca del Balsas (CB), la Sierra Madre de Oaxaca (SMOA), Sierra Madre del Sur (SMS) y la Sierra Madre Oriental (SMOR).

El estudio de los registros permitió ubicar aquellas zonas en México y Nuevo León en donde se encuentran presentes, así como identificar aquellos factores que probablemente se encuentran asociados a la presencia o ausencia del descortezador.

## Hospedantes

Con base en los registros de las colecciones y de campo, el descortezador solo fue encontrado en individuos de la especie *Juniperus flaccida* Schtdl., por lo que presenta una alta especificidad.

Aunque no es el único descortezador perteneciente al género *Phloeosinus* Chapuis que presenta una especificidad alta, ya que *P. baumanni* y *P. tacubaye* solo se han encontrado presentes en la especie *Cupressus spp.* (DOF, 2018).

## Perfil Bioclimático

Para determinar el perfil bioclimático de *P. deleoni* Blackman se utilizaron los datos proporcionados por BIOCLIM, se presentan las 19 variables (Tabla 3), además de incluir en la tabla la altitud, este perfil se utiliza para identificar otros lugares donde puede ser encontrada la especie, en la tabla los límites de idoneidad están representados por la media, la desviación estándar, la tolerancia máxima y mínima.

**Tabla 4.** Perfil bioclimático de *P. deleoni* Blackman para cada locación (datos obtenidos de BIOCLIM).

	Min.	Mean	Max	SD
BIO1 = Annual Mean Temperature (°C)	10.888	16.591	19.617	2.824
BIO2 = Mean Diurnal Range (°C)	13.108	15.190	18.350	1.300
BIO3 = Isothermality	57.524	66.275	74.210	4.646
BIO4 = Temperature Seasonality	138.451	235.803	501.350	98.366
BIO5 = Max Temperature of Warmest Month (°C)	21.700	27.908	32.600	2.644
BIO6 = Min Temperature of Coldest Month (°C)	-4.700	4.846	9.000	3.721
BIO7 = Temperature Annual Range	19.000	23.062	31.900	3.068

BIO8 = Mean Temperature of Wettest Quarter (°C)	14.267	18.414	21.700	2.179
BIO9 = Mean Temperature of Driest Quarter (°C)	10.717	15.164	19.117	2.744
BIO10 = Mean Temperature of Warmest Quarter (°C)	14.733	19.285	22.467	2.172
BIO11 = Mean Temperature of Coldest Quarter (°C)	5.533	13.531	17.850	3.655
BIO12 = Annual Precipitation (mm)	566.000	832.385	1297.000	193.082
BIO13 = Precipitation of Wettest Month (mm)	108.000	183.538	272.000	46.943
BIO14 = Precipitation of Driest Month (mm)	5.000	8.692	15.000	3.706
BIO15 = Precipitation Seasonality (mm)	71.918	94.133	116.664	12.408
BIO16 = Precipitation of Wettest Quarter (mm)	262.000	472.538	754.000	143.718
BIO17 = Precipitation of Driest Quarter (mm)	18.000	35.692	61.000	13.561
BIO18 = Precipitation of Warmest Quarter (mm)	194.000	302.538	681.000	131.859
BIO19 = Precipitation of Coldest Quarter (mm)	23.000	57.769	207.000	49.258
Altitude	1527.000	1977.231	2721.000	368.190

### Modelo de Distribución Potencial

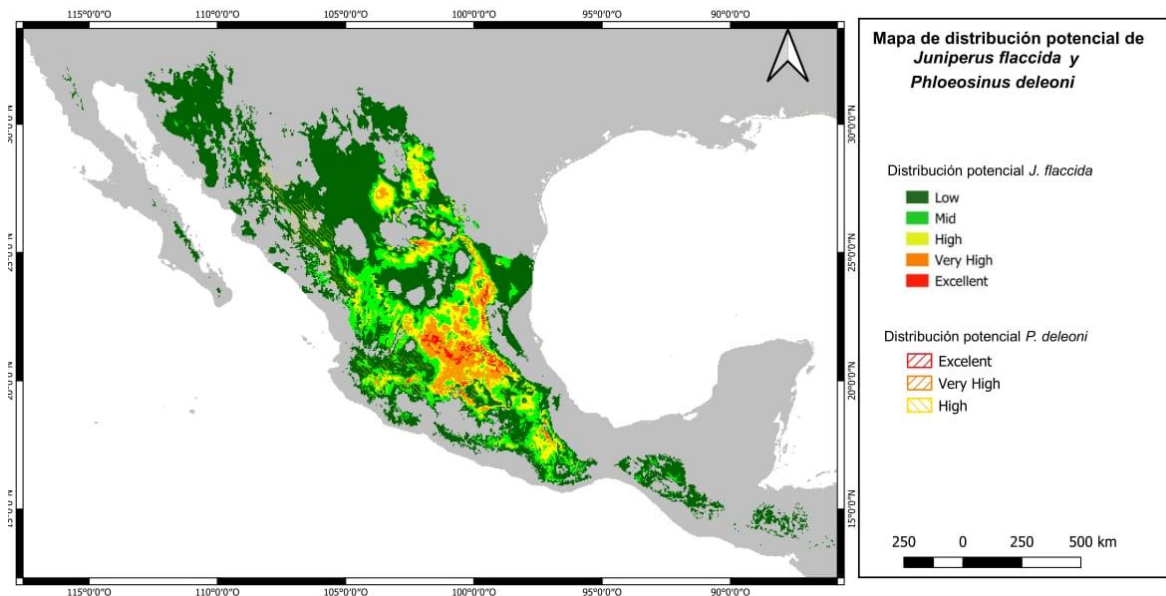
La distribución potencial que fue establecida para el descortezador *Phloeosinus deleoni* Blackman en México (Figura 29), mostró que las zonas que presentan idoneidad climática alta se ubican principalmente en la FVT, la SMOC, la CB, la SMOA, SMS y la SMOR, en la FVT y en SMOA se presentaron áreas que cuentan con probabilidades de altas a excelentes, en la SMOC se presentan áreas que van de muy altas a altas, y finalmente en la CB, SMS y SMOR solo presentan áreas con clasificación alta.

Dentro de las áreas en las que el insecto fue reportado, se presentan sitios con idoneidad excelente que son discontinuos, ya que se encuentran principalmente en los estados de Oaxaca, Puebla, Hidalgo, Michoacán, Jalisco, Guanajuato, los cuales se ubican en las provincias fisiográficas de la Cuenca del Balsas, la Sierra Madre del Sur y la Faja Volcánica Transmexicana, y los que presentan idoneidad alta se presentan en polígonos discontinuos en tres áreas: La primera en las provincias FVT, SMS y CB (Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Querétaro, Hidalgo, Morelos, D. F., Tlaxcala, Puebla y Oaxaca) , la

segunda en la provincia SMOC (Durango y Chihuahua) y la tercera en SMOR (Nuevo León y Tamaulipas).

*P. deleari* Blackman se presenta en cinco de las catorce provincias fisiográficas del país propuestas por Morrone (2019). Las áreas de idoneidad se distribuyen en: la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), la Cuenca del Balsas (CB), la Sierra Madre del Sur (SMS), la Sierra Madre Occidental (SMOC) y la Sierra Madre Oriental (SMOR), por lo tanto, los muestreos futuros deberían de concentrarse en dichas áreas, sobre todo en las partes altas ya que los registros se presentaron en un rango de altitud de los 1500 msnm a los 2700.

**Figura 29.** Mapa de distribución potencial del huésped *P. deleari* Blackman y hospedero *Juniperus flaccida* Schltld., en México.



*P. deleari* se encuentra distribuido en las partes altas de las provincias, en cambio el *J. flaccida* cuenta con una distribución más amplia debido a su mayor tolerancia a diversas condiciones climáticas y tipos de suelo.

De acuerdo con las variables climáticas que fueron seleccionadas, como se observa en la figura 29, la presencia de la especie *P. deleari* Blackman no se



encuentra en todos los lugares donde se distribuye su hospedero, ya que donde potencialmente puede ser encontrado con mayor certeza son zonas muy escasas en comparación con la distribución de su hospedero, por otro lado la distribución potencial arrojada por el modelo para *P. deleari* Blackman lo ubican en las zonas de idoneidad de hábitat excelente y muy alta de *J. flaccida* Schltldl.

De acuerdo con bioclimático de *Phloeosinus deleari* Blackman es necesario que exista una temperatura media anual de 16°C, precipitación media anual de aproximadamente 800 mm, además de un rango de altitud de va de los 1500 – 2700 msnm, lo que lo ubica en las partes altas de las montañas.

En este rango de altitud se encuentran presentes los bosques de encino – pino, chaparrales – bosques de encino, bosques de encino, chaparrales, matorrales subinermes – bosques de encino y bosques de pino – encino (INEGI, 1976).

Los requerimientos ambientales para *Juniperus flaccida* Schltldl son: un rango de altitud que va de 900 – 2900 msnm, además de suelos someros a medio someros (Aguilera, 2001).

La especie, conforma comunidades con otras especies del género *Juniperus* L., es encontrada en áreas méxicas, laderas, en las partes medias de las montañas, asociada a encinares y bosques de pino en ecosistemas templados, comúnmente ha sido registrada en lugares de transición entre matorrales y chaparrales hacia bosques de coníferas (Estrada-Castillón *et al.*, 2014).

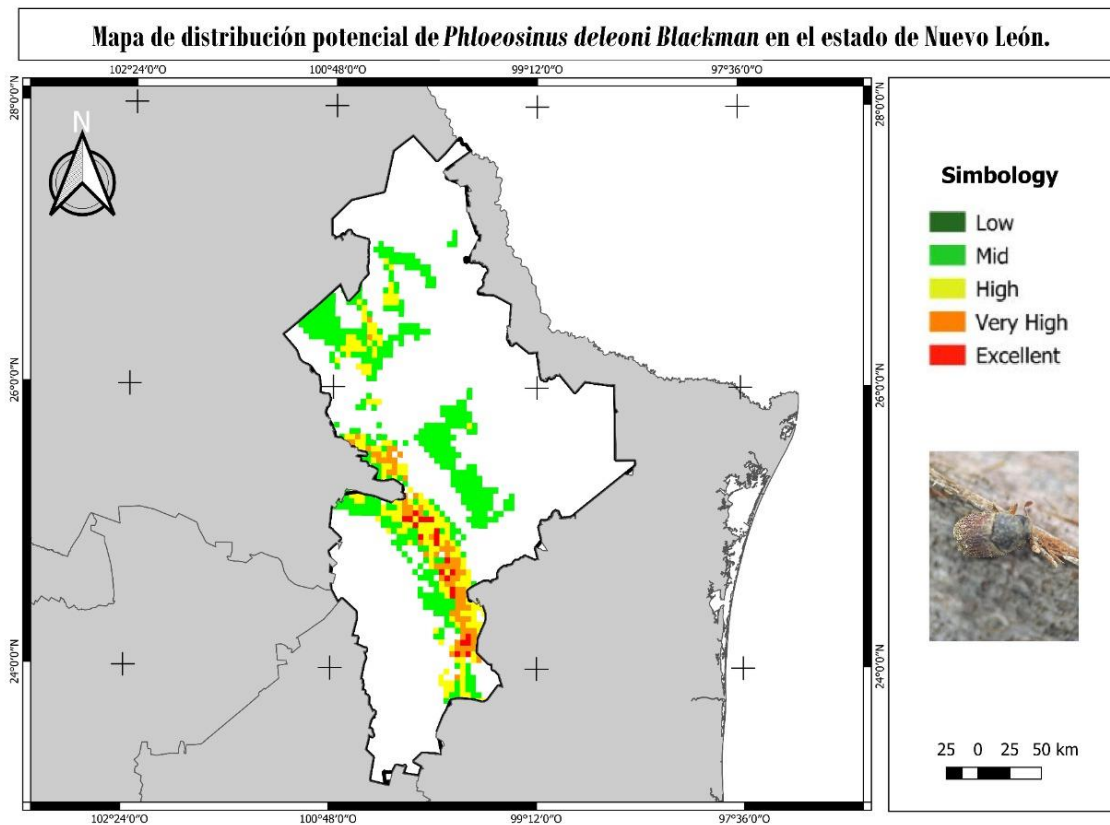


**Figura 30.** *J. flaccida* Schltl., en zona de transición de matorral a bosque de coníferas en el municipio de Iturbide, Nuevo León

La distribución potencial de ambas especies (hospedero y hospedante), se encuentra distribuida en las cadenas montañosas del territorio nacional principalmente en la FVT, CB, SMS, SMOC y SMOR.

En el estado de Nuevo León, la distribución potencial de *P. deleari* Blackman no es exclusiva de la parte de la SMOR que se encuentra en el estado, ya que, se presentan áreas en las cuales, aunque es baja la posibilidad de encontrar el insecto, estas presentan características idóneas para que el escarabajo se desarrolle.

**Figura 31.** Mapa de distribución potencial de *Phloeosinus deleari* Blackman en el estado de Nuevo León.



De acuerdo con modelo de idoneidad realizado para el estado de Nuevo León, el insecto se encuentra en los municipios: Iturbide, Aramberri y Rayones, ya que estos municipios se ubican en la SMOR, en cuanto a aquellos que presentan idoneidad muy alta a alta se encuentran en los municipios de Galeana, Santiago, Santa Catarina, Mina, Bustamante y Villaldama, y los municipios que presentan idoneidad alta son: Lampazos de Naranjo y Sabinas Hidalgo, los cuales se ubican en la provincia de Tamaulipas.

Debido a las características que presenta la SMOR se pueden encontrar en ella climas cálidos con ecosistemas tropicales en la parte baja de la montaña, además de presentar climas muy fríos en las partes altas, el punto más alto registrado en la SMOR es el cerro del Potosí, debido a las características que presenta esta formación montañosa es considerada un conjunto de biotas (Spehn *et al.*, 2010) la cual se conforma de un conjunto de sierras plegadas (Eguiluz de Antuñano *et al.*, 2000), en cuanto a las estructuras que la conforman son de tipo anticlinal (Chávez *et al.*, 2011), estas características permiten que se presenten en ellas sitios de idoneidad de hábitat para el descortezador *P. deleoni* Blackman.

## CONCLUSIONES

1. En el estado de Nuevo León la distribución potencial de *P. deleoni* Blackman se encuentra principalmente en la SMOR.
2. En la república mexicana, el modelo bioclimático muestra que las zonas más aptas para la distribución de *P. deleoni* Blackman son: FVT y SMOA caracterizadas por bosques templados y altitudes de hasta 3 000 msnm, con climas templados subhúmedos.
3. Los rangos de tolerancia climática de *Phloeosinus deleoni* Blackman son más reducidos que los rangos de *Juniperus flaccida* Schtdl; por lo que se espera que existan zonas de distribución de *Juniperus flaccida* Schtdl en las que no existan poblaciones de *P. deleoni* Blackman.
4. *P. deleoni* Blackman tiene su hábitat óptimo en las partes altas de las montañas que es donde se encuentran las condiciones bioclimáticas adecuadas.

## REFERENCIAS

Aguilera, M. 2001. Ficha técnica *Juniperus flaccida* Schlechtendal. Archivo personal. CONAFOR, CONABIO, SIRE-Paquetes Tecnológicos.

Atkinson, T. 2018. Bark and Ambrosia Beetles. Consultado en: <https://www.barkbeetles.info/>

Atkinson, T.H. 2012. Estado de conocimiento de la taxonomía de los escarabajos descortezadores y ambrosiales de México. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Memorias XVI Simposio Nacional de Parasitología Forestal, Cuernavaca, Morelos, 26-28 octubre 2011. pp. 13-27.

Atkinson, T., Saucedo, E., Martínez, E. & Burgos, A. 1986. Coleópteros y Platypodidae asociados con las comunidades vegetales de clima templado y frío en el estado de Morelos, México. Acta zoológica mexicana 17. Consultado en: <http://www.acuedi.org/ddata/F2716.pdf>

Atkinson, T. & Equihua, A. 1985. Notes on biology and distribution of mexican and central american Scolytidae (Coleoptera). I. Hylesininae, Scolytidae except Cryphalini and Corthylini. Centro de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Chapingo 56230, México, México. The Coleopterists Bulletin, 39(3):227-238.

Ayerde L., D. & Becerra, F. 2000. Avances sobre el conocimiento ecológico e importancia económica del enebro en el Estado de Guerrero. Memorias del V Foro de Estudios sobre Guerrero. Acapulco, Gro. 54-56. pp

Barthlott, W., Mutke, J., Rafiqpoor, M. D., Kier, G., y Kreft, H. 2005. Global centers of vascular plant diversity. Nova Acta Leopoldina, 92, 61–83.

Burgos-Solorio A. & Equihua M., A. 2007. Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) de Jalisco, México. *Dugesiana*, 14: 59-82. Chávez Cabello, G., Torres Ramos, J., Porras Vázquez, N., Cossio Torres, T., & Aranda Gómez, J. 2011. Evolución estructural del frente tectónico de la Sierra Madre Oriental en el Cañón Santa Rosa, Linares, Nuevo León. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63(2), 253-270. Recuperado el 21 de junio de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-33222011000200009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222011000200009&lng=es&tlng=es).

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2018. Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2017, Que establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores.

Eguiluz de Antuñano, S., Aranda-García, M., Marrett, R., 2000, Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 53, 1–26.

Estrada-Castillón, E.; Villarreal-Quintanilla, J.A.; Salinas-Rodríguez, M.M.; Encina-Domínguez, J.A.; Cantú-Ayala, C.M.; González-Rodríguez, H.; Jiménez-Pérez, J. 2014. Coníferas de Nuevo León, México; Universidad Autónoma de Nuevo León: Nuevo León, México.

Fick, S., & Hijmans, R. 2017. Worldclim Global Climate Data: WorldClim Version2 (en línea). Estocolmo, Suecia, Stockholm Environment Institute.

Gauna, P. 1988. Plagas Forestales. Universidad de Guadalajara. Facultad de Agricultura. Guadalajara, Jalisco.

Hernández, J., Cuéllar, G., Aguirre, N., Tanaca, L., Hernández, C., & Armendáriz, F. 2020. Phylogenetic Position of *Geosmithia* spp. (Hypocreales) Living in *Juniperus* spp. Forests (Cupressaceae) with Bark Beetles of *Phloeosinus* spp. (Scolytinae) from the Northeast of Mexico. *Forests*, 11(11), 1142. DOI: 10.3390/f11111142

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (INEGI). 2001. Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1: 1 000 000. Serie 1.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (INEGI). 1976. Carta de uso de suelo y vegetación. Iturbide GI4C67. Tamaulipas y Nuevo León.

MARTÍNEZ M., M. 1963. Las pinaceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 400 p.

Morrone, J. 2019. Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. Revista mexicana de biodiversidad, 90, e902980. Epub 12 de febrero de 2019. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>

Morrone, J. 2017. Biogeographic regionalization of the Sierra Madre del Sur province, Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad, 88(3), 710-714.

Palma O., S. & Delgadillo J. R. 2014. Distribución potencial de ocho especies exóticas de carácter invasor en el estado de Baja California; México. Botanical Sciences 92(4): 587-597.

Pliscoff, P. & Fuentes T. 2011. Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. Revista de Geografía de Norte Grande 48: 61-79.

Spehn, E. M., Rudmann-Maurer, K., Korner, C., & Maselli, D. 2010. Mountain Biodiversity and Global Change. Basel, GMBA-DIVERSITAS.

Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad, 87, 559–902.

Wood, S. 1982. "Classification," Great Basin Naturalist Memoirs: Vol. 6, Article 6. Available at: <https://scholarsarchive.byu.edu/gbnm/vol6/iss1/6>