



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

Estudio comparativo de *Dendroctonus valens* y *D. rhizophagus* (Curculionidae: Scolytinae) y sus hongos asociados

NORMA LEÓN GARCÍA

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

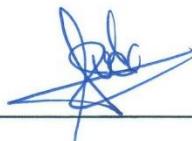
2013

La presente tesis titulada **Estudio comparativo de *Dendroctonus valens* y *D. rhizophagus* (Curculionidae: Scolytinae) y sus hongos asociados**, realizada por la alumna **Norma León García** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ

ASESOR



DR. JESÚS MONTOYA MENDOZA

ASESOR



M.C. JORGE VALDEZ CARRASCO

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Abril de 2013.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme el apoyo para realizar mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados por darme la oportunidad de realizar mis estudios.

A mi consejero el Dr. Armando Equihua Martínez por sus enseñanzas, comprensión, paciencia y apoyo en todo momento. Muchas gracias.

Al M. C. Jorge Valdez Carrasco por brindarme el tiempo necesario para asesorarme, por sus valiosos comentarios y recomendaciones que ayudaron a enriquecer este trabajo.

Al Dr. Jesús Montoya Mendoza por brindarme su apoyo incondicional en todo momento; tanto en lo académico como en lo personal. Gracias por todo.

Al Dr. Omar Pérez Vera y al Dr. Dionisio Alvarado Rosales por su apoyo en la revisión de los hongos.

A Daniel Quintero por su apoyo con el diseño de las galerías.

A Nuvia Orduño (Nubecita) por toda la paciencia, el apoyo, los consejos y también por tu amistad.

A Paty Chaires, Jesús Acuña, Haidel Vargas, Rosario Ramírez, por su apoyo en todo momento. Gracias porque el tiempo compartido fue el suficiente para que se convirtieran en mis grandes amigos.

A las personas que más que compañeros llegaron a ser mis amigos y con los que compartí muchos momentos agradables: Celi, Offe, Edith, Martita, Edgar, Lupita, Laura, Lidia, Mauricio.

DEDICATORIA

A mis padres Hortencia García Palma y Gabriel León Méndez por apoyarme siempre en cada una de mis decisiones, por sus sabios consejos y por enseñarme que en la vida hay que luchar cada día para salir adelante. Los quiero mucho!

A mi esposo J. Manuel Cruz Larios por estar a mi lado siempre (aun en la distancia) apoyándome incondicionalmente, por tus consejos, por confiar en mí, por impulsarme y ayudarme a salir adelante desde siempre, por enseñarme a valorar lo que la vida nos da cada día, por ser la mejor parte de mi vida y por tu comprensión. TE AMO.

A mis hermanos Jesús, Adrian, Gabriel y Daniel por su apoyo en cada momento y en cada etapa de mi vida. A mis cuñadas Olga, Carmen, Coco y Alma porque junto con mis hermanos me dieron unos sobrinos maravillosos. Los quiero.

A mi hermana Imelda por ser un apoyo importante en mi vida desde siempre, por tus buenos deseos y por enseñarme caminos que no conocía. Te quiero. A mí cuñado Javier Quintero por su apoyo en todo momento. Muchas gracias!

A mi hermana Hortencia por compartir conmigo tantas alegrías, aventuras y sobre todo por enseñarme que la vida tiene otros matices. Gracias por estar conmigo siempre. Te quiero Horte.

A mis sobrinos Adrian, Adriana, Gaby, Bety, Citla, Mane, Dalai, Ángel y Lupita, por ser el alma de la familia y por enseñarme a disfrutar las pequeñas cosas de la vida. Lo amo con todo mi corazón.

A Gloria Larios Suarez por su apoyo y sabios consejos. Gracias.

A Gloria Isela por tu amistad y buenos deseos desde el primer día.

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS	5
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
3.1. El género <i>Dendroctonus</i> en México	6
3.2. Distribución de <i>Dendroctonus valens</i> y <i>D. rhizophagus</i> y sus hospederos en México	8
3.3. Diferencias morfológicas entre <i>Dendroctonus valens</i> y <i>D. rhizophagus</i>	9
3.4. Hongos causantes de daños en la madera aserrada	12
3.5. Hongos asociados a descortezadores.....	12
3.6. Hongos asociados al género <i>Dendroctonus</i>	13
3.7. Hongos asociados a <i>Dendroctonus valens</i> y <i>D. rhizophagus</i>	17
4. MATERIALES Y MÉTODO.....	18
4.1. Zona de estudio y colecta de material entomológico.....	18
4.2. Comparación morfológica.....	20
4.3. Obtención de muestras en campo para hongos asociados a descortezadores	21
4.4. Aislamiento de hongos	21
4.5. Identificación morfológica de hongos asociados	22
4.6. Patrones de galerías	22
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
5.1. Morfología externa de <i>Dendroctonus valens</i> y <i>D. rhizophagus</i>	24
5.1.1. Tamaño del cuerpo.....	24
5.1.2. Color del cuerpo	25
5.1.3. Cabeza	27
5.1.4. Tórax	36
5.2. Morfología interna de <i>Dendroctonus valens</i> y <i>D. rhizophagus</i>	48
5.2.1. Abdomen	48
5.2.2. Genitalia femenina.....	51
5.2.3. Genitalia masculina	52
5.3. Hongos asociados a <i>Dendroctonus valens</i> y <i>D. rhizophagus</i>	53

5.4. Patrones de galerías de <i>Dendroctonus valens</i> y <i>D. rhizophagus</i>	54
6. CONCLUSIONES.....	59
7. LITERATURA CITADA.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características comparativas de <i>D. valens</i> y <i>D. rhizophagus</i>	10
Cuadro 2. Aspectos de historia de vida del genero <i>Dendroctonus</i> y su asociación con hongos (Pérez, 2009).....	15
Cuadro 3. Comparación morfológica de <i>D. valens</i> y <i>D. rhizophagus</i>	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Colecta de <i>D. valens</i> (a, predio en Tlaxcala con árboles talados, b, tocón quemado de Puebla, c, grumo de aserrín en la base del tocón, d, raíz con orificio de entrada y aserrín, e, adultos y huevos en galería, f, adulto).....	19
Figura 2. Revisión de muestras para galerías de <i>D. valens</i> (a, raíz con aserrín, b-c, orificios de entrada, resina y aserrín en raíz, d, remoción de corteza).	23
Figura 3. Vista lateral de <i>D. valens</i> (a, macho; c, hembra) y <i>D. rhizophagus</i> (b, macho; d, hembra).Escalas: 1 mm.....	25
Figura 4. Vista dorsal de <i>D. valens</i> (a, macho; c, hembra) y <i>D. rhizophagus</i> (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.....	26
Figura 5. Frente de <i>D. valens</i> (a, macho; c, hembra) y <i>D. rhizophagus</i> (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.....	28
Figura 6. Puntuaciones de la frente de <i>D. valens</i> (a, macho; c, hembra) y <i>D. rhizophagus</i> (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.	29
Figura 7. Vista lateral de <i>D. valens</i> (a, macho; c, hembra) y <i>D. rhizophagus</i> (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.....	30
Figura 8. Proceso epistomal de <i>D. valens</i> (a, macho; c, hembra) y <i>D. rhizophagus</i> (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.....	31
Figura 9. Área lateral de la cabeza de <i>D. valens</i> (a, macho; c, hembra) y <i>D. rhizophagus</i> (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.	33
Figura 10. Antenas de <i>D. valens</i> (a, macho; c, hembra) y <i>D. rhizophagus</i> (b, macho; d, hembra). Escalas: 100 µm.....	35
Figura 11. Puntuaciones del pronoto de las hembras de <i>D. valens</i> (a) y de <i>D. rhizophagus</i> (b). Escalas: 1 mm.	37
Figura 12. Vista dorsal del pronoto de <i>D. valens</i> (a, macho; c, hembra) y <i>D. rhizophagus</i> (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.	37
Figura 13. Vista lateral del declive de <i>D. valens</i> (a, macho; c, hembra) y <i>D. rhizophagus</i> (a, macho; b, hembra). Escalas: 1 mm.	40
Figura 14. Crenulaciones del declive elitral de <i>D. valens</i> (a, macho; c, hembra) y <i>D. rhizophagus</i> (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.....	41

Figura 15. Crenulaciones y puntuaciones del declive elitral de las hembras de <i>D. valens</i> (a, c) y <i>D. rhizophagus</i> (b, d). Escalas: 1 mm.	42
Figura 16. Área anterior del declive elitral de las hembras de <i>Dendroctonus valens</i> (a) y <i>D. rhizophagus</i> (b). Escalas: 1 mm.	42
Figura 17. Esternito VIII de <i>D. valens</i> (a, macho; c, hembra) y <i>D. rhizophagus</i> (b, macho; d, hembra). Escalas: 100 μ m.	48
Figura 18. Terguito VIII de <i>D. valens</i> (a, macho; b, hembra) <i>D. rhizophagus</i> (b, macho; d, hembra). Escalas: 100 μ m.	51
Figura 19. Espermateca, a, <i>D. valens</i> ; b, <i>D. rhizophagus</i> . Escalas: 100 μ m.	52
Figura 20. Vista ventral del Edeago, a, <i>D. valens</i> ; b, <i>D. rhizophagus</i> . Escalas: 100 μ m.	53
Figura 21. Vista lateral del Edeago: a, <i>D. valens</i> ; b, <i>D. rhizophagus</i> . Escalas: 100 μ m.	53
Figura 22. Diseño de sistema de galerías de <i>D. valens</i> (a, lineal) y <i>D. rhizophagus</i> (b, espiral).	56
Figura 23. Sistemas de Galerías de <i>D. valens</i> (a, b) y <i>D. rhizophagus</i> (c, d).	57
Figura 24. <i>Dendroctonus valens</i> . a) Galería lineal, b) huevos y adulto, c) pupa, d) imago.	58

**Estudio comparativo de *Dendroctonus valens* y *D. rhizophagus*
(Curculionidae: Scolytinae) y sus hongos asociados.**

**Norma León García, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2013.**

Resumen

En el presente trabajo se realizó una comparación morfológica de *Dendroctonus valens* y *D. rhizophagus*, las cuales son especies muy similares morfológicamente y esto dificulta la identificación adecuada y por lo tanto la separación de las especies. Lo anterior es importante cuando se requiere dar manejo a las plagas forestales debido a que cuando se desea aplicar algún tipo de control es importante conocer e identificar adecuadamente de qué especie se trata. El objetivo principal para este estudio fue realizar una comparación de las características morfológicas diferenciales externas e internas de ambas especies que ayuden a la identificación adecuada de las mismas, además de aislar sus hongos asociados y estudiar el sistema de galerías para estos descortezadores. Se realizaron colectas para la obtención del material entomológico en los estados de Puebla, Tlaxcala y Chihuahua. Una vez obtenido el material, se realizó el estudio de la comparación morfológica externa e interna. Se realizaron siembras de estructuras de hongos encontradas en las galerías de los insectos. Se obtuvieron diferencias importantes en el área posterolateral de la cabeza, en el terguito VIII (en machos y hembras) y en la espermateca que ayudan a la clara identificación de las especies, además se corroboraron algunas de las características diferenciales estudiadas anteriormente. Se encontró a *Aspergillus* sp y *Penicillium* sp en *D. rhizophagus*. El sistema de galerías para *D. valens* fue lineal y para *D. rhizophagus* en espiral.

Palabras clave: *Dendroctonus valens*, *D. rhizophagus*, Terguito VIII, espermateca, hongos.

**Comparative study of *Dendroctonus valens* and *D. rhizophagus*
(Curculionidae: Scolytinae) and their associated fungi.**

**Norma León García, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2013.**

Abstract

A morphologic comparison of *Dendroctonus valens* and *D. rhizophagus* was realized. These species are similar morphologically which makes difficult identification and its separation. This is important when handling occurs to the forest pests. The objective of the study was to realise a comparison of morphological characters, external and internal, that help the suitable identification of the species, furthermore to isolate the associate fungi and to study the systems of galleries. Collections were made in the states of Puebla, Tlaxcala and Chihuahua. An external and internal morphological comparison was made. Structures of fungi found in galleries of insects were seeded. There are significant differences in the posterior lateral area of the head, tergum VIII (males and females) and the spermatheca that help clear identification of the species, also typical studied differentials were corroborated previously, and it found to *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. in *D. rhizophagus*. The gallery for *D. valens* was linear and for *D. rhizophagus* in spiral.

Keywords: *Dendroctonus valens*, *D. rhizophagus*, tergum VIII, spermatheca, fungi.

I. INTRODUCCIÓN

La superficie forestal de México reportada para el 2007 fue de 144, 529, 211 hectáreas; de éstas, los bosques templados ocupan una superficie de 33, 493, 391 hectáreas (FAO, 2011). Estos bosques están compuestos principalmente por especies de coníferas y frecuentemente son afectados por plagas y enfermedades (Granados *et al.*, 2007); existen varios factores que contribuyen en su aparición: incendios forestales, períodos de sequía prolongados, competencia y susceptibilidad de árboles viejos y enfermos, la falta de aplicación de prácticas silviculturales (poda, raleo, reforestación, etc.) (Jiménez *et al.*, 2005). Entre las plagas que afectan a estos ecosistemas se encuentran los insectos descortezadores de la subfamilia Scolytinae, estos escarabajos aprovechan el debilitamiento de las plantas, provocadas al principio por enfermedades o por estrés hídrico resultado de la acción de factores ambientales, lo que deriva en casos extremos en la muerte de los árboles, es por ello que estos insectos son considerados de importancia forestal, frutícola y ornamental (Burgos y Equihua, 2007). Los escolítidos comprenden varios grupos en cuanto a sus hábitos alimentarios, uno de ellos es el de los descortezadores que son insectos que se alimentan del floema y cambium. Se les denomina de esta manera debido a que hacen túneles en la corteza de los árboles y horadan el cambium de sus hospedantes dañando la madera y el paisaje (Landaverde, 2001). Son considerados el grupo más importante de los insectos forestales que ataca coníferas (Cibrián *et al.*, 1995). Estos insectos dañan principalmente a las Pinaceae, grupo de árboles importantes por su madera comercial e industrial. En muchos bosques de Norte y Centro América han ocasionado grandes daños y pérdidas por muerte de árboles y disminución de la producción maderera (Landaverde, 2001).

Los descortezadores considerados de mayor importancia económica pertenecen al género *Dendroctonus* (Landaverde, 2001), del orden Coleoptera, familia Curculionidae, subfamilia Scolytinae (Triplehorn y Johnson, 2005). El género fue descrito en 1836 por W. E. Erickson (Rose, 1964) y se reconoce por

ser de color café oscuro a negro, aunque algunas especies son rojizas. La frente es convexa y a menudo puede llevar elevaciones o tubérculos. Los ojos ovales y enteros. Las antenas tienen un funículo formado por cinco segmentos, que dan base a una clava aplanada y subcircular que lleva tres suturas marcadas por setas. La cabeza es visible desde la vista dorsal. Cuerpo cilíndrico, pronoto más ancho que largo. Los élitros tienen estrías e interestrías terminando en un declive elitral convexo y cubierto con setas que según su tamaño y abundancia, sirven para identificar a las especies (Cibrián *et al.*, 1995).

Por su comportamiento durante la colonización de sus huéspedes estos pueden clasificarse como *especies primarias o secundarias*. Las **especies primarias** inician la colonización de árboles susceptibles y son capaces de vencer la resistencia del árbol; mientras que las **especies secundarias** arriban al huésped una vez que éste ha sido colonizado por algún descortezador primario y rara vez provocan la muerte del huésped (Cibrián *et al.*, 1995, SEMARTNAT 2005 citado por Salinas *et al.*, 2010); sin embargo, es importante mencionar que bajo determinadas circunstancias estas últimas podrían llegar a comportarse como plagas primarias (Landaverde, 2001).

Por otro lado, se sabe que la relación que existe entre descortezadores y hongos es compleja, ya que los descortezadores que colonizan coníferas se asocian frecuentemente con hongos que son introducidos en el árbol durante el proceso de ataque del descortezador (Paine *et al.*, 1997). Generalmente esta asociación se da con hongos filamentosos en Ascomycotina y Basidiomycotina donde se presenta una simbiosis y además puede existir una relación de antagonismo, comensalismo, mutualismo obligado o facultativo (Pérez, 2009). Se sugiere que de esta asociación ambos se benefician; los hongos obtienen el transporte hacia nuevos hospederos y los descortezadores se benefician porque se alimenta de los hongos o bien debido que los hongos contribuyen a la muerte de los árboles hospedantes debido a la penetración del micelio en los tejidos (Paine *et al.*, 1997). Debido a esto se han realizado trabajos sobre

descortezadores y sus hongos asociados, entre ellos podemos mencionar a Terrazas, 2006, Lu *et al.*, 2008, Lu *et al.*, 2008, Pérez *et al.*, 2009; Lu *et al.*, 2009, Pérez *et al.*, 2011.

Las especies *Dendroctonus valens* y *D. rhizophagus* son consideradas muy cercanas, tanto morfológicamente como filogenéticamente y aunque la parte morfológica incluye algunos caracteres diferenciales su separación siempre ha sido controversial. Debido a ello se planeó el presente estudio con los siguientes objetivos:

2. OBJETIVOS

- Realizar una comparación morfológica interna y externa de *Dendroctonus valens* y *D. rhizophagus*.
- Aislar e Identificar los hongos asociados a *D. valens* y *D. rhizophagus*.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. El género *Dendroctonus* en México

El género *Dendroctonus* comprende 19 especies y 1 subespecie, de las cuales 17 se encuentran en Norte y Centro América y sólo 2 en Asia y Europa (Armendáriz-Toledano *et al.*, 2012). En México se encuentran 12 especies: *D. frontalis*, *D. mexicanus*, *D. brevicomis*, *D. adjunctus*, *D. parallelcollis*, *D. approximatus*, *D. jeffreyi*, *D. ponderosae*, *D. pseudotsugae*, *D. rhizophagus*, *D. valens* y *D. vitei* (Zúñiga *et al.*, 1999). De las anteriores, las especies que pueden tornarse en plagas primarias de los bosques de pino en México son: *D. frontalis*, *D. mexicanus*, *D. rhizophagus* y *D. adjunctus* (Salinas-Moreno *et al.*, 2010).

De estas *D. rhizophagus* es una especie importante reportada principalmente en la Sierra Madre Occidental, ataca y mata arboles de renuevo con diámetros menores a los 5 cm y no mayores a los 3 m de altura (rangos 1-3 m), aunque muestra preferencias por los brinzales de 0.2-1.2 m (Cibrián *et al.*, 1995). Por otro lado, se encuentra *D. valens* que es una especie secundaria que infesta con éxito tocones, árboles moribundos, árboles enfermos con diámetros mayores a los 20 cm (Wood, 1982); generalmente se encuentra en la porción basal de los árboles que han sido atacados por un descortezador primario; esta especie es menos frecuente hasta el primer metro de altura y raramente rebasa la misma (Cibrián *et al.*, 1995). En Norteamérica no es considerada de importancia económica ya que regularmente se encuentra asociada en el mismo árbol con alguna especie agresiva; sin embargo, cabe mencionar que en China fue introducida accidentalmente en los 1980's y en los últimos años ha causado grandes pérdidas a las zonas forestales debido a que su comportamiento se ha tornado agresivo semejante al de las especies primarias en América (Salinas-Moreno *et al.*, 2010, Yan *et al.*, 2005).

Dendroctonus valens fue descrito por J. L. LeConte en 1868, luego por Hopkins (1909) y posteriormente por Wood (1963) (Rose, 1964). Por otro lado, *D. rhizophagus* fue descrito por Thomas and Bright en 1970. Esto después de que en 1966 Thomas realizó un primer reporte de este insecto, considerándolo inicialmente como *D. valens* por la similitud morfológica; sin embargo, el ataque

sobre árboles pequeños no había sido observado en *D. valens*, por lo que hizo la consideración de que podría tratarse de otra especie. Después en 1970 Thomas y Bright realizaron un estudio detallado de *D. valens* y *D. rhizophagus* donde encontraron diferencias anatómicas y de comportamiento que llevaron a designar a esta especie como no descrita y dándole el nombre de *D. rhizophagus* (Estrada, 1983).

El sistema de galerías es otra de las diferencias existentes entre ambas especies. En *D. valens* la galería es lineal, ligeramente más ancha que la longitud del insecto (Wood, 1982). El patrón lineal es común en las zonas más cálidas de su rango; en México este patrón es usual y puede llegar a superar los 40 cm de longitud (Wood, 1982). La oviposición se da a lo largo de un costado de la galería, los huevecillos son cubiertos con excremento; una vez que las larvas emergen se alimentan en conjunto haciendo una galería comunal, amplía a manera de caverna por la que avanzan juntas en una sola dirección comiendo el floema y dejando atrás los excrementos (Cibrián *et al.*, 1995); o bien se alimentan de lado a lado haciendo una galería en forma de abanico (Rose, 1964). Posteriormente las cámaras pupales son formadas con los desechos y en ocasiones las larvas hacen una galería individual corta en el floema, al final de la cual hacen la cámara pupal, esta galería se hace ligeramente separada de la galería principal (Cibrián *et al.*, 1995).

En *D. rhizophagus* la galería al inicio es angosta y cilíndrica permitiendo la salida de resina al exterior del árbol; una vez que el macho llega y se da la copula, ambos ensanchan la galería volviéndola irregular orientada hacia abajo aunque algunas pueden dirigirse hacia arriba; esta galería en forma de espiral circuncida al árbol causando su muerte (Cibrián *et al.*, 1995). La hembra oviposita los huevecillos en la parte superior de la galería y una vez que las larvas emergen se agregan en uno o tres grupos y hacen una galería comunal y ascienden por el floema de troncos y ramas, en otoño descienden a las raíces donde pasan el invierno y en primavera regresan al cuello de la raíz donde cada larva hace una cámara ligeramente grabada en el xilema y más profunda en el floema en donde pupan (Cibrián *et al.*, 1995, Estrada, 1983).

3.2. Distribución de *Dendroctonus valens* y *D. rhizophagus* y sus hospederos en México

Dendroctonus valens

Esta especie se localiza desde el Oeste de Canadá, la parte Noreste y Oeste de Estados Unidos y hasta Honduras en Centroamérica (Wood 1982). Recientemente fue introducida en China (Yang *et al.*, 2005). En México se encuentra presente en 24 estados siendo estos los siguientes: Aguascalientes, Baja California, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (Salinas *et al.*, 2010). Cibrián *et al.*, 1995 reportaron también al estado de Tamaulipas en la distribución de *D. valens*.

Junto con *Dendroctonus mexicanus*, esta especie presenta la mayor distribución en México; sus límites altitudinales van de 800 a 4000 m, con un intervalo preferente entre los 2000 y 2500 m (Salinas *et al.*, 2010).

Se ha encontrado que *D. valens* tiene alrededor de 24 hospedantes: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. cembroides*, *P. devoniana* (ahora *Pinus michoacana*), *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. greggii*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. jeffreyi*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. maximinoi*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus*, *P. quadrifolia*, *P. strobus* y *P. teocote*. Los porcentajes de mayor incidencia se encuentran en *P. leiophylla* y *P. durangensis* con 16 y 12 % respectivamente (Salinas *et al.*, 2010). Cibrián *et al.*, 1995 menciona también a *Pinus lawsoni* como hospedantes de *Dendroctonus valens*.

Dendroctonus rhizophagus

Su distribución se encuentra principalmente en los estados de: Chihuahua, Durango, Sinaloa y Sonora (Salinas *et al.*, 2010). Aunque también se han encontrado reportes de la presencia de esta especie para los estados de Guerrero (Atkinson and Equihua., 1995), Zacatecas (Cibrián *et al.*, 1995) y Jalisco (Armendáriz *et al.*, 2012).

Es muy común en la vertiente de oeste de la Sierra Madre Occidental (SMOC) en los estados de Chihuahua y Durango; sus límites altitudinales se encuentran entre los 1 000 y 3 100 m, su intervalo preferente se localiza entre los 2 000 y 2 500 m.

D. rhizophagus tiene como hospederos 17 especies de Pinos: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. cembroides*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. herrerae*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. oocarpa*, *P. ponderosae*, *P. strobiformis* y *P. teocote* (Salinas *et al.*, 2010), *P. chihuahua*, *P. cooperi*, *P. jeffreyi*, *P. michoacana* var. *cornuta*, *P. sylvestris* (Cibrián *et al.*, 1995). El porcentaje de mayor incidencia se presenta en *P. engelmannii* con un 44 % (Salinas *et al.*, 2010).

3.3. Diferencias morfológicas entre *Dendroctonus valens* y *D. rhizophagus*

Los trabajos más importantes que han ayudado a la separación morfológica de las especies *D. valens* y *D. rhizophagus* son los realizados por Thomas and Bright (1970) y Furnis y Campos (1985). Los caracteres distintivos más importantes para la diferenciación de estas especies se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características comparativas de *D. valens* y *D. rhizophagus*.

Características	Thomas y Bright (1970)	Furniss y Campos (1985)
Tamaño	Rangos de 5.4-9.0 mm (promedio de 8 mm) para <i>D. valens</i> y de 6.0-8.2 mm (promedio de 7.1 mm) para <i>D. rhizophagus</i> .	Rangos de 5.4-9.0 mm (promedio de 8 mm) para <i>D. valens</i> y de 6.0-8.2 mm (promedio de 7.1 mm) para <i>D. rhizophagus</i> .
Color	El color en <i>D. valens</i> casi siempre café rojizo o marrón rojizo, mientras que en <i>D. rhizophagus</i> los élitros son siempre de color marrón rojizo, pero el pronoto y la cabeza son generalmente más oscuros, similares a <i>D. obesus</i> .	Hubo variación con lo reportado anteriormente en <i>D. rhizophagus</i> y para <i>D. valens</i> la coloración fue café rojizo uniforme.
Frente	En <i>D. valens</i> puntiforme con gránulos prominentes entre las punciones, los bordes de las punciones elevados; en <i>D. rhizophagus</i> el área entre las puntuaciones es lisa, excepto cerca de los ojos, y los bordes de las punciones no son elevadas.	<i>D. valens</i> tiene gránulos prominentes causados por los márgenes de las puntuaciones que son elevadas; <i>D. rhizophagus</i> tiene puntuaciones impresas más finas y sin rebordes. Debido a esto; la frente de <i>D. rhizophagus</i> es más brillante y lisa que la de <i>D. valens</i> .
Clava antenal	Carácter no descrito	En <i>D. rhizophagus</i> es angular y asimétrica. El segmento basal es negro en contraste al café rojizo de los tres segmentos distales. En <i>D. valens</i> la base es redonda y simétrica y los segmentos de la clava antenal son rojizos uniformes.
Proceso epistomal	Similar al de <i>D. valens</i> , solo que menos profundamente cóncavo en el centro.	En <i>D. valens</i> es cóncavo en la parte media y sus márgenes laterales son elevados. En <i>D. rhizophagus</i> los márgenes laterales menos elevados.
Prescutum y pronotum	En <i>D. valens</i> el prescutum es brillante intenso y las puntuaciones tienen bordes regulares. Mientras que <i>D. rhizophagus</i> tiene superficie mate y puntuaciones con bordes irregulares.	No se observó que el prescutum de <i>D. rhizophagus</i> fuera opaco en oposición al brillante de <i>D. valens</i> mencionado por el autor anterior. En <i>D. valens</i> las puntuaciones del pronoto son más profundas y con márgenes más afilados que en <i>D. rhizophagus</i> .

Continuación cuadro 1

Característica	Thomas y Bright (1970)	Furniss y Campos (1985)
Declive Élitros	En <i>D. valens</i> presenta una depresión leve entre la primer y tercer estría. La primera no es prominentemente elevada. En <i>D. rhizophagus</i> la depresión no es evidente y el primer espacio es prominentemente elevado.	En hembras de <i>D. valens</i> es rugoso, debido a la presencia de tubérculos sobre los interespacios entre las estrías. En hembras de <i>D. rhizophagus</i> es más liso y carece de los tubérculos prominentes. En machos las diferencias fueron similares aunque menos pronunciadas.
Placa estridulatoria	Carácter no descrito	Ubicada en el margen posterior del penúltimo terguito de los machos. Es bifurcada, más lisa en <i>D. rhizophagus</i> que en <i>D. valens</i> .
Varilla seminal	En <i>D. rhizophagus</i> más redondeada que en <i>D. valens</i> .	Coinciden con los autores anteriores. En <i>D. rhizophagus</i> más redondeada que en <i>D. valens</i> .

Wood (1982), hizo una revisión del género y realizó una clave para la identificación de especies; además incluyó información sobre la diagnosis, morfología, distribución, hospederos y biología de cada especie; sin embargo, él no valida el trabajo de Thomas and Bright (1970), considerando en su obra a *D. rhizophagus* como *D. valens*.

3.4. Hongos causantes de daños en la madera aserrada

Los hongos que causan daño a la madera recién aserrada se clasifican en tres grupos: los hongos Ophiostomatoideos, que incluyen géneros como *Ceratocystis*, *Ophiostoma* y *Ceratocystiopsis*, los cuales, manchan la madera penetrando sus hifas dentro de los rayos y traqueidas; las levaduras como *Hormonema dematioides*, *Aureobasidium pullulans*, *Rhinocladiellae atrovirens* y *Phialophora* spp., causantes del manchado superficial de la madera y los hongos que causan mohos, tales como *Alternaria alternata*, *Cladosporium sphaerosperum*, *Penicillium* spp. y *Trichoderma* sp., que manchan la superficie de la madera y causan decoloración en la albura (Strong *et al.*, 1997 citado por Terrazas, 2006).

3.5. Hongos asociados a descortezadores

La mayoría de las especies de descortezadores actúan como vectores de hongos del género *Ceratocystis* y *Ophiostoma* (Pérez *et al.*, 2009). Estas especies conocidas comúnmente como “hongos Ophiostomatoideos” adquieren importancia debido a que producen el manchado de la madera reduciendo el valor de la misma y por lo tanto ocasionando pérdidas económicas (Pérez, 2011; Cibrián *et al.*, 2007). Muchos de ellos son patógenos primarios (Pérez *et al.*, 2009). Se ha consignado que este grupo ayuda a matar al árbol por la reducción de agua y azúcares y acumulación de monoterpenoides potencialmente tóxicos en el floema y xilema (Popp *et al.*, 1995; Croise *et al.*, 2001). En el mundo se han reportado 189 especies de estos géneros en diferentes hospedantes (Pérez *et al.*, 2009).

El grupo de los ophiostomatoideos incluye más de 110 especies de ascomicetos que presentan características morfológicas similares y están adaptados a dispersarse por artrópodos, como los insectos del género

Dendroctonus (Pérez *et al.*, 2011). En México la información sobre el género *Ophiostoma* es escasa, aunque su presencia es común y tiene importancia económica solo se han reportado 17 especies asociadas a insectos que se alimentan del floema y cambium vascular, dentro de los cuales se encuentran: *Conophthorus cembroides*, *Dendroctonus adjunctus*, *D. mexicanus*, *D. valens*, *Ips calligraphus* y *Pseudohylesinus* spp. (Pérez *et al.*, 2011). Algunas de estas especies de Ophiostomatoides presentes en México son: *Ophiostoma abietinum*, *O. adjuncti*, *O. conicola*, *O. hyalothecium*, *O. ips*, *O. minus*, *O. piliferum*, *O. piceae*, *O. pluriannulatum*, *O. pulvinisporum*, *O. tubicollis* (Cibrián *et al.*, 2007). Dentro de estos los géneros más frecuentes que provocan el manchado en la madera son: *O. piliferum*, *O. ips* y *Ceratocystis fimbriata* (Pérez *et al.*, 2011).

3.6. Hongos asociados al género *Dendroctonus*

La mayoría de los hongos asociados con *Dendroctonus* pertenecen al género *Ophiostoma*, *Ceratocystiopsis* y *Ceratocystis* (Zipfel *et al.*, 2006). *Ceratocystis* tiene a *Thielaviopsis* como anamorfo (Zipfel *et al.*, 2006), *Ophiostoma* posee varios anamorfos como *Leptographium*, *Graphium*, *Hyalorhinocladiella*, *Sporothrix* y *Knoxdaviesia* (Pérez, 2009); mientras que *Ceratocystiopsis* posee como anamorfos *Hyalorhinocladiella* y *Sporothrix* (Zipfel *et al.*, 2006). Las esporas de estos hongos se producen en las galerías de los insectos y son transportadas en el exoesqueleto, en los micangios o aparato digestivo del descortezador (Pérez, 2011)

Six and Kleezing (2004) clasifican las 19 especies del género *Dendroctonus* en cinco grupos en base a linaje filogenético, historia de vida y asociaciones con hongos de cada especie de descortezador.

Grupo I. Las especies *D. ponderosae* y *D. jeffreyi* son muy similares, presentan un micangio mutualista para *O. clavigerum*, además *D. ponderosae* se asocia con *Ophiostoma montium*. Estos descortezadores se caracterizan por la presencia de un saco micangial maxilar. Pueden llegar a matar al árbol. Presentan una generación al año.

Grupo II. Las especies de este grupo se caracterizan por presentar un saco micangial pronotal glandular y son capaces de matar al árbol. La larva se alimenta en el floema en su primera etapa y después se mueven hacia la corteza. Los descortezadores se alimentan de sus hongos asociados para complementar sus requerimientos nutricionales. Presentan varias generaciones al año.

Grupo III. Los descortezadores *D. valens* y *D. terebrantis* rara vez matan al árbol, pero *D. rhizophagus* y *D. parallelocollis* sí matan al hospedante. Estas cuatro especies son oportunistas ya que atacan tocones o la base de los árboles recién muertos. Las larvas de *D. valens*, *D. terebrantis* y *D. rhizophagus* se agrupan y se alimentan del floema de la base de o raíces del árbol. Las larvas de *D. parallelocollis* se alimentan en solitario en el floema y raíces. *Dendroctonus valens* se asocia con *O. ips*, *Leptographium tenebrantis*, *D. parallelocollis* se asocia con *Leptographium tenebrantis*. Para *D. rhizophagus* y *D. tenebrantis* se desconocen sus hongos asociados.

Grupo IV. Este grupo presenta una amplia variedad en los patrones de alimentación y colonización de sus hospedantes. *Dendroctonus micans*, *D. punctatus* y *D. murrayanae* colonizan a *Picea*; *D. rufipennis* a *Pinus*; *D. simplex* a *Larix* y *D. pseudotsugae* a *Pseudotsuga*. La asociación de estas especies de descortezadores con hongos es poco conocida. *Dendroctonus micans* se asocian a *O. canum*.

Grupo V. Se reporta solo *D. armandi* y se asocia a *Leptographium tenebrantis* y *O. minus*.

Cuadro 2. Aspectos de historia de vida del género *Dendroctonus* y su asociación con hongos (Pérez, 2009).

Grupo	Descortezador	Tipo de micangio	Hospedante	Hábito	Hongo micangial	Localización en el hospedante	Tipo de asociación	Hongos con distribución restringida
I	<i>D. ponderosae</i>	Saco maxilar	<i>Pinus</i>	Polífagos	<i>Ophiostoma clavigerum</i>	Floema	Mutualista	<i>Entomocorticium dendroctoni</i>
					<i>O. montium</i>	Floema	Antagonista o Mutualista	<i>Entomocorticium sp.</i>
	<i>D. jeffreyi</i>	Saco maxilar		Monófagos	<i>O. clavigerum</i>	Floema	Mutualista	<i>Entomocorticium sp.</i>
II	<i>D. vitei</i>	Desconocido	<i>Pinus</i>	Olifagos	Desconocido	Floema	Desconocido	
	<i>D. mexicanus</i>	Saco pronotal	<i>Pinus</i>	Polífagos	Desconocido	Floema	Desconocido	
	<i>D. frontalis</i>	Saco pronotal	<i>Pinus</i>	Polífagos	<i>Entomocorticium sp.</i>	Floema	Mutualista	
					<i>O. ranaculosum</i>		Mutualista	
					<i>Ophiostoma sp</i>		Antagonista	
					<i>O. minus</i>		Desconocido	
	<i>D. adjunctus</i>	Saco pronotal	<i>Pinus</i>	Olifagos	<i>Leptographium pyrinum</i>	Floema	Desconocido	
	<i>D. brevicomis</i>	Saco pronotal	<i>Pinus</i>	Olifagos	<i>Entomocorticium sp.</i>	Floema	Mutualista	
					<i>O. brevicomi</i>		Mutualista	
	<i>D. approximatus</i>	Saco pronotal	<i>Pinus</i>	Polífagos	<i>Phebiopsis gigantea</i>		Desconocido	
				<i>Leptographium spp.</i>		Desconocido		
III	<i>D. rhizophagus</i>	Desconocido	<i>Pinus</i>	Olifagos	Desconocido	Floema	Desconocido	
	<i>D. valens</i>	Desconocido	<i>Pinus</i>	Polífagos	<i>Ophiostoma ips</i>	Floema	Desconocido	<i>Leptographium procerum</i>
					<i>L. tenebrantis</i>			
	<i>D. terebrantis</i>	Desconocido	<i>Pinus</i>	Polífago	<i>L. tenebrantis</i>	Floema		<i>L. procerum, O. ips</i>
	<i>D. parallelocolis</i>	Desconocido	<i>Pinus</i>	Olifagos	Desconocido	Floema	Desconocido	

Continuación cuadro 2

Grupo	Descortezador	Tipo de micangio	Hospedante	Hábito	Hongo micangial	Localización en el hospedante	Tipo de asociación	Hongos con distribución restringida
IV	<i>D. micans</i>	Desconocido	<i>Picea</i>	Polífago	<i>O. canum</i>	Floema	Desconocido	
	<i>D. punctatus</i>	Desconocido	<i>Picea</i>	Olifagos	<i>Desconocido</i>	Floema	Desconocido	
	<i>D. murrayanae</i>	Desconocido	<i>Picea</i>	Olifagos	<i>Desconocido</i>	Floema	Desconocido	
	<i>D. rufipennis</i>	Desconocido/ Puntuaciones	<i>Pinus</i>	Polífago	<i>L. abietinum</i>	Floema	Desconocido	<i>Ceratocystis rufipenni</i>
	<i>D. simplex</i>	Desconocido	<i>Larix</i>	Monófagos	<i>O. americanum</i>	Floema	Desconocido	
	<i>D. pseudotsugae</i>	Puntuaciones	<i>Pseudotsuga</i>	Olifagos	<i>O. pseudotsugae</i>	Floema	Desconocido	<i>L. terebrantis</i> , <i>Pesotum sp</i>
					<i>L. abietinum</i>			
V	<i>D. armandi</i>	Puntuaciones	<i>Pinus</i>	Polífago	<i>L. terebrantis</i>	Floema	Desconocido	
					<i>O. minus</i>			

3.7. Hongos asociados a *Dendroctonus valens* y *D. rhizophagus*

Como se mencionó anteriormente Six y Kleezing (2004) mencionan que *D. valens* se asocia con *Ophiostoma ips* y *Leptographium*. Además Terrazas (2006) encontró asociado a esta especie a *Graphium* spp y a *Leptographium terebrantis*. Lu Quan *et al.*, (2009) registraron a *Penicillium*, *Leptographium procerum*, *L. sinoprocerum*, *L. truncatum*, *L. koreanum*, *L. alethinum*, *Pesotum pini* y *P. aureum*. Lu Min *et al.*, (2009) reportan a *L. elegans*, *L. yunnanense*, *O. abietum*, *O. piceae*, *O. quercus*, *O. setosum*, *Ceratocystis collifera*, *Graphium* sp., *Grosmannia clavigera*, *G. europhioides*, *G. piceaperda*, *L. terebrantis*, *L. wagneri*, *L. wagneri* var. *ponderosum*, *L. wingfieldii*, *L. pini-desiflorae*, *O. piliferum*, *O. minus*, *O. floccosum*, *O. rectangulosporium*, *Hyalorhinocladiella* sp., *H. pinicola* y *Sporothrix*.

Es importante mencionar que para *D. rhizophagus* se desconocen sus hongos asociados, debido a ello es importante la elaboración de trabajos que ayuden a su conocimiento.

4. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Zona de estudio y colecta de material entomológico

Se realizaron colectas en los estados de Tlaxcala (en los límites con el Estado de México, Carr. Texcoco-Calpulalpan a 19° 33' 36.37" N, 98° 41' 39.89" O, 2842 msnm), Puebla (Tetela de Ocampo, El puerto Mpio. de Tetela de Ocampo a 19° 48' 18.27" N, 97° 46' 45.24" O, 2120 msnm y La Mina, Chignahuapan a 19° 47' 43.45" N, 97° 56' 24.21" O, 1912 msnm) y Chihuahua (Paraje-Basigochi Ejido Tatahuchi Mpio. de Guachochi); en árboles y tocones con presencia de daños causados por el ataque de *D. valens* y *D. rhizophagus*. Los tocones seleccionados para la colecta en Tlaxcala con presencia de *D. valens* presentaban grumos de resina y aserrín con coloraciones blanquizcoso-rosado a nivel del suelo. Estos tocones eran pequeños ya que los árboles cortados en el predio eran jóvenes de aproximadamente 2-3 metros de altura, fueron removidos con ayuda de una pala, cavando y sacándolos con las raíces completas. Para las muestras obtenidas en Puebla se tomaron trozos de corteza de aproximadamente 10 x 10 cm, con ayuda de un hacha de mano, lo anterior se realizó siguiendo las áreas donde se presentaron los grumos de resina, estos tocones eran viejos con diámetros de aproximadamente 40 cm. Una vez obtenidas las muestras, se colocaron bolsas de plástico y los tocones completos de los árboles pequeños de Tlaxcala se colocaron en hieleras. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio Entomología Forestal, ubicado en las instalaciones del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, para su análisis y extracción de ejemplares de *D. valens* y *D. rhizophagus* presentes en las galerías de la corteza del pino. Las muestras obtenidas del material de campo fueron preservadas en alcohol etílico al 70 %.



Figura 1. Colecta de *D. valens* (a, predio en Tlaxcala con árboles talados, b, tocón quemado de Puebla, c, grumo de aserrín en la base del tocón, d, raíz con orificio de entrada y aserrín, e, adultos y huevos en galería, f, adulto).

Después se realizó una revisión detallada del material de la colección de referencia del Colegio de Postgraduados con ejemplares colectados en Puebla (San Nicolás Romero), Veracruz (Las Vigas y Cofre de Perote), Morelos (Chamilpa, Tlalnepantla y Fierro del Toro), Baja California (San Pedro Mártir),

Michoacán (Carr. Patzcuaro-Ario de Rosales, Km. 34), Guatemala (Tecpan), Chihuahua (El Salto, Guevanchi), así mismo, se revisó material proporcionado por el departamento de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo procedente de Cd. Madero, Chihuahua y conservado en alcohol al 70%; el mismo procedimiento fue seguido para el material proporcionado por el Laboratorio de Entomología Forestal del Colegio de Postgraduados, proveniente de Jalisco (Cd. Guzmán, Rancho los Zuno Mpio. de Atoyac y Tecalitlan), Querétaro (Sierra Gorda) y Chihuahua (Mesa de la Parra, Mpio. de Madera, San Juanito Boycona).

4.2. Comparación morfológica

Una vez realizada la revisión de ejemplares de la colección y del material proporcionado para el estudio, se procedió a revisar y montar los ejemplares obtenidos en campo para realizar la comparación morfológica. La determinación de las especies se basó en las claves de identificación de Wood (1982) y en la obra de Thomas y Bright (1970). Se analizaron de forma particular estructuras externas como la cabeza (frente, tubérculos, puntuaciones, vestidura), el proceso epistomal, antenas, área antero y posterolateral de la cabeza, pronoto y élitros. Para la morfología interna se estudió la genitalia femenina y masculina, el esternito VIII y el terguito VIII. Se utilizaron machos y hembras de ambas especies para realizar el estudio comparativo.

Los montajes de antenas, espermateca, edeago, terguito VIII y esternito VIII, se prepararon con muestras maceradas en KOH al 10 %, a 80 °C durante 30 min en un Accu Block (Digital Dry Bath); una vez maceradas las muestras se lavaron con agua destilada y con agua destilada y ácido acético al 1% para detener el macerado. Posteriormente se deshidrataron en alcohol etílico al 96 % y 100 %, enseguida se colocaron en xilol para aclararlas y finalmente se montaron en portaobjetos con la resina sintética Entellan (marca Merk).

Las fotografías se obtuvieron con ayuda de un fotomicroscopio Tessoar de Carl Zeiss y un fotomicroscopio III de Carl Zeiss, ambos con una cámara digital

para microscopía PaxCam 3. Tanto los ejemplares de cuerpo completo montados en seco, como las estructuras internas mencionadas anteriormente fueron fotografiados con luz difusa. Las imágenes obtenidas fueron procesadas y editadas en el programa GIMP 2.8.4.

El enfoque de las estructuras con volumen en el microscopio óptico requirió de la integración de planos (profundidad de campo extendida) con el programa CombineZP.

4.3. Obtención de muestras en campo para hongos asociados a descortezadores

Se colectaron muestras de corteza de *Pinus* spp. Con galerías de los descortezadores *D. valens* y *D. rhizophagus* en los estados mencionados anteriormente en el área de estudio. El material se etiquetó y se colocó en bolsas de polipapel y se trasladó al laboratorio de Patología Forestal para su análisis.

4.4. Aislamiento de hongos

Las muestras se lavaron con agua destilada, se desinfectaron con hipoclorito de sodio comercial al 1.5% durante 2 minutos y se secaron con papel estéril y finalmente se colocaron en cámaras húmedas durante 30 días para inducir la formación de estructuras sexuales y asexuales. Las masas de conidios o ascosporas se transfirieron con ayuda de una aguja de disección en cajas Petri con extracto-malta-agar (EMA), cicloexamida (0.1 g) y sulfato de estreptomina (0.02 g) y se incubaron a 25 ± 2 °C durante 20 días. Se transfirieron fragmentos del hongo desarrollado a cajas Petri con EMA e incubaron en las mismas condiciones del aislamiento (Pérez *et al.*, 2011).

4.5. Identificación morfológica de hongos asociados

A partir de los aislamientos realizados en EMA a 25 ± 2 °C e incubados durante 40 días se identificaron los hongos a nivel de género. Los géneros fueron revisados por el Dr. Omar Pérez Vera de la Universidad Autónoma Chapingo y por el Dr. Dionisio Alvarado del Colegio de Postgraduados.

4.6. Patrones de galerías

Se midió el diámetro de los tocones y posteriormente se retiró la corteza con ayuda de una navaja, comenzando en las áreas donde se observaron los grumos de resina, aserrín y los orificios de entrada, lo anterior se realizó siguiendo la galería de *D. valens*. Para *D. rhizophagus* las muestras fueron revisadas de la misma manera que para *D. valens*. Después de removida la corteza se midió la longitud y el ancho de las galerías y se observaron los patrones para ambas especies. Se tomaron fotografías de las mismas, que posteriormente se utilizaron para el diseño de las galerías de cada especie con ayuda del programa Photoshop CS5.

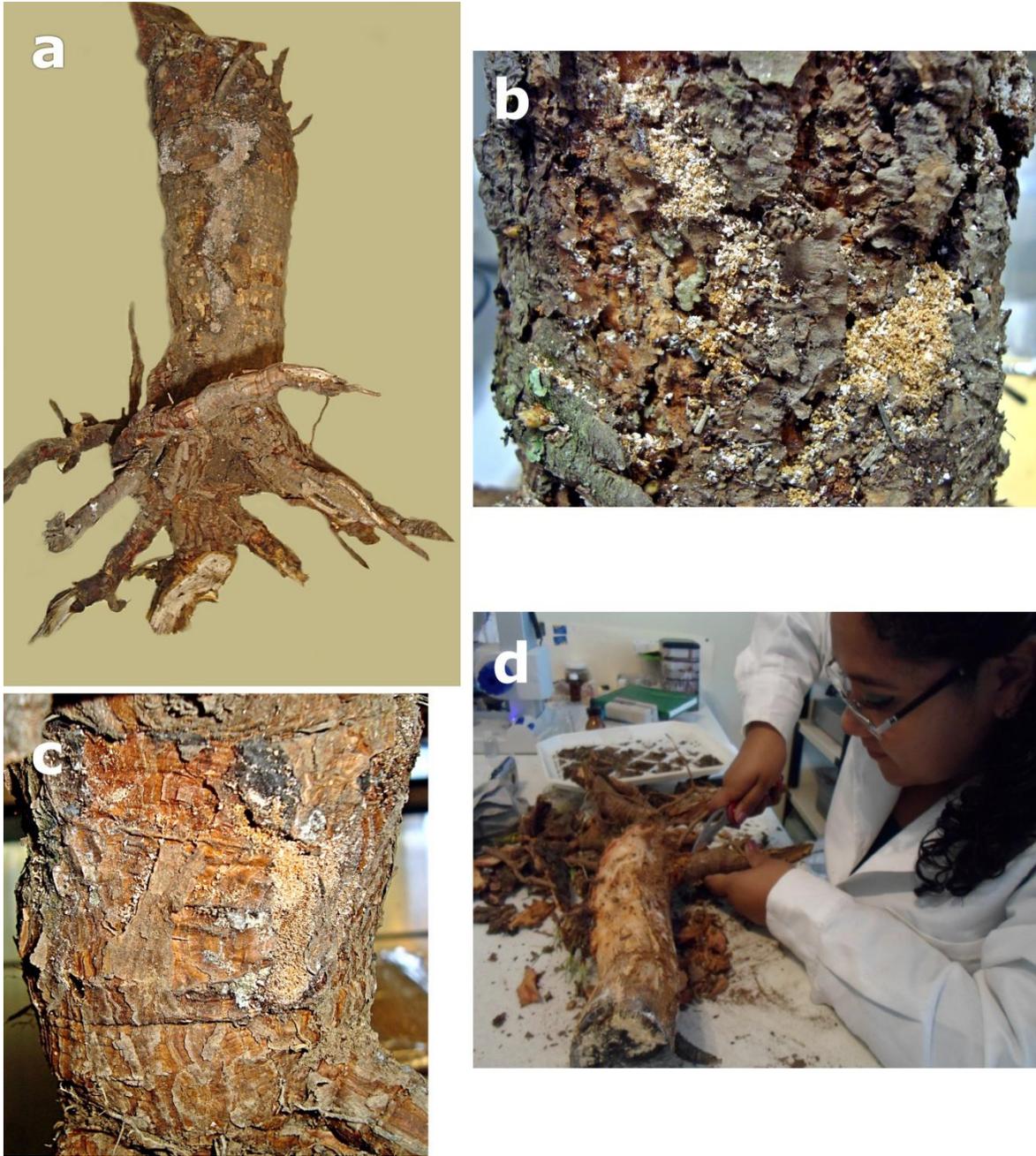


Figura 2. Revisión de muestras para galerías de *D. valens* (a, raíz con aserrín, b-c, orificios de entrada, resina y aserrín en raíz, d, remoción de corteza).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Morfología externa de *Dendroctonus valens* y *D. rhizophagus*

5.1.1. Tamaño del cuerpo

En los ejemplares estudiados hubo variaciones de tamaño en ambas especies y dentro de cada especie entre machos y hembras (Figura 3). La longitud promedio de todo el cuerpo en *D. valens* fue de 8.2 mm (rango de 7.3-9.03) y en *Dendroctonus rhizophagus* de 7.08 mm (rango de 6.3-7.7). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Furniss y Campos (1985); ellos mencionan que la longitud promedio para *D. valens* es de 8 mm (rango de 5.4-9.0) y para *D. rhizophagus* de 7.1 mm (con rango de 6.0-8.2). Además se coincide con estos autores en que la sobreposición en la longitud de algunos ejemplares hace inadecuado este carácter para la separación de las especies; sin embargo, es importante mencionar que Thomas y Bright (1970) y Wood (1982) incluyen el tamaño de las especies como parte de su identificación. Thomas and Bright (1970) en la descripción de *D. rhizophagus* señalan que la longitud promedio de esta especie es de 7.1 mm; por otro lado Wood (1982) menciona que *D. valens* tiene un tamaño promedio de 7.3 mm de longitud. En el presente estudio se utilizaron principalmente hembras en la medición de ejemplares en ambas especies debido a los pocos machos encontrados.

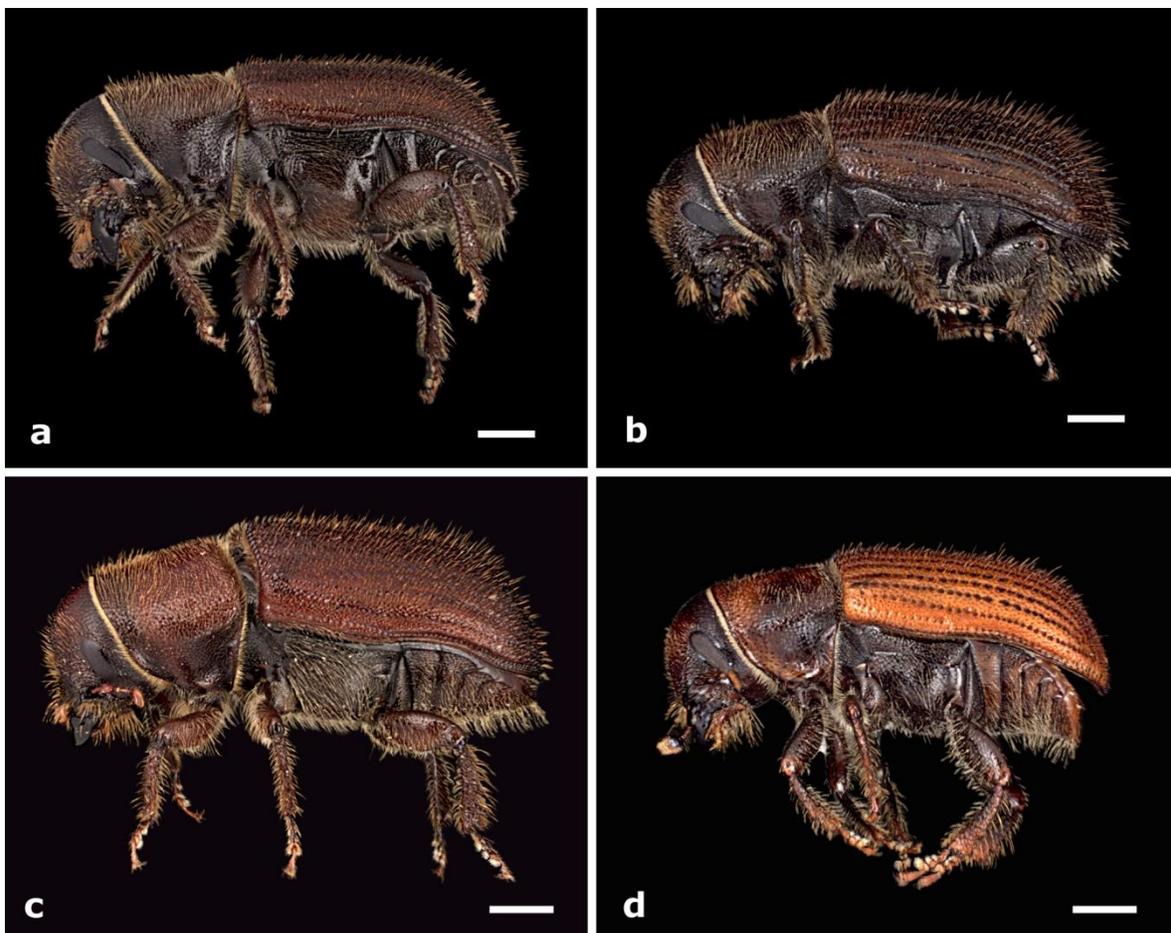


Figura 3. Vista lateral de *D. valens* (a, macho; c, hembra) y *D. rhizophagus* (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.

5.1.2. Color del cuerpo

La mayoría de los ejemplares de *D. valens* presentaron una coloración marrón-rojiza oscura uniforme en todo el cuerpo del insecto (Figura 4 a, c); sin embargo cabe mencionar que sí hubo algunos ejemplares con coloración más clara, mientras que en *D. rhizophagus* la coloración es café claro a oscuro, la mayoría con la coloración de los élitros café-rojizo; el pronoto y cabeza de color más oscuro, pero también se presentaron ejemplares en donde la coloración fue café-rojizo claro tanto en los élitros como en la cabeza y pronoto (Figura 4 b, d). También es importante mencionar que se revisaron imagos o preadultos de las dos especies, en los cuales la coloración tiende a ser café-amarillenta en toda la

superficie del cuerpo. Respecto a la coloración presentada en *D. valens* esta concuerda con Thomas y Bright (1970), quienes mencionan que *D. valens* es casi siempre color rojo o marrón-rojiza, mientras que en *D. rhizophagus* los élitros son siempre de color rojo o marrón-rojizo, pero el pronoto y la cabeza son casi siempre más oscuros.

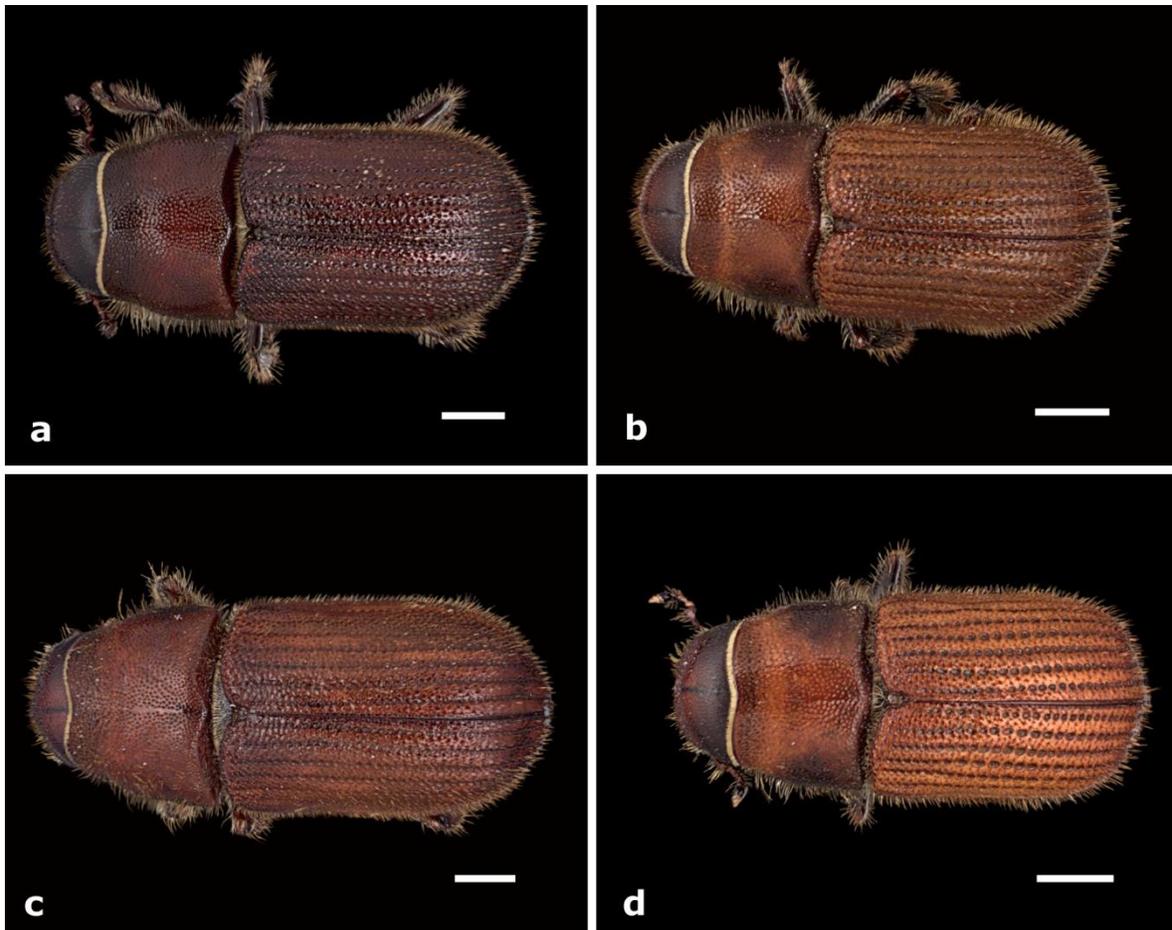


Figura 4. Vista dorsal de *D. valens* (a, macho; c, hembra) y *D. rhizophagus* (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.

5.1.3. Cabeza

Frente. La frente es convexa en las dos especies. Ambas presentan un par de protuberancias situadas en la frente entre el borde superior del ojo y el proceso epistomal. (Figura 5). Estas protuberancias (tubérculos) están separadas por una profunda depresión cóncava que llega hasta el proceso epistomal, lo que coincide con lo reportado por Thomas and Bright, (1970) y Wood (1982). En el centro de la frente se encuentra la sutura epicraneal (Figura 5 y 6), donde se aprecia que la superficie de la frente en esta área en *D. valens* tiene puntuaciones impresas más prominentes y profundas (Figura 6 a, c) en comparación con *D. rhizophagus* donde las puntuaciones son más finas y superficiales (Figura 6 b, d). Esto concuerda con lo encontrado por Furniss y Campos (1985) quienes reportan que la superficie de la frente de *D. rhizophagus* es más brillante y lisa que la de *D. valens*, debido a que *D. rhizophagus* tiene puntuaciones impresas más finas y sin rebordes; por el contrario, *D. valens* tiene gránulos prominentes debido a que los márgenes de las puntuaciones son elevados. También concuerda con lo reportado por Thomas y Bright (1970) quienes señalan que la frente de *D. rhizophagus* tiene la superficie brillante y con puntuaciones superficialmente impresas con excepción de las partes laterales del margen epistomal. Las hembras de ambas especies presentan una evidente elevación frontal media (tubérculo) por encima del nivel de los ojos. Este tubérculo es más evidente en la hembra de *D. valens* que en la de *D. rhizophagus* (Figura 7 c, d). Los machos carecen de este tubérculo (Figuras 5 a, b). Lo anterior coincide con la descripción de Thomas y Bright (1970) y Wood (1982), en la cual mencionan que la hembra es similar al macho, excepto por una evidente elevación media frontal por encima del nivel de los ojos.

La vestidura de la cabeza es más abundante en *D. rhizophagus* (Figura 7 b, d) que en *D. valens* (Figura 7 a, c) y dentro de cada especie es más densa en machos que en hembras (Figura 7 a, b y 7 c, d).

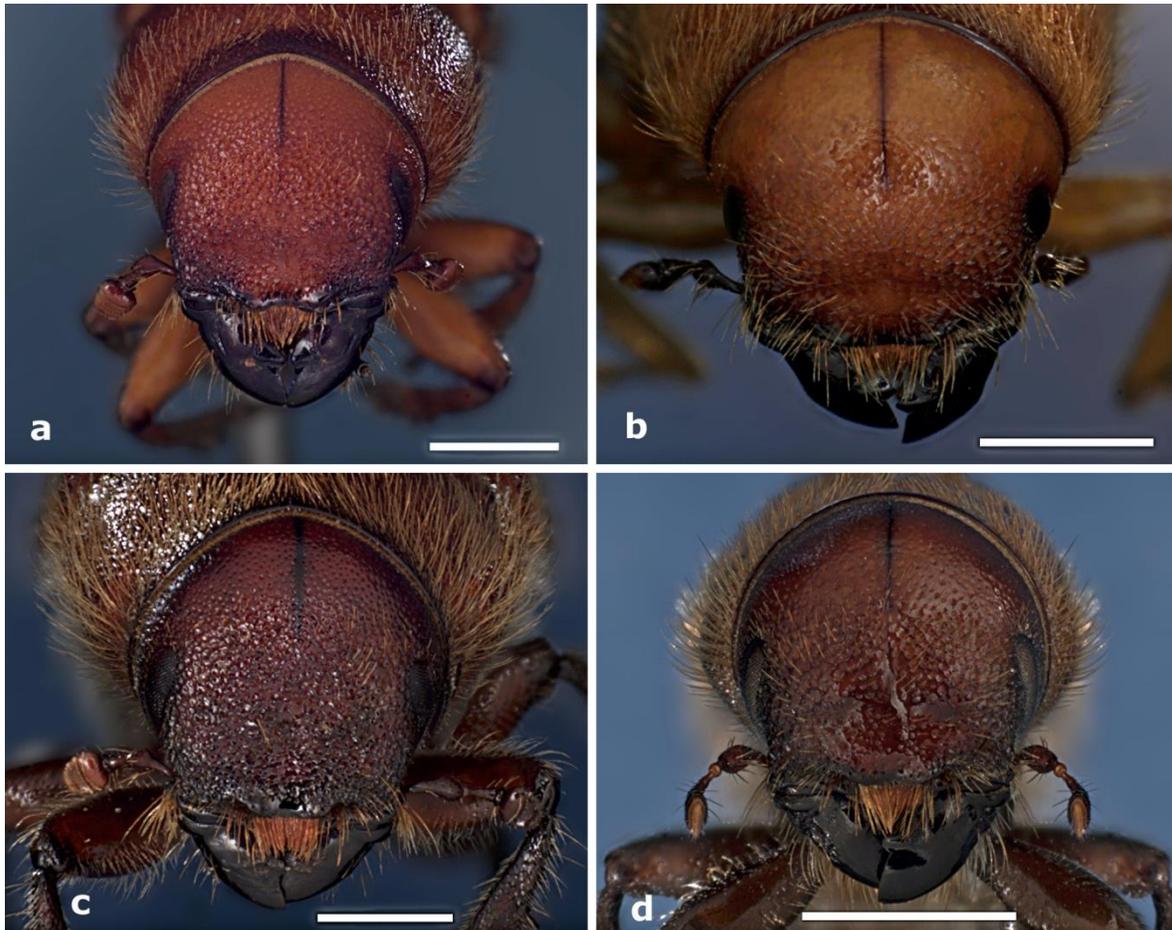


Figura 5. Frente de *D. valens* (a, macho; c, hembra) y *D. rhizophagus* (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.

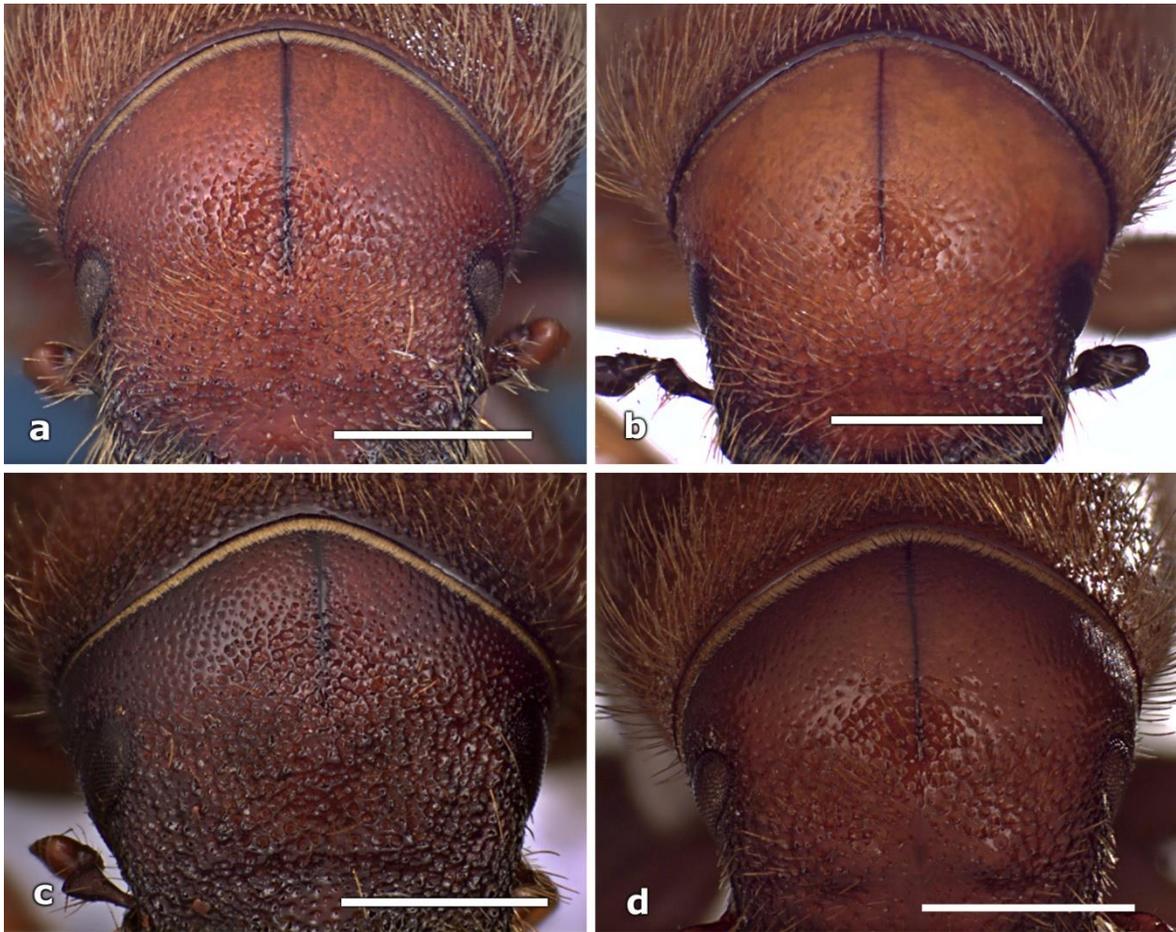


Figura 6. Puntuaciones de la frente de *D. valens* (a, macho; c, hembra) y *D. rhizophagus* (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.



Figura 7. Vista lateral de *D. valens* (a, macho; c, hembra) y *D. rhizophagus* (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.

Proceso epistomal. El proceso epistomal es cóncavo en ambas especies, más en *D. valens* (Figura 8 a, c) que en *D. rhizophagus* (Figura 8 b, d). Lo anterior concuerda con Furniss y Campos (1985); ellos reportan que el proceso epistomal es cóncavo en la parte media. También concuerda con lo reportado por Thomas y Bright (1970), donde encontraron que el proceso epistomal es similar al de *D. valens* excepto que en *D. rhizophagus* es menos cóncavo en el centro. Los márgenes laterales del proceso epistomal son más elevados en *D. valens* que en *D. rhizophagus*; esto coincide con lo reportado por Furniss y Campos (1985),

donde se menciona que los márgenes laterales son elevados; un poco menos en *D. rhizophagus* que en *D. valens*. La vestidura de la escobilla del proceso epistomal es más abundante en *D. valens* que el de *D. rhizophagus* y dentro de las especies más abundante en machos (Figura 8 a, b) que en hembras (Figura 8 c, d). También se puede apreciar que las puntuaciones presentes en el área anterior al margen del proceso epistomal en *D. valens* (Figura 8 c) son muy abundantes, grandes, profundas y tienen bordes elevados, a diferencia de *D. rhizophagus* (Figura 8 d) donde las puntuaciones son muy pequeñas, menos profundas y sin elevación en los bordes, lo que hace ver a esta área casi lisa en comparación con la granulada en *D. valens*.

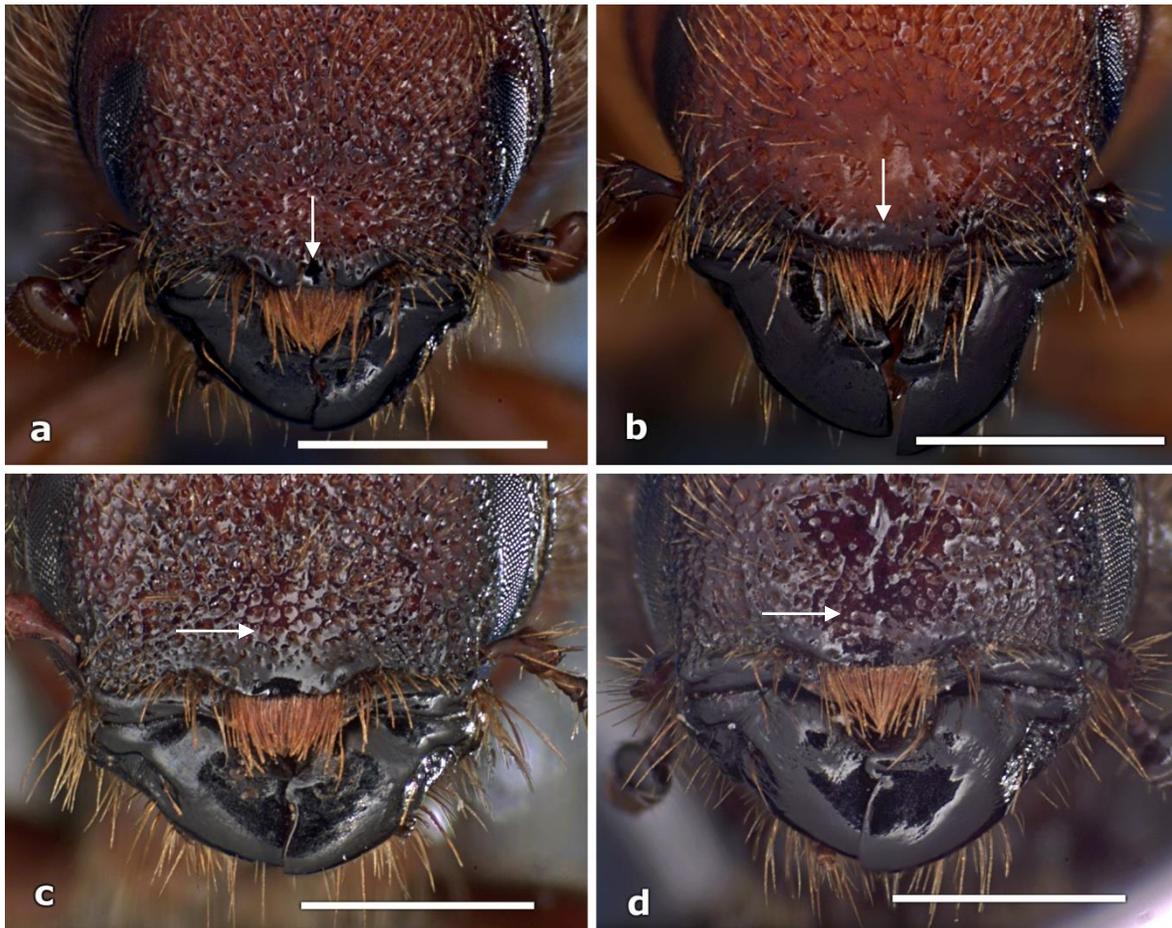


Figura 8. Proceso epistomal de *D. valens* (a, macho; c, hembra) y *D. rhizophagus* (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.

Área posterolateral de la cabeza. En machos y hembras de *D. valens*, en el área de la cabeza posterior al ojo (entre el margen posterior del ojo y el margen anterior del pronoto), hay puntuaciones alargadas, muy marcadas y con los márgenes elevados, que se alinean a manera de estriaciones (Figura 9 a, c), a diferencia de *D. rhizophagus* que presenta esta área casi lisa en ambos sexos (Figura 9 b, d). En esta zona también se puede apreciar que *D. valens* presenta puntuaciones más grandes, profundas y visibles en la parte superior del ojo a la altura de la frente, en comparación con las puntuaciones más finas y poco profundas en *D. rhizophagus*. Es importante mencionar que este carácter no ha sido tomado en cuenta en la descripción de Thomas y Bright (1970), Wood (1982), ni en el estudio de Furniss y Campos (1985).

Área anterolateral de la cabeza. Se puede observar que los ojos en *D. valens* (Figura 9 a, c) están completamente rodeados en la parte anterior por puntuaciones profundas y grandes con márgenes elevados, las cuales son más visible en las áreas que rodean a las antenas (Figura 9 c) y junto a los márgenes del proceso epistomal; en *D. rhizophagus* (Figura 9 b, d) también se presentan estas puntuaciones pero son ligeramente menos profundas que las de *D. valens*.

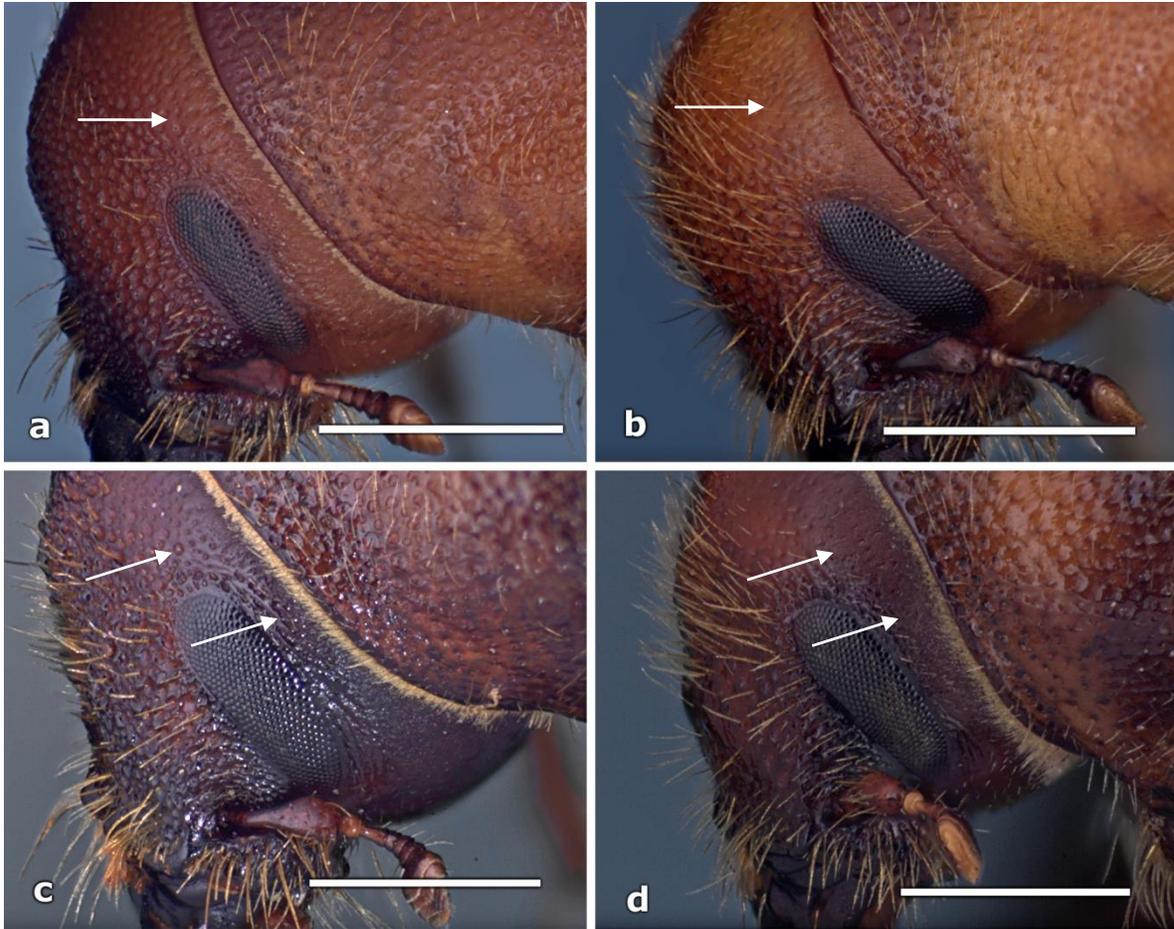


Figura 9. Área lateral de la cabeza de *D. valens* (a, macho; c, hembra) y *D. rhizophagus* (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.

Antenas. Para ambas especies las antenas están conformadas por un escapo, un funículo compuesto por cinco segmentos, y una clava antenal, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Hai-Bo *et al.*, (2010) quienes describen la antena de *D. valens*. La clava antenal de *D. rhizophagus* (Figura 10 b, d) presentan una asimetría visible en comparación a la de *D. valens* (Figura 10 a, c). Las antenas en *D. valens* presentan una clava simétrica, más apreciable en la hembra que en el macho; en hembras la clava tiende a ser cuadrada (figura 10 c, d) y en machos más redonda (figura 10 a, b). En *D. rhizophagus* la clava es más irregular en el macho que en la hembra. En *D. rhizophagus* el primer segmento de la clava es más oscuro que los tres segmentos restantes; por el contrario, en *D. valens* la clava antenal presenta una coloración café-rojiza uniforme. Lo anterior concuerda con lo reportado por Furniss y Campos (1985); ellos mencionan que la clava antenal es angular y asimétrica en *D. rhizophagus* y que la base de la clava en *D. valens* es redonda y simétrica. Además, el segmento basal en la clava antenal en *D. rhizophagus* es negrozco en contraste con el color café rojizo de los tres segmentos distales, y en *D. valens* la clava es completamente café rojiza.

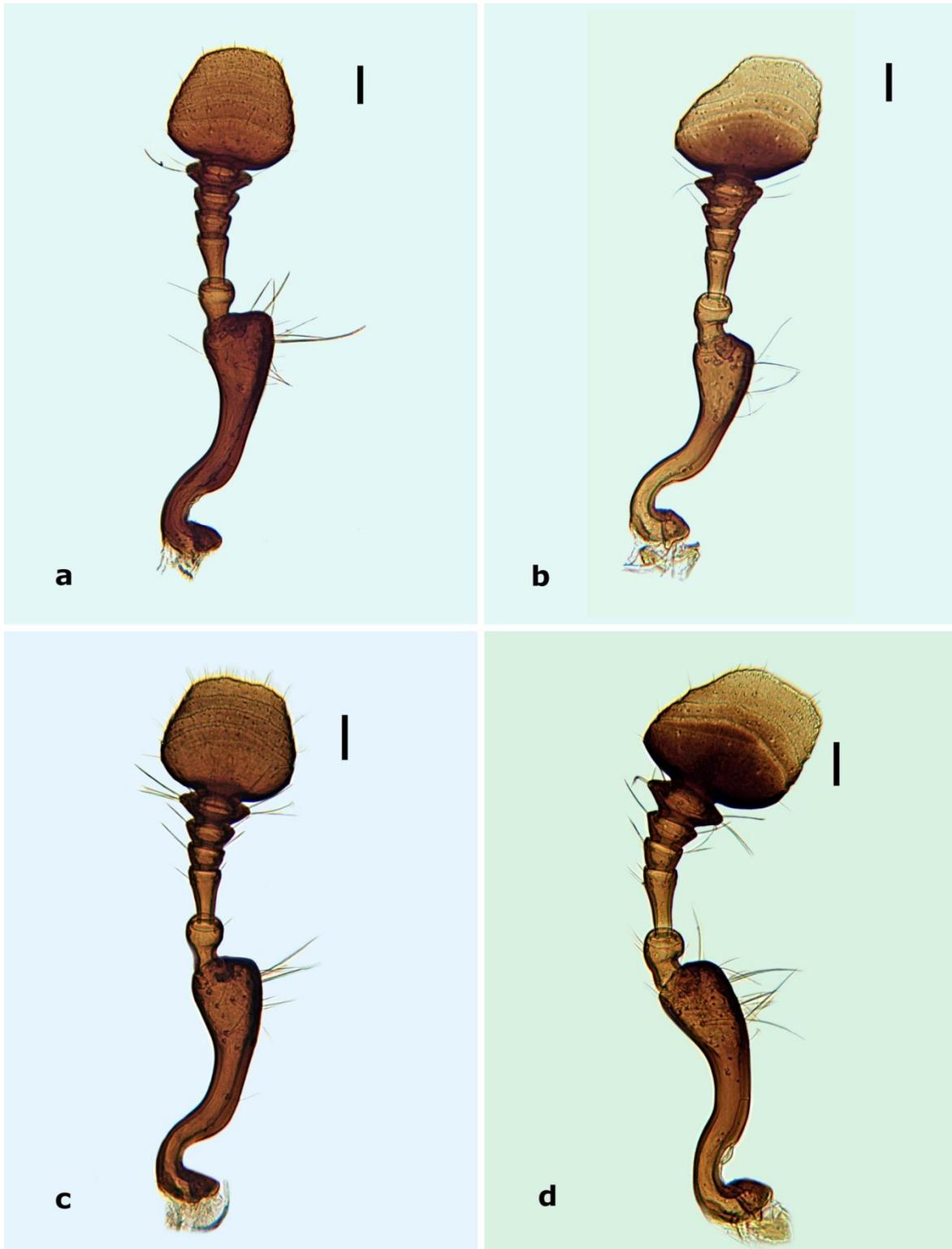


Figura 10. Antenas de *D. valens* (a, macho; c, hembra) y *D. rhizophagus* (b, macho; d, hembra). Escalas: 100 μ m.

5.1.4. Tórax

Pronoto. En general la forma del pronoto es similar en ambas especies. Sin embargo, las puntuaciones en *D. valens* son homogéneas en tamaño y forma, profundas y muy cerradas (Figura 11 a; 12 a, c), a diferencia de las de *D. rhizophagus* que tiene puntuaciones heterogéneas (menos uniformes) en forma y tamaño, unas son grandes y otras muy pequeñas, algunas alargadas en sus extremos y más superficiales que en *D. valens* (Figuras 11 b y 12 b, d). Esto concuerda con lo reportado por Furniss y Campos (1985), ellos mencionan que las puntuaciones sobre el pronoto de *D. valens* son más profundas y con márgenes más afilados que las de *D. rhizophagus*, y también con lo reportado por Thomas y Bright (1970) en la descripción de *D. rhizophagus*, donde mencionan que las puntuaciones del pronoto en *D. rhizophagus* están ligeramente impresas y son más rugosas en la parte lateral. Por otro lado, también coincide con lo mencionado por Wood (1982) quien señala que las puntuaciones en *D. valens* son muy cerradas y bruscamente impresas a diferencia de las de *D. rhizophagus* que tienden a ser menos uniformes en tamaño. La vestidura es más abundante en *D. rhizophagus*, que en *D. valens*, y entre las especies es más abundante en los machos (Figura 12 a, b) que en hembras (Figura 12 c, d). Las setas son largas en ambas especies y son más abundantes y visibles en los márgenes laterales del pronoto. Lo anterior concuerda con señalado por Wood (1982) que menciona que la vestidura del pronoto es más evidente lateralmente. Es importante mencionar que estas características del pronoto son similares tanto en machos como en hembras de ambas especies.

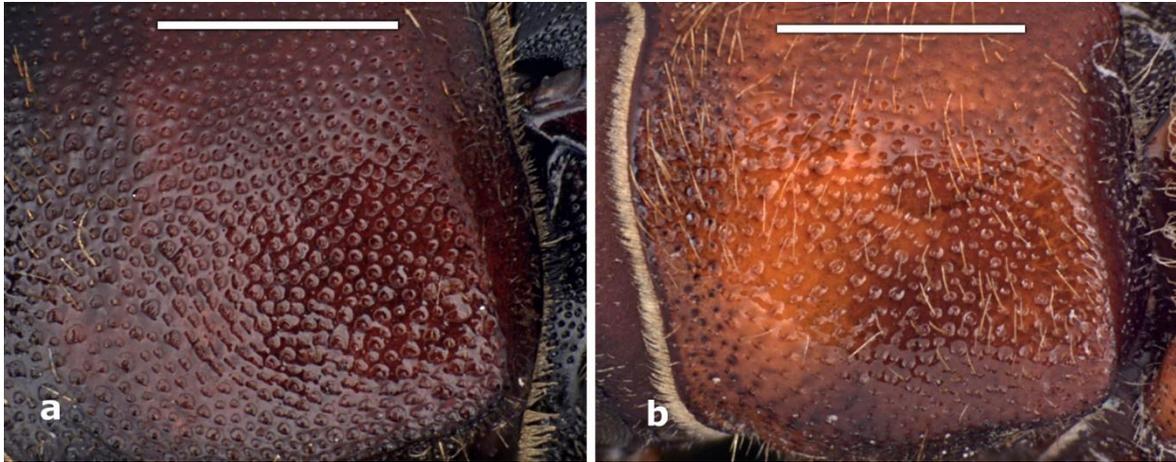


Figura 11. Puntuaciones del pronoto de las hembras de *D. valens* (a) y de *D. rhizophagus* (b). Escalas: 1 mm.

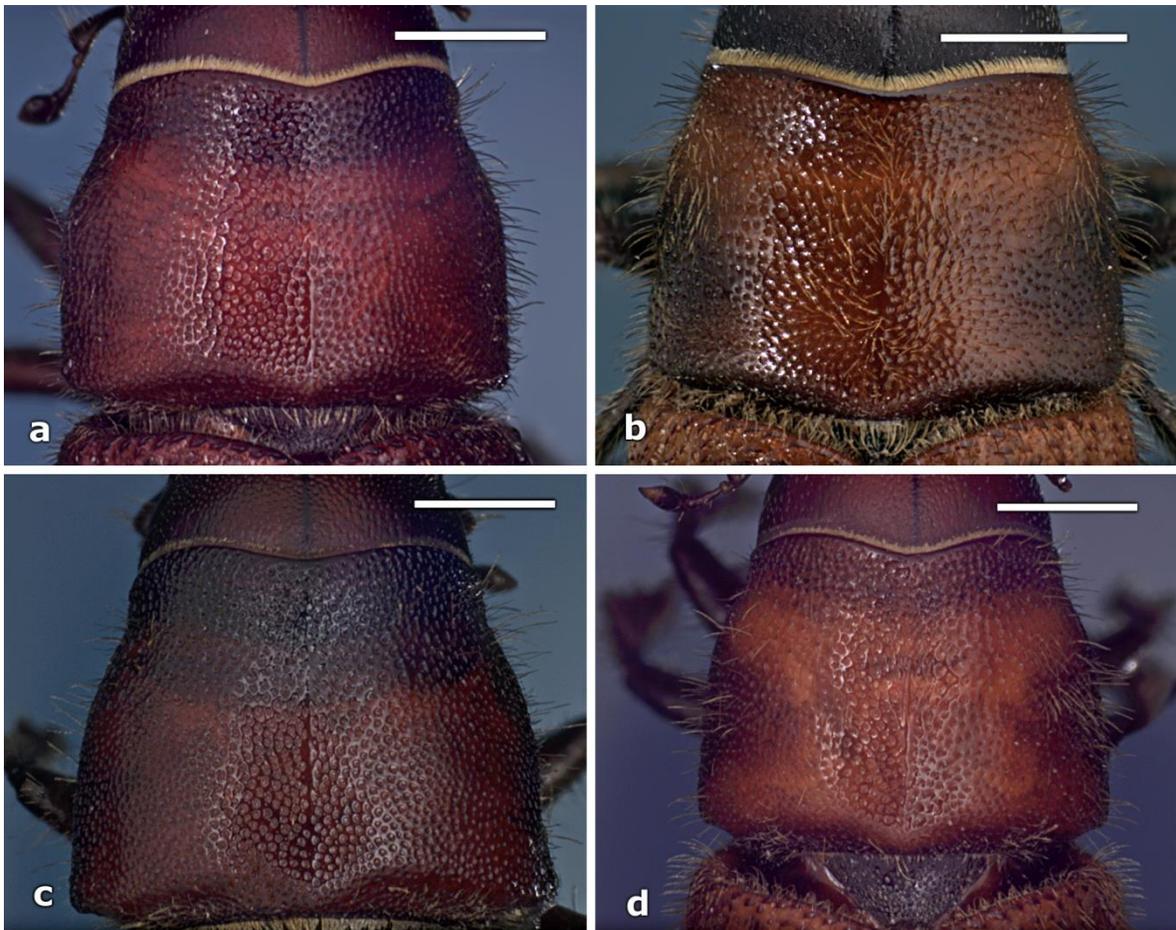


Figura 12. Vista dorsal del pronoto de *D. valens* (a, macho; c, hembra) y *D. rhizophagus* (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.

Élitros. En toda la superficie de los élitros en *D. valens* se presentan granulaciones o crenulaciones en las interestrías. Las crenulaciones son gruesas y abundantes, lo cual hace que la apariencia de los élitros sea rugosa (Figura 13, 14 a, c). En *D. rhizophagus* también se presentan estas crenulaciones pero tienden a ser más pequeñas y menos abundantes y por consiguiente los élitros se aprecian más lisos (Figura 13, 14 b, d). Probablemente la abundancia y tamaño de las crenulaciones de las interestrías hace que las estrías de *D. valens* sean menos visibles lateralmente que en *D. rhizophagus*. Esto concuerda en parte con lo reportado por Wood (1982), quien menciona que las interestrías de los élitros en *D. valens* están provistas de crenulaciones abundantes, pero difiere en donde menciona que estas crenulaciones son pequeñas y confusas, ya que en el presente trabajo se encontró que las crenulaciones en esta especie son abundantes, más pronunciadas y de mayor tamaño que las de *D. rhizophagus*. Por otro lado, Thomas y Bright (1970) mencionan que los élitros de *D. rhizophagus* presentan interestrías con numerosas y pequeñas crenulaciones, lo cual concuerda con el presente trabajo, pero es importante mencionar que estas crenulaciones son más abundantes en *D. valens* y que el tamaño y los márgenes son menos elevados en *D. rhizophagus*. Las puntuaciones de las estrías en *D. valens* son redondas y ligeramente más pequeñas, mientras que en *D. rhizophagus* tienden a ser alargadas y un poco más grandes, esto coincide con lo reportado por Wood (1982); él menciona que las estrías en *D. valens* presentan puntuaciones pequeñas, profundas y que están débilmente impresas, mientras que las de *D. rhizophagus* tienden a ser más largas que las de *D. valens*. Por otro lado Thomas y Bright (1970) mencionan que las estrías de *D. rhizophagus* están débilmente impresas, y que las puntuaciones son moderadas en tamaño y profundidad, lo cual difiere de lo encontrado en el presente trabajo, ya que como se mencionó anteriormente las puntuaciones de las estrías son más grandes y visibles en esta especie.

Las interestrías del declive elitral de *D. valens* (Figuras 15 a, c y 16 a) presentan gránulos y crenulaciones abundantes, grandes y gruesas, lo que hace rugoso al

declive (Figura 15 a); además las puntuaciones en las estrías en esta área son más pequeñas y difusas que en el disco (Figura 15, c). En *D. rhizophagus*, las interestrías del declive (Figura 15 b, d; 16 b) tienen gránulos más pequeños y crenulaciones menos abundantes y más pequeñas, lo cual hace que el declive se aprecie menos rugoso (Figura 15 b). Las puntuaciones en las estrías del declive en *D. rhizophagus* son ligeramente más pequeñas que las del disco pero más grandes y marcadas (Figura 15 d) en comparación con las de *D. valens*. Es importante mencionar que lo anterior se aprecia mejor en las hembras de ambas especies; en los machos las diferencias fueron muy similares pero menos pronunciadas. Lo anterior concuerda con lo reportado por Thomas y Bright (1970); ellos mencionan que el declive elitral de *D. rhizophagus* tiene puntuaciones más pequeñas que las del disco, y que las interestrías presentan una hilera indefinida de pequeños gránulos mezclados con las crenulaciones del disco. También coincide con lo señalado por Furniss y Campos (1985), quienes mencionan que el declive elitral de las hembras de *D. valens* es rugoso debido a la presencia de tubérculos sobre los interespacios entre las estrías, mientras que el declive elitral de las hembras de *D. rhizophagus* es más liso y carece de tubérculos prominentes. La vestidura del declive elitral es más abundante en *D. valens* que en *D. rhizophagus* y dentro de las especies es más abundante en machos que en hembras. Ambas especies presentan setas cortas y largas, aunque en *D. valens* son más gruesas que en *D. rhizophagus*.

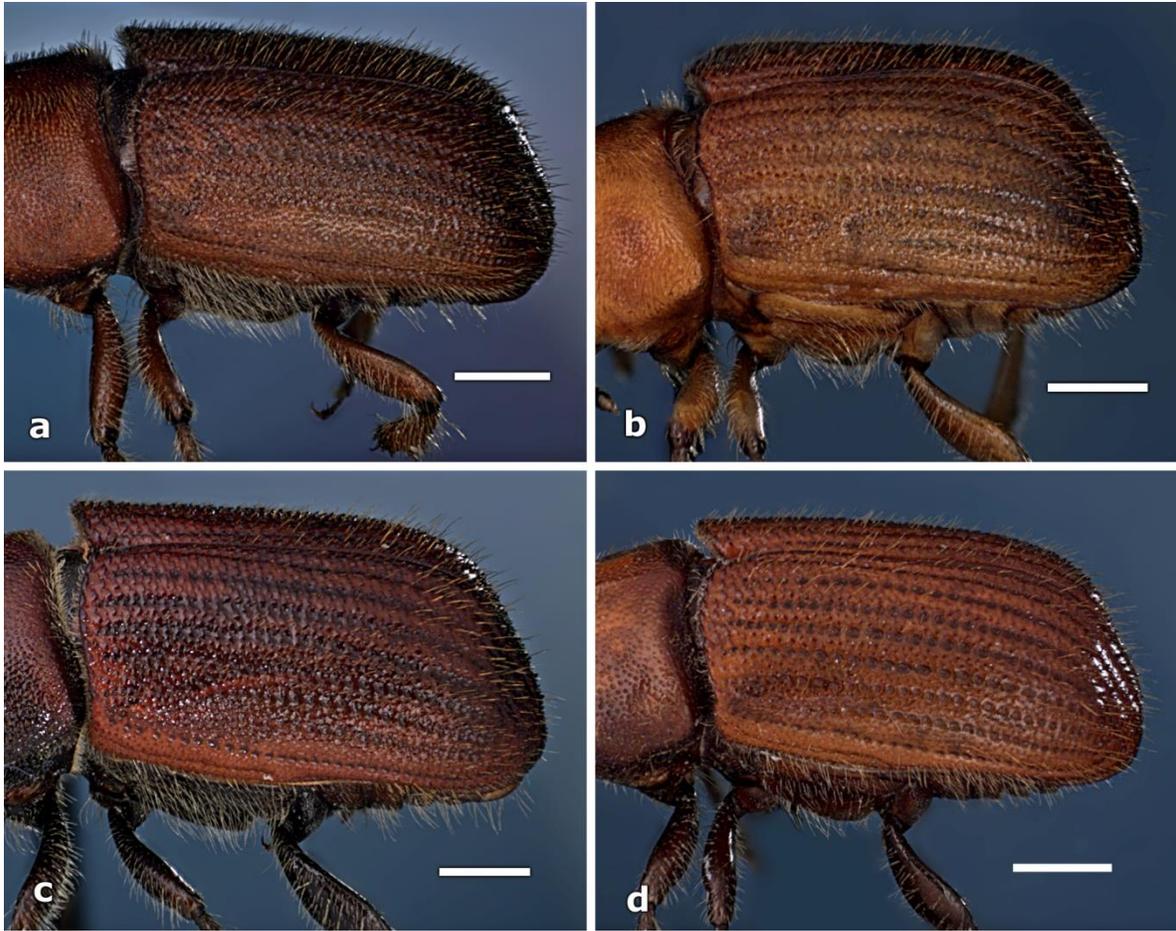


Figura 13. Vista lateral del declive de *D. valens* (a, macho; c, hembra) y *D. rhizophagus* (a, macho; b, hembra). Escalas: 1 mm.

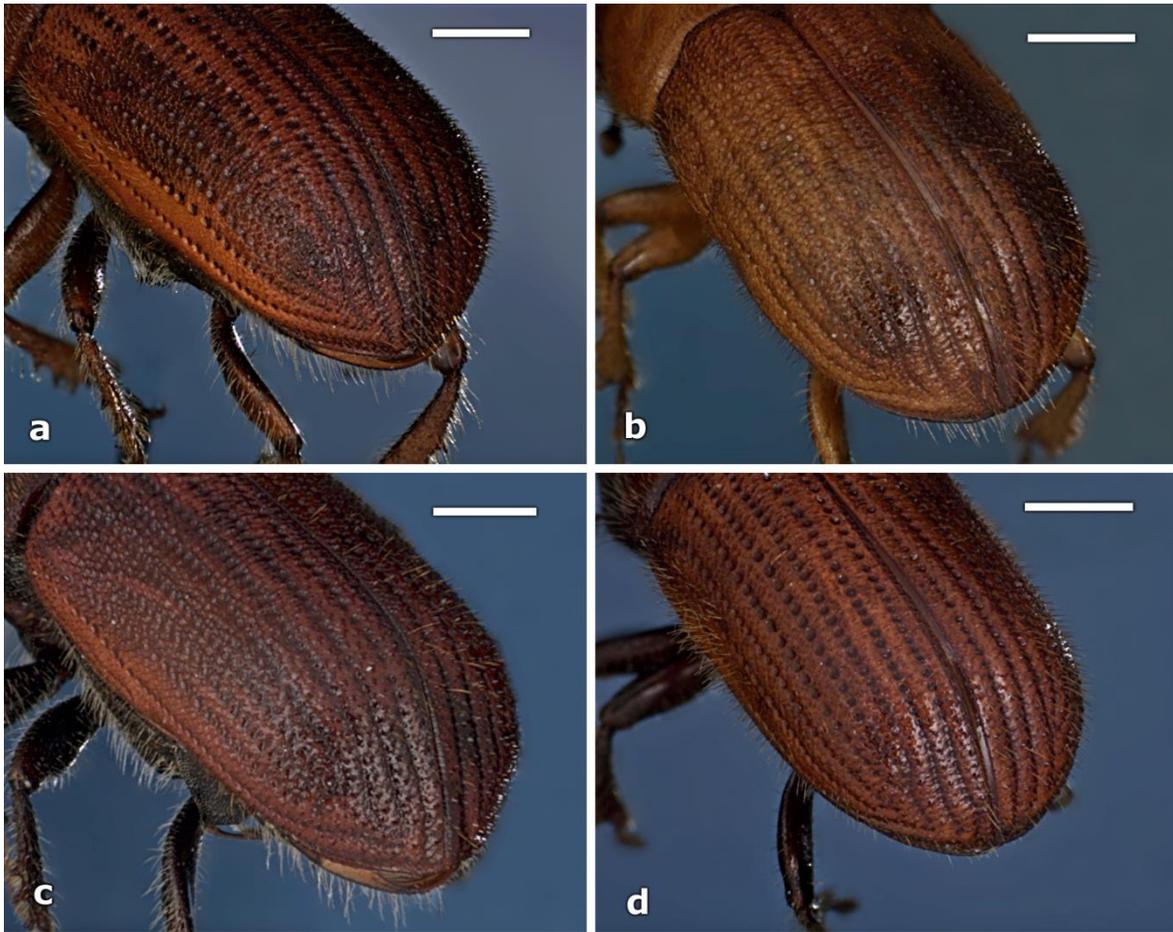


Figura 14. Crenulaciones del declive elitral de *D. valens* (a, macho; c, hembra) y *D. rhizophagus* (b, macho; d, hembra). Escalas: 1 mm.

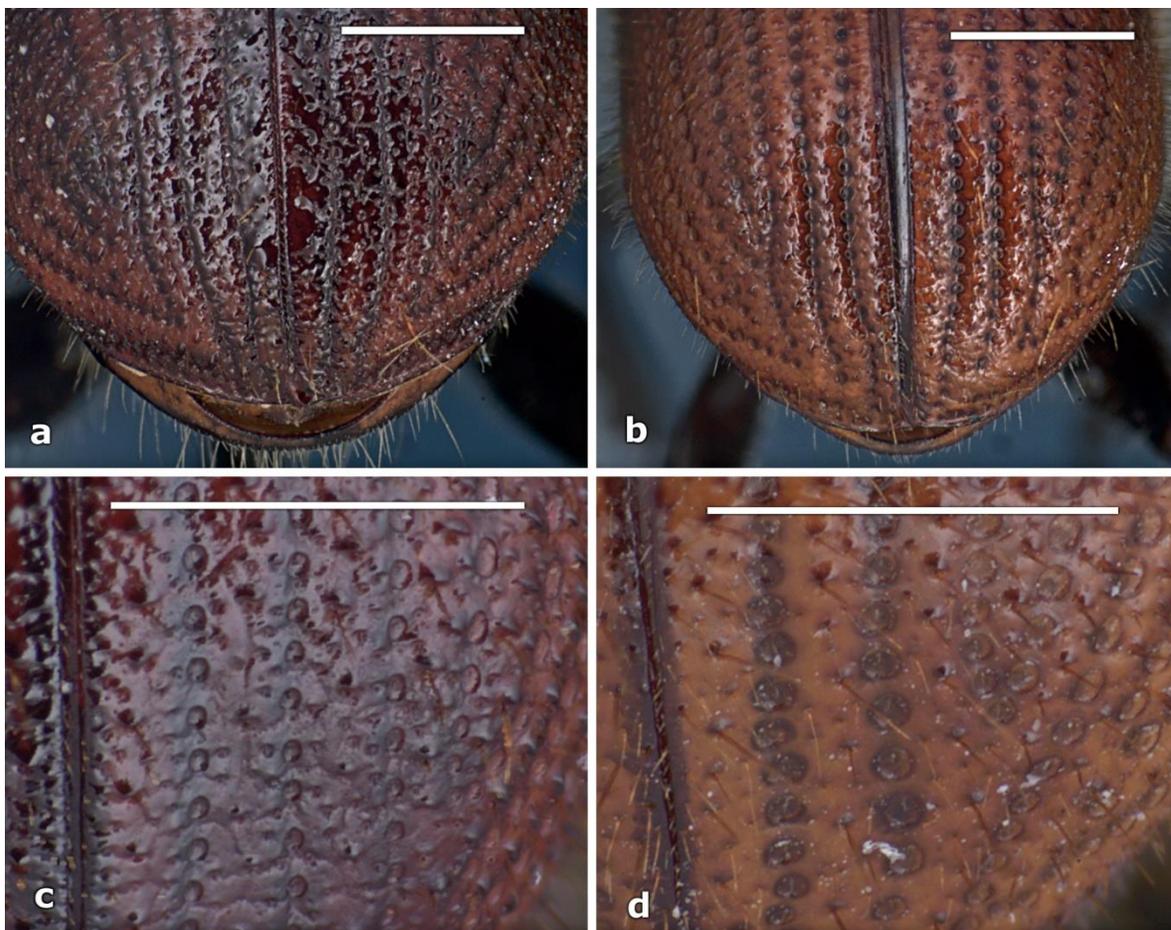


Figura 15. Crenulaciones y puntuaciones del declive elitral de las hembras de *D. valens* (a, c) y *D. rhizophagus* (b, d). Escalas: 1 mm.

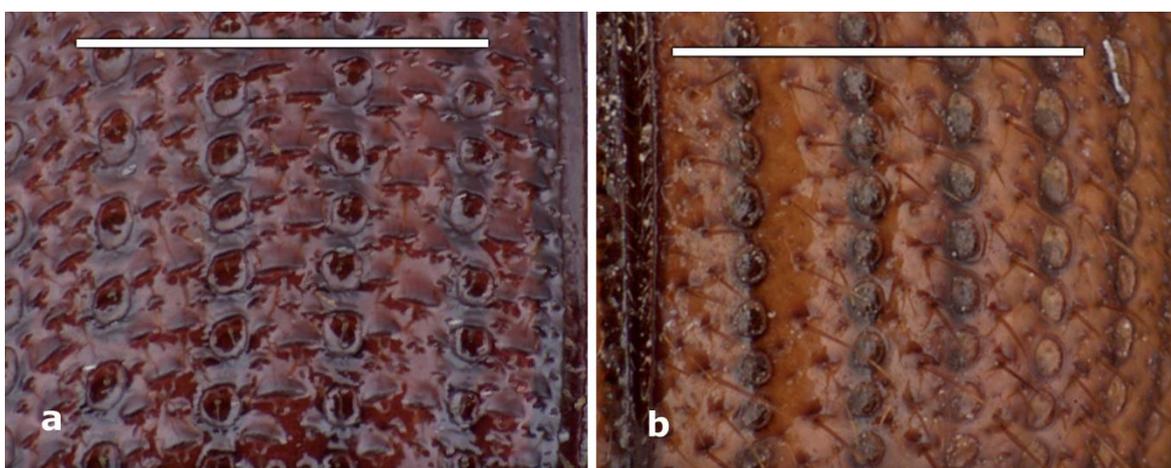


Figura 16. Área anterior del declive elitral de las hembras de *Dendroctonus valens* (a) y *D. rhizophagus* (b). Escalas: 1 mm.

Cuadro 3. Comparación morfológica de *D. valens* y *D. rhizophagus*

Características	Thomas y Bright (1970)	Furniss y Campos (1985)	León (2013)
Tamaño	Rangos de 5.4-9.0 mm (promedio de 8 mm) para <i>D. valens</i> y de 6.0-8.2 mm (promedio de 7.1 mm) para <i>D. rhizophagus</i> .	Rangos de 5.4-9.0 mm (promedio de 8 mm) para <i>D. valens</i> y de 6.0-8.2 mm (promedio de 7.1 mm) para <i>D. rhizophagus</i> .	Rangos de 7.3-9.03 mm (promedio de 8.2 mm) para <i>D. valens</i> y de 6.3-7.7 mm (promedio 7.08 mm) para <i>D. rhizophagus</i> .
Color	El color en <i>D. valens</i> casi siempre café rojizo o marrón rojizo, mientras que en <i>D. rhizophagus</i> los élitros son siempre de color marrón rojizo, pero el pronoto y la cabeza son generalmente más oscuros, similares a <i>D. obesus</i> .	Hubo variación con lo reportado anteriormente en <i>D. rhizophagus</i> y para <i>D. valens</i> la coloración fue café rojizo uniforme.	En <i>D. valens</i> la coloración es marrón-rojiza oscura uniforme, y para <i>D. rhizophagus</i> café claro a oscuro con los élitros café-rojizos, el pronoto y la cabeza más oscuros.
Frente	En <i>D. valens</i> puntiforme con gránulos prominentes entre las punciones, los bordes de las punciones elevados; en <i>D. rhizophagus</i> el área entre las puntuaciones es lisa, excepto cerca de los ojos, y los bordes de las punciones no son elevadas.	<i>D. valens</i> tiene gránulos prominentes causados por los márgenes de las puntuaciones que son elevadas; <i>D. rhizophagus</i> tiene puntuaciones impresas más finas y sin rebordes. Debido a esto; la frente de <i>D. rhizophagus</i> es más brillante y lisa que la de <i>D. valens</i> .	En <i>D. valens</i> las puntuaciones son prominentes y profundas y en <i>D. rhizophagus</i> son finas y superficiales.
Clava antenal	No estudiada	En <i>D. rhizophagus</i> es angular y asimétrica. El segmento basal es negruzco en contraste con el café rojizo de los tres segmentos distales. En <i>D. valens</i> la base es redonda y simétrica y los segmentos de la clava antenal son rojizos uniformes.	La clava antenal es simétrica en <i>D. valens</i> y tiene los cuatro segmentos color café-rojizo uniforme, mientras que en <i>D. rhizophagus</i> la clava es irregular o asimétrica y presenta el primer segmento más oscuro que los tres restantes.

Continuación cuadro 3

Características	Thomas y Bright (1970)	Furniss y Campos (1985)	León (2013)
Área posterolateral de la cabeza	No estudiada	No estudiada	<i>D. valens</i> tiene puntuaciones alargadas, marcadas y con márgenes elevados, mientras que en <i>D. rhizophagus</i> esta área es casi lisa.
Área anterolateral de la cabeza	No estudiada	No estudiada	En <i>D. valens</i> ojos rodeados por puntuaciones profundas en su parte anterior y en áreas cercanas a las antenas, mientras que en <i>D. rhizophagus</i> estas puntuaciones son menos profundas.
Proceso epistomal	Similar al de <i>D. valens</i> , solo que menos cóncavo en el centro.	En <i>D. valens</i> es cóncavo en la parte media y sus márgenes laterales son elevados. En <i>D. rhizophagus</i> los márgenes laterales menos elevados.	Más cóncavo y con márgenes laterales más elevados en <i>D. valens</i> que en <i>D. rhizophagus</i> . Puntuaciones del margen anterior del proceso más profundas en <i>D. valens</i> que en <i>D. rhizophagus</i>.
Prescutum y pronotum	En <i>D. valens</i> el prescutum es brillante intenso y las puntuaciones tienen bordes regulares, mientras que <i>D. rhizophagus</i> tiene superficie mate y puntuaciones con bordes irregulares. Pronoto con superficie brillante y punturas ligeramente impresas en <i>D. rhizophagus</i> .	No se observó que el prescutum de <i>D. rhizophagus</i> fuera opaco, en oposición al brillante de <i>D. valens</i> mencionado por el autor anterior. En <i>D. valens</i> las puntuaciones del pronoto son más profundas y con márgenes más afilados que en <i>D. rhizophagus</i> .	Puntuaciones más profundas y homogéneas en <i>D. valens</i> y más superficiales y heterogéneas en <i>D. rhizophagus</i> .

Continuación cuadro 3

Características	Thomas y Bright (1970)	Furniss y Campos (1985)	León (2013)
Declive Elitral	En <i>D. valens</i> presenta una depresión leve entre la primera y tercera estría. La primera no es prominentemente elevada. En <i>D. rhizophagus</i> la depresión no es evidente y el primer espacio es prominentemente elevado.	En hembras de <i>D. valens</i> es rugoso, debido a la presencia de tubérculos sobre los interespacios entre las estrías. En hembras de <i>D. rhizophagus</i> es más liso y carece de los tubérculos prominentes. En machos las diferencias fueron similares aunque menos pronunciadas.	En <i>D. valens</i> las interestrías presentan gránulos y crenulaciones grandes y abundantes en comparación con las de <i>D. rhizophagus</i> y las puntuaciones de las estrías son más pequeñas en <i>D. valens</i> que en <i>D. rhizophagus</i>.
Placa estridulatoria	No estudiada	Ubicada en el margen posterior del penúltimo terguito de los machos. Es bifurcada, más lisa en <i>D. rhizophagus</i> que en <i>D. valens</i> .	No estudiada
Varilla seminal	En <i>D. rhizophagus</i> más redondeada que en <i>D. valens</i> .	Coincide con los autores anteriores. En <i>D. rhizophagus</i> más redondeada que en <i>D. valens</i> .	No estudiada
Terguito VIII	No estudiado	No estudiado	Los sénsulos tricoideos más abundantes en machos y hembras de <i>D. valens</i> que en machos y hembras de <i>D. rhizophagus</i> . Las islas de esclerosamiento más abundantes en <i>D. valens</i> que en <i>D. rhizophagus</i> .

Continuación cuadro 3

Características	Thomas y Bright (1970)	Furniss y Campos (1985)	León (2013)
Espermateca	No estudiada	No estudiada	Ornamentaciones con estrías horizontales más abundantes en <i>D. valens</i> que en <i>D. rhizophagus</i> .
Edeago	No estudiado	No estudiado	En <i>D. valens</i> los apodemas son rectos de la base a la punta y en <i>D. rhizophagus</i> son rectos en la base y se curvan detrás de la punta. La espícula es ligeramente más ancha en <i>D. valens</i> que <i>D. rhizophagus</i> .

Tradicionalmente se han estudiado caracteres de la morfología externa para la separación de *D. valens* y *D. rhizophagus*; la frente, la clava antenal, proceso epistomal, las puntuaciones del pronoto y el declive elitral, principalmente. En cuanto a la morfología interna, solamente se ha estudiado la varilla seminal de los machos de ambas especies. El presente trabajo incluye otros caracteres que complementaran su identificación; estas incluyen las puntuaciones de la parte anterior del proceso epistomal. Se observó que las puntuaciones en el disco pronotal son más homogéneas en *D. valens* que en *D. rhizophagus*; en el declive elitral de *D. valens* las crenulaciones y los gránulos son más evidentes en comparación con los de *D. rhizophagus*, además las puntuaciones de las estrías son más grandes en *D. rhizophagus* que las de *D. valens*; las puntuaciones del área posterolateral de la cabeza son más profundas en *D. valens* que en *D. rhizophagus*. En la morfología interna se observó que el terguito VIII de *D. valens* muestra islas de esclerosamiento más abundantes en comparación con las de *D. rhizophagus*, además en su región lateral posterior se observa una hendidura que no se aprecia en *D. rhizophagus*; también es clara la diferencia en la abundancia de los sénsulos tricoideos, los cuales son más abundantes en *D. valens* que en *D. rhizophagus*. La espermateca solo muestra diferencias en su región posterior en donde los pliegues son más cercanos en *D. valens* que en *D. rhizophagus*. En el caso específico del edeago solo se distinguen dos diferencias importantes entre las especies; los apodemas son casi rectos desde su base hasta la punta en *D. valens* en tanto que en *D. rhizophagus* son rectos en su base y después de su región media se constriñen para después ensancharse dando la apariencia de paleta; la espícula de *D. valens* es más ancha en toda su longitud en comparación con la de *D. rhizophagus*.

5.2. Morfología interna de *Dendroctonus valens* y *D. rhizophagus*

5.2.1. Abdomen

Esternito VIII. El esternito en los machos presenta pequeñas islas de esclerosamiento en la parte media. Sin embargo, no se aprecian diferencias marcadas que ayuden a la diferenciación de las especies.

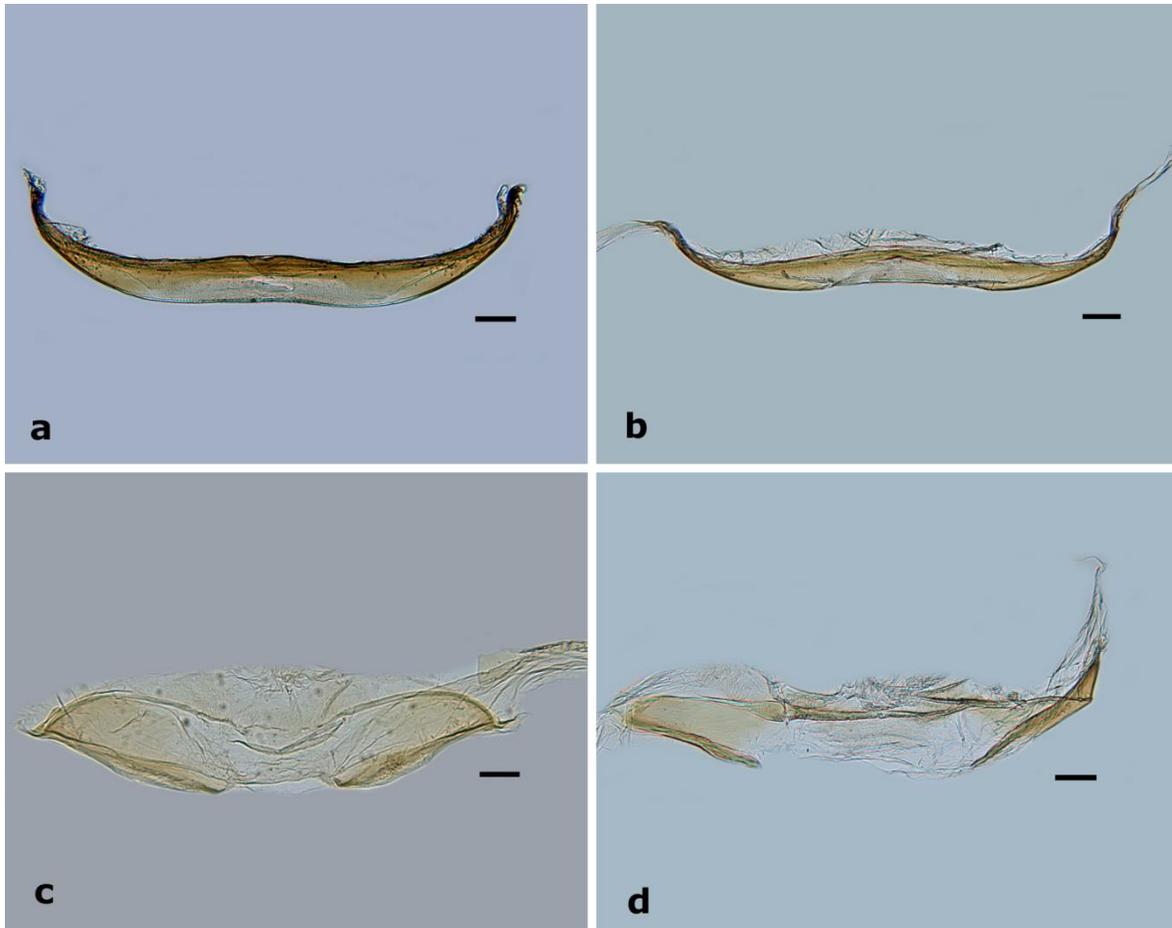


Figura 17. Esternito VIII de *D. valens* (a, macho; c, hembra) y *D. rhizophagus* (b, macho; d, hembra). Escalas: 100 μ m.

Terguito VIII. El terguito VIII en ambas especies se puede dividir en dos áreas: el área anterior membranosa, donde se encuentran las islas de esclerosamiento espaciadas, y el área posterior que presenta mayor esclerosamiento, donde se ubican los sénsulos tricoideos. La forma del terguito es ovalada tanto en machos como en hembras de *D. valens* (Figura 18 a, c), mientras que en *D. rhizophagus* es más bien redondeada (Figura 18 b, d); la parte posterior del terguito tiende a ser plana en *D. valens* y en *D. rhizophagus* redondeada. Los lóbulos laterales en el macho de *D. valens* son ligeramente más anchos y presentan una curvatura tanto en su parte anterior como posterior, a diferencia de los lóbulos del macho de *D. rhizophagus* donde se aprecian menos anchos en su base y la curvatura solo se presenta en su parte anterior. En hembras estos lóbulos son menos prominentes en las dos especies; en *D. valens* esta área presenta una pequeña curvatura en la parte media y en *D. rhizophagus* es recta. Los sénsulos tricoideos son más abundantes en *D. valens* que en *D. rhizophagus*. En ambas especies son más abundantes en machos (Figura 18 a, b) que en hembras (Figura 18 c, d), esto debido a que el área que ocupan en los machos es al menos la mitad o más de la mitad del terguito, mientras que en las hembras ocupan solo un tercio de la parte posterior del mismo. Los sénsulos tricoideos en el macho de *D. valens* abarcan más de la mitad del terguito y son visiblemente más abundantes y gruesos en comparación a los de *D. rhizophagus* que son menos abundantes, más delgados y además en esta especie inician aproximadamente a la altura media del terguito; en contraste, la hembra de *D. valens* presenta sénsulos tricoideos más abundantes pero ligeramente menos gruesos que los de la hembra de *D. rhizophagus* donde las sénsulos son menos abundantes y más gruesos.

Las islas de esclerosamiento en *D. valens* son más abundantes y el espacio que existen entre una y otra es ligeramente más cerrado y muy similar en toda la superficie donde se presentan, además estas islas se distribuyen en casi toda la parte anterior membranosa del terguito, a diferencia de *D. rhizophagus*, donde las islas de esclerosamiento son menos abundantes y la distribución en el área

membranosa también es menor. Con respecto al espacio entre una isla y otra en esta especie es más abierto en la parte central de la escotadura de la membrana, mientras que en áreas laterales cercanas a los brazos (crestas) esclerosados estas islas son muy cerradas y se aprecian casi fusionadas unas con otras. Las islas de esclerosamiento en el macho de *D. valens* son muy abundantes, estas cubren toda la parte central de la escotadura de la membrana y se extienden en gran parte hacia las áreas laterales; estas islas son más espaciadas y abundantes que en el macho de *D. rhizophagus*, en donde las islas de esclerosamiento son menos abundantes y se fusionan en las áreas laterales, donde se unen con las crestas en forma de brazos formadas por el esclerosamiento lateral de la membrana. En esta especie las islas esclerosadas no cubren toda la escotadura de la membrana como en *D. valens* y además en la parte central superior de la escotadura no se presentan islas de esclerosamiento. En la hembra de *D. valens* la parte anterior membranosa del terguito presenta islas de esclerosamiento distribuidas en toda la superficie, aunque son más evidentes en la parte central, esta distribución es similar a la de los machos de esta especie con la diferencia que el espacio membranoso en hembras es mayor debido a que la superficie que ocupan los sénsulos tricoideos es tan solo de un tercio del terguito; estas islas de esclerosamiento tienen espacios muy cerrados entre sí, a diferencia de las de la hembra de *D. rhizophagus* donde la distribución de las islas es menos abundante y además son más espaciadas unas entre otras en especial en la parte central y por el contrario en las áreas laterales las islas se encuentran cerradas y unidas unas con otras. Al igual que en el macho de esta especie en la hembra no se presentan islas de esclerosamiento en la parte anterior central de la escotadura de la membrana. Estas características son compartidas con las hembras de las especies *D. frontalis* y *D. mexicanus*, reportadas por Ríos-Reyes *et al.* (2008).

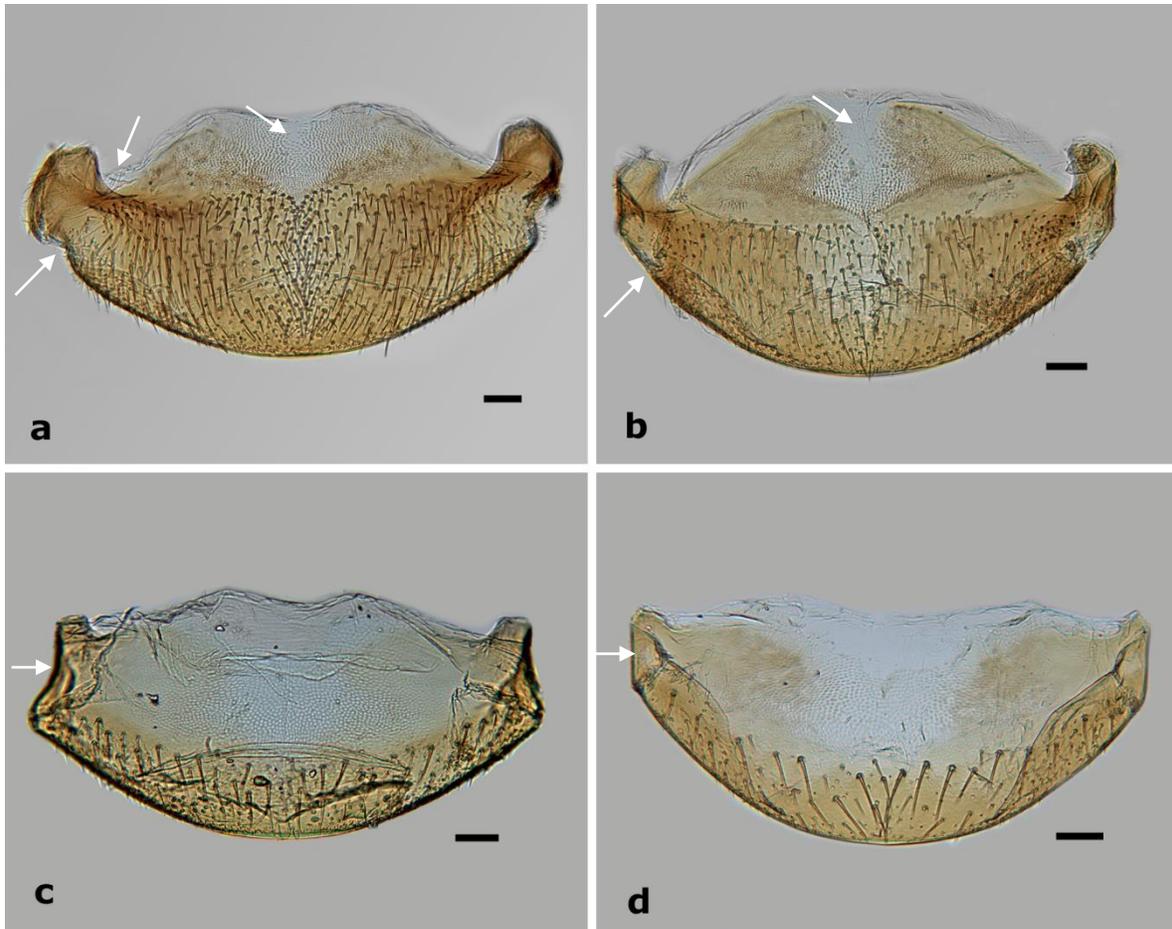


Figura 18. Terguito VIII de *D. valens* (a, macho; b, hembra) *D. rhizophagus* (b, macho; d, hembra). Escalas: 100 μ m.

5.2.2. Genitalia femenina

Espermateca. La forma de la espermateca es de un bulbo cuticular curvo. Esta forma es similar en ambas especies, aunque en *D. valens* (Figura 19 a) el cuello (doblez central) de la espermateca es más curvo y la curvatura es más corta que en *D. rhizophagus* (Figura 19 b). Las ornamentaciones internas de la cápsula constituyen la principal diferencia entre estas especies. Estas ornamentaciones están formadas por estrías horizontales presentes en el área posterior de la espermateca; en *D. valens* cubren aproximadamente un tercio, son más abundantes y son más cercanas unas de otras. En la parte anterior estas estrías se conservan hasta el área donde comienza la curvatura del cuello de la

espermateca, mientras que en su parte posterior estas se conservan un poco antes de la curvatura. En *D. rhizophagus* las estrías horizontales cubren un poco más del tercio posterior de la espermateca, debido a que en esta especie las estrías son mas espaciadas unas de otras y menos abundantes; aproximadamente la mitad que las de *D. valens*. A diferencia de *D. valens*, en *D. rhizophagus* en la parte anterior las estrías se conservan antes de que comience la curvatura del cuello de la espermecateca, mientras que en la parte posterior del cuello estas estrías se conservan donde comienza en la parte anterior la curvatura de la espermacateca.

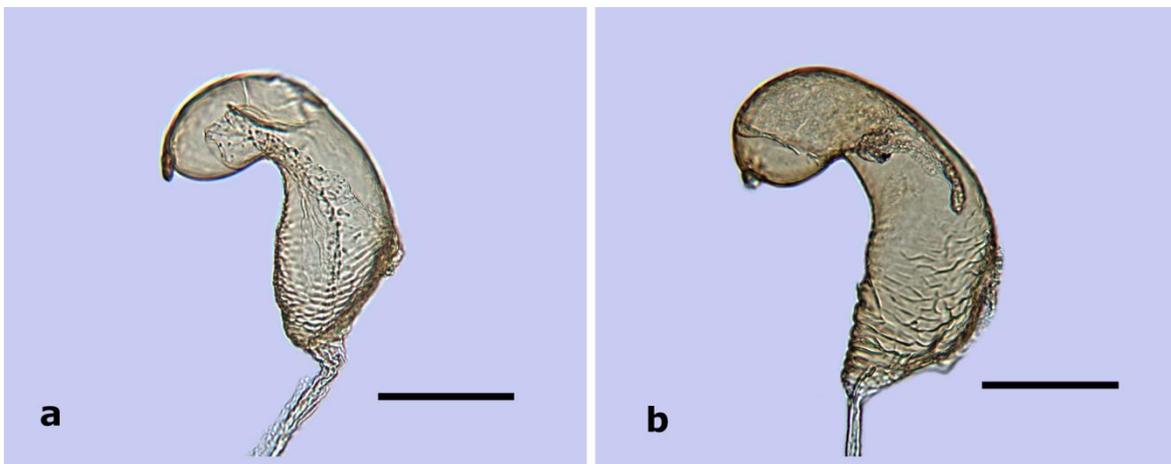


Figura 19. Espermateca, a, *D. valens*; b, *D. rhizophagus*. Escalas: 100 μ m.

5.2.3. Genitalia masculina

Edeago. La forma del edeago es similar en ambas especies, aunque en *D. valens* las puntas de los apodemas son rectos y se aprecian del mismo ancho desde su base hasta la punta (Figura 20 y 21 a), a diferencia de los de *D. rhizophagus* los cuales en su base son similares a los de *D. valens* y después de su región media se curvan para después ensancharse tomando una forma de paleta (Figura 20 y 21 b). Además la espícula se aprecia ligeramente más ancha en *D. valens* que en *D. rhizophagus*.

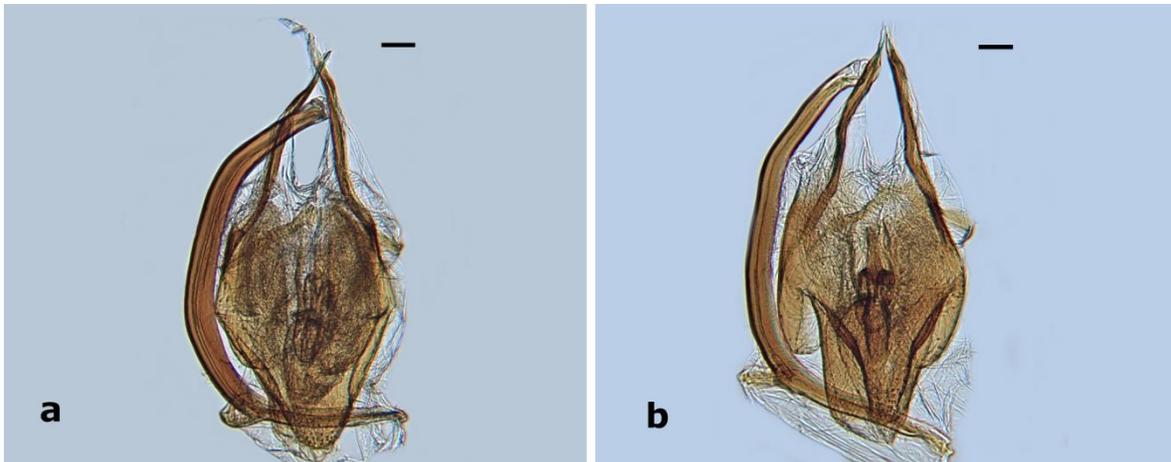


Figura 20. Vista ventral del Edeago, a, *D. valens*; b, *D. rhizophagus*. Escalas: 100 μ m.

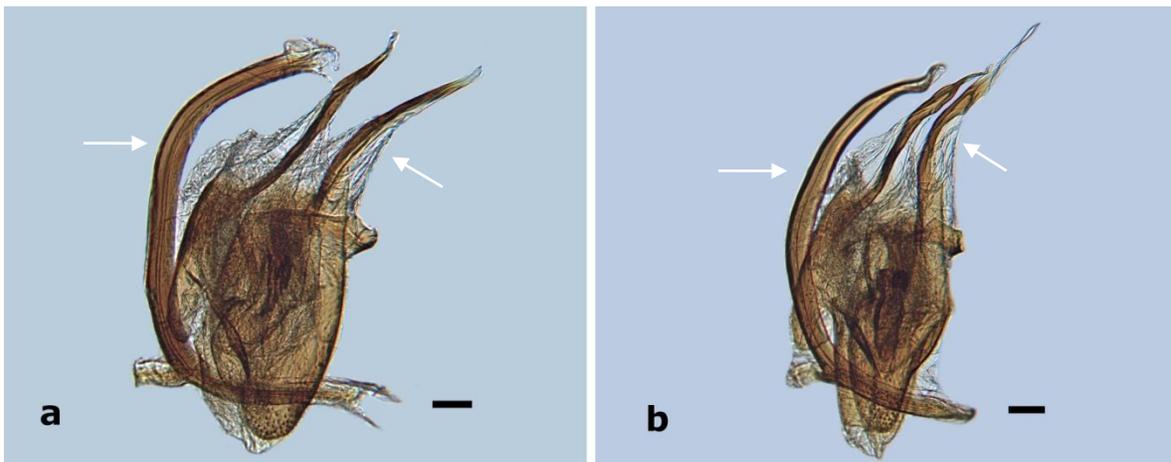


Figura 21. Vista lateral del Edeago: a, *D. valens*; b, *D. rhizophagus*. Escalas: 100 μ m.

5.3. Hongos asociados a *Dendroctonus valens* y *D. rhizophagus*

Los resultados obtenidos para este punto del estudio en relación a los hongos asociados a *D. valens* y *D. rhizophagus* desafortunadamente no fueron satisfactorios ya que no se obtuvieron los hongos de interés (*Ophistoma*, *Ceratocystiopsis* y *Ceratocystis*). Esto debido probablemente a la metodología seguida. La metodología para esta investigación se basó en la realizada por Pérez *et al.*, (2011) para los hongos asociados *Dendroctonus adjunctus*. Terrazas (2006)

desarrollo una metodología para la obtención de hongos asociados a *D. valens* en la cual realizó siembras de adultos de esta especie en medio específico Extracto de Malta Agar utilizando 12.5 g de Extracto de Malta, 20 g de Agar, 0.2 g de cicloexamida y 0.2 g de estreptomina. Además de adultos, sembró larvas y porciones de madera en este medio de cultivo (EMA) después de la desinfección. Tal vez una de las cuestiones principales que influyó en este estudio para que no se desarrollaran los hongos de interés fue que en este caso la cantidad de cicloexamida y estreptomina utilizada fue menor que la utilizada por Terrazas, (2006).

En este trabajo se obtuvo a *Aspergillus* sp y *Penicillium* sp en galerías de *D. rhizophagus* que son hongos causantes de mohos que manchan la superficie de la madera y decoloran la albura. Lu Quan *et al.*, (2009) reportan que de los hongos aislados para su estudio *Penicillium* y *Leptographium* fueron los géneros más frecuentes y que fueron más comúnmente aislados (en aproximadamente el 50%) de la galería, corteza interior y el escarabajo que de la albura.

Debido a lo anterior, se recomienda realizar modificaciones en la metodología de este estudio para obtener resultados satisfactorios. Algunas de estas podrían ser: 1) sembrar adultos de *D. valens* y *D. rhizophagus* o partes del cuerpo del insecto para que sea más probable encontrar estos hongos, además de los trozos de madera, larvas o algún otro estadio de desarrollo que se encuentre; 2) utilizar 2 g de cicloexamida y estreptomina; 3) desinfestar por más tiempo en hipoclorito de sodio las muestras de la corteza.

5.4. Patrones de galerías de *Dendroctonus valens* y *D. rhizophagus*

En todas las muestras de tocones revisados para el estudio de galerías de *D. valens* se encontró un patrón lineal (Figura 22 a). El patrón se preservó tanto en tocones de árboles pequeños como en los tocones de árboles viejos. En las muestras de árboles pequeños obtenidas de Tlaxcala con presencia de *D. valens* se encontraron huevos y adultos; en el material de Puebla de tocones de

árboles grandes se encontraron huevos, larvas, pupas, imagos y adultos (Figura 23).

Los huevos de *D. valens* se encontraron en masa envueltos en excremento y aserrín a lo largo del margen de la galería; las larvas y pupas se encontraron en la parte basal del cuello de la raíz. El diámetro en promedio de los tocones atacados por *D. valens* en Tlaxcala fue de 5.5 cm a nivel del suelo (rangos de 3.18-8.43 cm). Mientras que el promedio de la longitud y ancho de las galerías fue de 16.72 cm y 2 cm respectivamente. El diámetro de los tocones de Puebla, tuvieron un promedio de 37.5 cm aproximadamente.

Por otro lado, con respecto a *D. rhizophagus* se encontró que el patrón de la galería fue en espiral, y que el diámetro de los tocones infestados por esta especie fue de 4.8 cm en promedio (rango de 2.8-7.63 cm). La longitud y ancho de las galerías fue de 15.06 cm y 1.37 cm en promedio respectivamente. Lo anterior concuerda con lo reportado por Wood (1982), el menciona que las galerías de *D. valens* en México son lineales y que los huevos se depositan a lo largo de la galería envueltos en excremento. En cuanto al diámetro de los tocones, lo encontrado en Puebla coincide con Wood (1982), ya que él menciona que normalmente *D. valens* ataca árboles o tocones con diámetros mayores a los 20 cm de diámetro; pero difiere con lo encontrado en Tlaxcala ya que el diámetro de los árboles atacados por esta especie fue menor que lo reportado por este autor. Con respecto a *D. rhizophagus* lo reportado en este estudio concuerda con lo encontrado por Thomas y Bright (1970) y por Cibrián *et al.* (1995) ellos mencionan que la hembra comienza una galería en espiral; lo cual, hace que los adultos atacantes circunciden al árbol causándole la muerte. También concuerda con lo encontrado por Thomas y Bright (1970) donde mencionan que *D. rhizophagus* frecuentemente ataca arboles con diámetro a nivel del suelo menores a 5 cm (rangos 1.9-10 cm).

Este reporte de *D. valens* en tocones de árboles menores a los 20 cm de diámetro es importante ya que generalmente esta especie no se encuentra en árboles o tocones con diámetros tan pequeños.

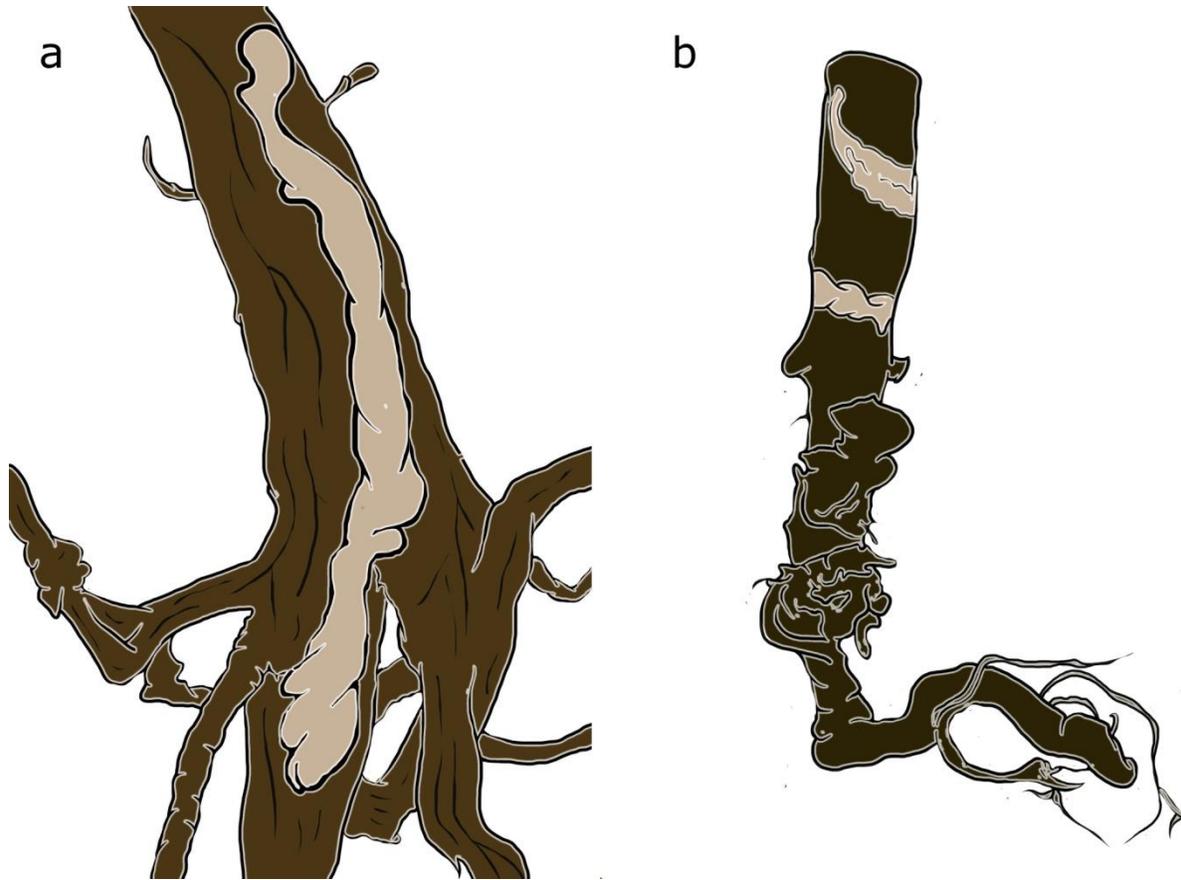


Figura 22. Diseño de sistema de galerías de *D. valens* (a, lineal) y *D. rhizophagus* (b, espiral).



Figura 23. Sistemas de Galerías de *D. valens* (a, b) y *D. rhizophagus* (c, d).

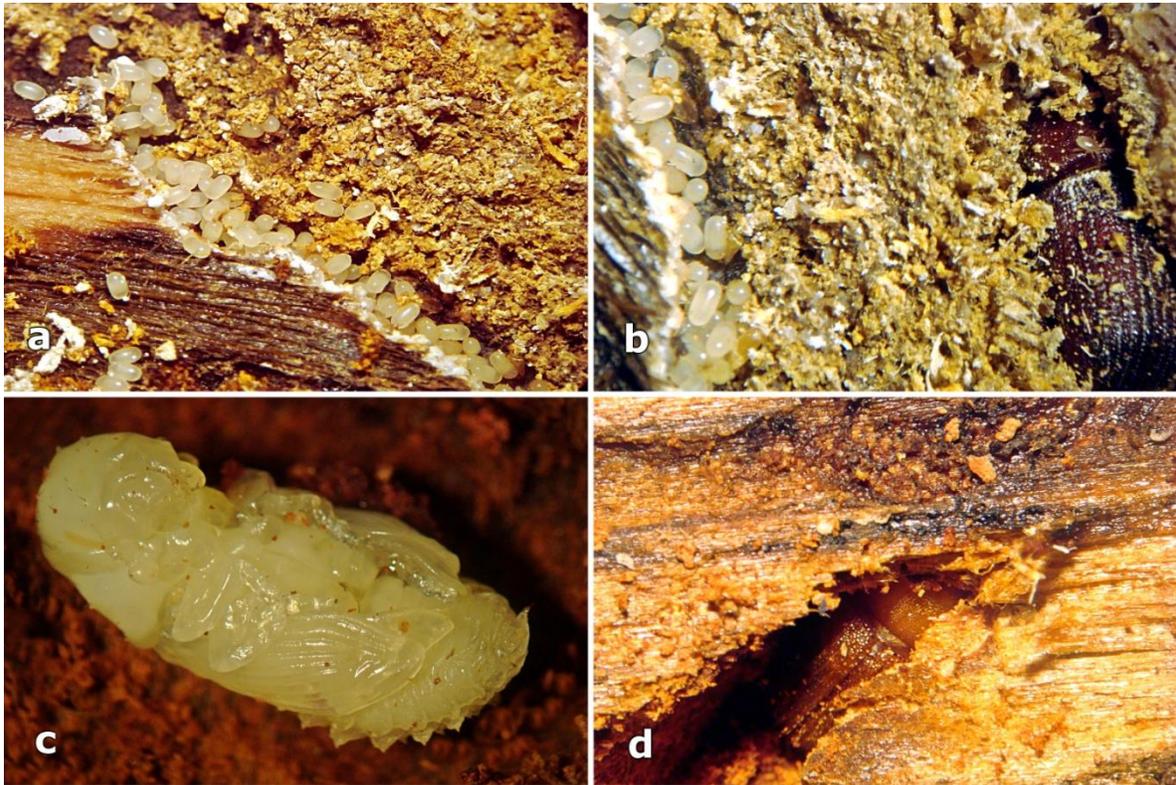


Figura 24. *Dendroctonus valens*. a) Galería lineal, b) huevos y adulto, c) pupa, d) imago.

6. CONCLUSIONES

La separación de *Dendroctonus valens* y *D. rhizophagus* se ha apoyado en caracteres morfológicos externos que incluyen las puntuaciones frontales, el proceso epistomal, la diferencia en la simetría de las antenas y en el declive se marca la diferencia en las crenulaciones entre ambas especies. Estos caracteres fueron corroborados en la presente investigación.

Se adicionan nuevos caracteres que pueden ser útiles en su separación; en el área posterolateral de la cabeza las puntuaciones son más profundas en *D. valens* que en *D. rhizophagus*.

En el disco pronotal las puntuaciones son más homogéneas en tamaño y forma en *D. valens* a diferencia de las de *D. rhizophagus* que son heterogéneas.

En el declive elitral las puntuaciones de las estrías son más grandes en *D. rhizophagus* que en *D. valens*.

En el terguito VIII, se aprecian diferencias básicas entre las especies, las islas de esclerosamiento en la región anterior son más abundantes en *D. valens* que en *D. rhizophagus*. Las sensilas tricoideas son más abundantes en *D. valens* que en *D. rhizophagus*.

Los pliegues en la región posterior de la espermateca son más cercanos en *D. valens* que en *D. rhizophagus*.

El edeago de ambas especies muestra dos diferencias importantes; la espícula es más ancha en toda su longitud en *D. valens* que la de *D. rhizophagus*; los apodemas son más rectos en *D. valens* que los de *D. rhizophagus*.

Los hongos asociados a *D. rhizophagus* fueron identificados como *Aspergillus* sp y *Penicillium* sp; conocidos como hongos causantes de mohos en la madera. En *D. valens* no fue posible el aislamiento de los hongos.

En México no se habían reportado ataques de *D. valens* en diámetros pequeños por lo que en este estudio se reporta del estado de Tlaxcala galerías en árboles de 5.5 cm. Las galerías encontradas fueron de una longitud promedio de 16.72 cm. Se confirma el patrón de galería es vertical (lineal) en *D. valens* y en espiral para *D. rhizophagus*.

7. LITERATURA CITADA

- Armendáriz-Toledano, F., Torres-Banda, V., López, M. F., Villa-Castillo, J. y Zúñiga, G. 2012. New record and extension of the distribution range of the bark beetle *Dendroctonus rhizophagus* (Curculionidae: Scolytinae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83: 850-853.
- Atkinson, T. H. and Equihua, M. A. 1995. Notes on Biology and Distribution of Mexican and Central American Scolytidae (Coleoptera). I. Hylesininae, Scolytinae Except Cryphalini and Corthylini. *The Coleopterists Bulletin*, 39: 227-238.
- Burgos-Solorio, A y Equihua, M. A. 2007. Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) de Jalisco, México. *Dugesiana*, 14: 59-82.
- Cibrián, T. D., D. Alvarado, R. y S. E. García. (Eds.). 2007. Enfermedades Forestales en México/ Forest Diseases in Mexico. Universidad Autónoma Chapingo; CONAFOR-SEMARNAT, México; Forest Service USDA, EUA; NRCAN Forest Service, Canadá y Comisión Forestal de America del Norte, COFAN, FAO. Chapingo, México. 587 p.
- Cibrián, T. D., Méndez M. T. J., Campos B. R., Harry Y. O. y Flores L. J. 1995. Insectos Forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales (Di. Ci. Fo.), México, 453 p.
- Croisé, L., F. Lieutier, H. Cochard, E. Dreyer, 2001. Effects of drought stress and high density stem inoculations with *Leptographium wingfieldii* on hydraulic properties of young Scots pine trees. *Tree Physiology* 21:427-436.
- Estrada, M. O. 1983. Biología del descortezador del renuevo de pino, *Dendroctonus rhizophagus* T. y B. (Col.: Scolytidae) en la región de Mesa del Huracán, Chih. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 74 p.
- Furnis, M. M. and Campos, B. R. 1985. Anatomía Comparativa de Adultos de Poblaciones Simpatricas de *Dendroctonus rhizophagus* Thomas & Bright, y *Dendroctonus valens* Le Conte, en Chihuahua, México. Memoria de los Simposia Nacionales de Parasitología Forestal II y III. Secretaria de agricultura y Recursos Hidráulicos. 872 p.
- Granados, S. D., López, R. G. F. y Hernández, G. M. A. 2007. Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo*, 13, 67-83.

- Hai-Bo, C, Zhen, Z., Hong-Bin, W. and Xiang-Bo, K. 2010. Antennal morphology and sensilla ultrastructure of *Dendroctonus valens* LeConte (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae), an invasive forest pest in China. *Micron*, 41: 735–741.
- Jiménez, M. E., López, Z. L. B., Toledo, M. L. I., Alfaro, E. J. A. y Lazo, U. J. N. 2005. Insectos descortezadores de pino y sus principales depredadores naturales. Guía Técnica No. 9. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- Landaverde, T. R. A. 2001. Los escarabajos descortezadores del género *Dendroctonus* Erichson. Plaga de las pináceas en Centro América. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (OIRSA). Dirección Técnica de Sanidad Vegetal. San Salvador, El Salvador, c. a. 31 p.
- Lu, Q., Decock, C., Zhang, X. Y. and Maraite, H. 2008. *Leptographium sinoprocerum* sp. nov., an undescribed species associated with *Pinus tabulaeformis*-*Dendroctonus valens* in northern China. *Mycologia* 100:275–290. doi:10.3852/mycologia, 100.2.275.
- Lu, Q., Decok, C., Zhang, X. Y. and Maraite, H. 2009. Ophiostomatoid fungi (Ascomycota) associated with *Pinus tabulaeformis* infested by *Dendroctonus valens* (Coleoptera) in northern China and an assessment of their pathogenicity on mature trees. *Antonie van Leeuwenhoek*, 96: 275–293.
- Min Lu, Zhou, X.D., De Beer, Z.W., Wingfield, M.J. and Sun, J. H. 2009. Ophiostomatoid fungi associated with the invasive pine-infesting bark beetle, *Dendroctonus valens*, in China. *Fungal Diversity*, 38: 133-145.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2011. Situación de los Recursos Genéticos Forestales en México. Informe final del proyecto TCP/MEX/3301/MEX (4), 87 p.
- Paine, T., Raffa, K. and Harrington, T. 1997. Interactions among scolytid bark beetles, their associated fungi, and live host conifers. *Annual Review of Entomology*, 42: 179-206.
- Pérez, V. O. A. 2009. Caracterización Morfológica, Molecular e Histopatología de Hongos Ophiostomatoides Asociados al Pino de las Alturas (*Pinus hartwegii* Lindl). Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. 116 p.

- Pérez, V. O. A., Alvarado, R. D., Cibrián, T. D., Equihua, M. A. y Cárdenas, S. E. 2011. Hongos Ophiostomatoides de Galerías de *Dendroctonus adjunctus* Blandford en *Pinus hartwegii* Lindl. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. Vol. 2 Núm. 8.
- Pérez-Vera, O. A., Alvarado-Rosales, D., Cárdenas-Soriano, E., Equihua-Martínez, A., Cibrián-Tovar, D., Álvarez-Moctezuma, J. G., Mejía-Sánchez, D. y Harrington, T. C. 2009. *Ophiostoma ips* asociado al insecto descortezador (*Dendroctonus adjunctus*) del pino de las alturas (*Pinus hartwegii*). Revista Mexicana de Micología, 30: 9-18.
- Popp, M. P., D. J. Johnson, M. S. Lesney, 1995. Characterization of the induced response of slash pine to inoculation with bark beetle vectored fungi. Tree Physiology 15:619-623.
- Ríos-Reyes, A. V., Valdez-Carrasco, J. and Equihua-Martínez, A. 2008. Identification of *Dendroctonus frontalis* (zimmermann) and *D. mexicanus* (hopkins) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) Through Structures of the Female Genitalia. The Coleopterists Bulletin, 62: 99-103.
- Rose, C. W. E. 1964. Biología y Ecología del Descortezador del Pino, *Dendroctonus valens* Lec. (Coleoptera: Scolytidae). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, México, 53 p.
- Salinas-Moreno, Y., Vargas M. C. F., Zúñiga, G., Víctor, J., Ager, A. y Hayes, J. L. 2010. Atlas de Distribución Geográfica de los Descortezadores del Género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) en México. Instituto Politécnico Nacional, Comisión Nacional Forestal. México, 90 p.
- SEMARNAT. 2005. Capítulo 5. Aprovechamiento de los recursos forestales, pesqueros y de la vida silvestre. SEMARNAT, Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Disponible en: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/pdf/cap5.pdf
- Six, D. L. and Klepzing, K. D. 2004. *Dendroctonus* Bark Beetles as Model Systems for Studies on Symbiosis. *Symbiosis*, 37 (1), 207-232. 37.
- Terrazas, S. G. 2006. Ecología Química y Hongos Asociados de *Dendroctonus valens* Le Conte (Coleoptera: Scolytidae). Tesis Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. 52 p.

- Thomas, J. B. and Bright Jr, D. E. 1970. A new species of *Dendroctonus* (coleoptera: scolytidae) from México. The Canadian Entomologistic 102: 479-483.
- Triplehorn and N. F. Jonson. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects [pp. 370] Thomson. United Status of America. 866 p.
- Wood, S. L. 1982. The Bark and Ambrosia Beetles of North and Central America (Coleoptera:Scolytidae), a Taxonomic Monograph [pp. 159–167] Brigham Young University, Provo, Utah, United State of North America. 1327 pp.
- Yang, Z., J. Sun, O. Don y Z. Zhang. 2005. The red turpentine beetle, *Dendroctonus valens* Le Conte (Scolytidae) an exotic invasive pest of pine in China. Biodiversity and Conservation, 14:1735-1760.
- Zipfel, R. D., Beer, Z. W., Jacobs, K., Wingfield, B. D. and Wingfield, M. J. 2006. Multi-gene phylogenies define *Ceratocystiopsis* and *Grosmannia* distinct from *Ophiostoma*. Studies in Mycology, 55: 75–97.
- Zúñiga, G., Mendoza-Correa, G., Cisneros, R., Y. Salinas, M. Y. 1999. Zonas de Sobreposición en las Áreas de Distribución Geográfica de las Especies Mexicanas de *Dendroctonus* Erichson (Coleoptera: Scolytidae) y sus implicaciones ecológico-evolutivas. Acta Zoológica Mexicana, 77: 1-22.