

14
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza

Estudio de la Anatomía e Histología del tubo digestivo de
Dendroctonus adjunctus Blandf. (Coleoptera Scolytidae).

TESIS

Que para obtener el título de

BIOLOGO

P r e s e n t a

Marina González Herrera

México, 1993.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

PAG.

R E S U M E N

I	INTRODUCCION	
I.1	ORIGEN DE LA FAMILIA SCOLYTIDAE	1
I.2	UBICACION TAXONOMICA DE <i>D. adjunctus</i>	2
I.3	ESTADOS DE DESARROLLO	3
I.4	GENERACIONES	5
I.4.1	ORGANISMOS ASOCIADOS	6
I.4.2	COMPORTAMIENTO DE ATAQUE	7
I.4.3	INTERACCIONES QUIMICAS PINO-DESCORTEZADOR	8
I.5	ORGANIZACION DEL TUBO DIGESTIVO EN COLEOPTERA	10
I.6	IMPORTANCIA DEL TRABAJO	12
I.7	ANTECEDENTES DEL TRABAJO	14
II	OBJETIVO	16
III	MATERIAL Y METODOS	16
III.1	OBTENCION Y FIJACION DEL MATERIAL	17
III.2	TECNICA DE INCLUSION EN PARAFINA	17
III.3	TECNICAS DE TINCION	18

IV	RESULTADOS	
IV.1	DESCRIPCION ANATOMICA DEL TUBO DIGESTIVO DE <i>D. adjunctus</i>	19
IV.2	DESCRIPCION HISTOLOGICA	21
V	DISCUSION	33
VI	CONCLUSIONES	61
VII	RECOMENDACIONES	64
VIII	ILUSTRACIONES	65
ANEXO I.	PREPARACION DE FIJADORES	99
ANEXO II.	TECNICA DE INCLUSION EN PARAFINA	101
ANEXO III.	TECNICAS DE TINCION	102
ANEXO IV.	TECNICAS HISTOQUIMICAS	106
	CITAS BIBLIOGRAFICAS	108

RESUMEN

México, por sus características geográficas y condiciones climatológicas, posee una gran variedad de especies forestales en su territorio.

El aumento de la población humana y consecuente incremento de satisfactores han incidido directamente sobre la explotación de los bosques de coníferas, situación que ha promovido el desequilibrio de estas comunidades vegetales y la aparición de plagas y enfermedades dentro de las mismas.

En este sentido, los insectos descortezadores, especialmente los del género *Dendroctonus* que se ubican dentro de los coleópteros de la familia Scolytidae, han cobrado importancia por el daño que causan a los bosques de pinos y las consecuencias ecológicas que conllevan la desaparición o el aclareo dentro de un bosque.

Las especies del género *Dendroctonus* en México se han estudiado desde diferentes puntos de vista, entre los que destacan los ciclos de vida y los métodos de manejo y control, sin embargo pocos estudios se basan en el análisis de características anatómicas e histológicas que permitan describir la anatomía interna y composición celular del tubo digestivo e inferir o determinar los lugares de secreción que puede haber a lo largo del mismo y correlacionar estos resultados con la dieta de los organismos.

Por ello, en el presente trabajo se describe por vez primera la Anatomía e Histología del tubo digestivo de *Dendroctonus adjunctus* con la finalidad de ampliar los conocimientos que se tienen al respecto de esta especie y los correspondientes a la parasitología forestal.

Los ejemplares se colectaron en un bosque de pino-encino-abeto en la Ciudad de la Ciencia y Tecnología (CICITEC) del I P N, ubicado en las colindancias del Distrito Federal y los Estados de México y Morelos.

El estudio anatómico comprendió la observación de tubos digestivos de insectos adultos y la comparación de las estructuras encontradas con las comunicadas para otros coleópteros.

Para realizar el estudio histológico, se utilizaron tres fijadores de los cuales la solución de Zenker y la de Formadlehido en solución de fosfatos conservaron mejor los tejidos, se hicieron ocho técnicas de tinción para resaltar tejidos, observar las características celulares de los mismos, inferir el tipo de material secretor y el contenido alimenticio del tubo digestivo.

Los resultados señalan que el tubo digestivo de *D. adjunctus* difiere poco de los coleópteros estudiados con anterioridad, sin embargo, presenta características particulares no encontradas en

otras especies de escolítidos, aspectos que promueven y plantean nuevas expectativas de estudio.

Tales características son: la presencia de cerdas esofágicas, división del buche en dos zonas, división del proventriculo en tres zonas debido a la estructura del armario, diferentes aspectos celulares desde la válvula ventricular hasta el mesenterón, relación de los túbulos de Malpighi con el mesenterón y los cuerpos grasos, ubicación del sistema criptonefridial a nivel del ileo y la posición de los ciegos gástricos al final del mesenterón.

I. INTRODUCCION

I.1 ORIGEN DE LA FAMILIA SCOLYTIDAE

La diversificación de la clase Insecta ocurrió hace 300 millones de años durante el Período Carbonífero (Crowson, 1960; Micholeit, 1973 en Gudiño, 1985). Una evidencia fósil reciente señala, que el orden Coleoptera tuvo su origen en los Neurópteros durante el periodo Pérmico.

La familia Scolytidae aparece durante el Triásico tardío y el Jurásico temprano, derivada de un grupo ancestral del cual no se tiene evidencia fósil, y que dió origen tanto a los curculiónidos como a los escolítidos (Rose, 1964).

Los primeros registros fósiles de la familia Scolytidae provienen de Colorado y Wyoming y corresponden al Eoceno. En Europa, se han encontrado ejemplares inmersos en resina semejantes a los miembros de la subfamilia Hylesininae, que corresponden a formaciones del Oligoceno (Schwert y col., 1985).

El género *Dendroctonus* tiene un origen reciente, y está estrechamente relacionado con la diversificación del género *Pinus*; el registro fósil es escaso y proviene principalmente de formaciones del Mioceno y del Plioceno. De hecho se considera, que la diversificación del género y de otros géneros de escolítidos emparentados ocurrió de manera simultánea con la del grupo de las coníferas en América (Mitton y Sturgeon, 1982; Wood, 1982; Wood, 1985).

I.2 UBICACION TAXONOMICA DE *Dendroctonus adjunctus*

La familia Scolytidae a nivel mundial incluye 25 tribus, 18 de ellas se encuentran en México y engloba 74 géneros con 655 especies (Wood, 1982; Atkinson, 1985). El número de Taxa de esta familia presentes en México, supera las comunicadas para Canadá y Estados Unidos juntas.

El género *Dendroctonus* está formado por 19 especies taxonómicas, 17 de la cuales se encuentran en América y dos en Europa y Asia. En México se localizan 13 especies, de las cuales cuatro son endémicas (Perusquia, 1978; Wood, 1982).

De las especies que se encuentran en México destacan, por las pérdidas económicas y daños ecológicos considerables que causan al sector forestal, *Dendroctonus mexicanus*, *Dendroctonus frontalis*, *Dendroctonus adjunctus* y *Dendroctonus rhizophagus*.

La especie *D. adjunctus* se distribuye en 12 entidades de la República Mexicana: Coahuila, Chihuahua, Durango, Tlaxcala, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Veracruz, México y el Distrito Federal (Fig. 1).

La especie habita en bosques de coníferas (Fam: Pinaceae) principalmente de clima templado frío. Entre sus principales hospederos están *Pinus hartwegii* y *Pinus montezumae*, aunque también se han encontrado sobre otras especies de pinos como *P. rudis*, *P. durangensis*, *P. cooperi*, *P. arizonica*, *P. herrerae*, *P. pinceana*, *P. ayacahuite*, *P. chihuahuana*, *P. ponderosae*, *P. pseudostrobus* y *P. tenuifolia* (Gudiño, 1985; Rodríguez, 1982).

Las altitudes en las que se localiza *D. adjunctus* son mayores de los 2600 m s.n.m. (Islas, 1974) aunque los datos de colecta indican que se puede encontrar entre los 2,400 y los 3,820 m s.n.m. (Gudiño, 1985; Vázquez, 1989). El localizarse en estos niveles de altitud ha permitido que se le conozca como el descortezador de las alturas.

I.3 ESTADOS DE DESARROLLO

Como la mayoría de los coleópteros, *Dendroctonus adjunctus* presenta varios estados de desarrollo que comprenden el huevecillo, la larva, la pupa y el adulto (Cibrián, 1982; Rodríguez, 1982; Wood, 1982).

El huevecillo es de forma oblonga, color blanco aperlado brillante que con el tiempo cambia a blanco opaco y mide en promedio 0.98 mm de longitud y 0.61 mm de ancho.

La larva es ápoda eucéfala, con la cabeza bien desarrollada y las mandíbulas fuertemente esclerizadas; su cuerpo es blanco cremoso, brillante y de 6 mm de longitud. En este estado se presentan cuatro estadios que se diferencian por la medida de sus cápsulas cefálicas.

La pupa es de tipo exarate, de color blanco cremoso al principio del estadio, posteriormente, se observan zonas oscuras en las mandíbulas, parte de las alas y los ojos; mide entre 5.1 y 5.19 mm.

El macho adulto es de color negro o café oscuro con una fuerte pigmentación a lo largo del margen angular del séptimo terguito abdominal y mide en promedio de 4.9 a 5.2 mm. de longitud (Fig. 2).

Su frente es convexa y tiene un par de elevaciones laterales no armadas sobre las partes medias de la frente, abajo del nivel superior de los ojos, separadas por un canal poco notable y medio.

La superficie del cuerpo es lisa y brillante, tiene una cubierta de pelos y setas, dispersa y larga, excepto en el mechón epistomal (Fig. 2).

El pronoto es 0.74 veces más largo que ancho, siendo el tercio basal el más ancho; los lados están fuertemente arqueados en los 3/4 basales y moderadamente constreñidos atrás. El margen anterior está superficialmente emarginado, la superficie es lisa con puntuaciones finas en el tercio medio y puntuaciones laterales más finas todavía; hay una línea media notable (Fig. 2).

Los élitros tienen sus lados rectos y subparalelos en los 2/3 basales, están parcialmente redondeados atrás. Sus márgenes basales, arqueados, originan una hilera de nueve crenulaciones submarginales pequeñas. Las estriás, débilmente impresas, tienen unas puntuaciones superficiales y pequeñas; las interestriás están armadas por crenulaciones transversas, abundantes y no bien delimitadas; el declive es moderadamente escarpado y convexo. La primera interestria está ligeramente levantada, la segunda impresa y aplanada y la tercera débilmente convexa. Cada una origina una hilera de gránulos, esparcidos, redondeados y añadidos a varias

puntuaciones diminutas y no bien delimitadas. La cubierta de setas está esparcida, más larga en los lados y el declive, con largas setas de una a dos veces tan largas como el ancho de una interestria.

La hembra mide entre 3.9 a 5.3 mm. y es similar al macho excepto por las protuberancias laterales y por el surco medio frontal que está poco desarrollado. Los brazos del proceso epistomal están menos elevados, el callo transverso de la constricción pronotal tiene poco desarrollo; las puntuaciones del disco pronotal son ligeramente más largas y profundas, así como las crenulaciones transversas del disco del élitro y los gránulos del declive.

I.4 GENERACIONES

Islas (1974) y Cibrián (1982), coinciden en que *Dendroctonus adjunctus* sólo tiene una generación al año con dos períodos de emergencia, uno de mayo a junio y otro de agosto a octubre, este último mucho más abundante.

La oviposición ocurre a mediados de agosto y las larvas de los tres primeros estadios se desarrollan rápidamente; las del 3o. y 4o. estadio pasan el invierno a temperaturas hasta de -8 °C; en el 4o. estadio, el desarrollo es muy lento, existiendo la posibilidad de una diapausa. El desarrollo larvario concluye a la mitad de la primavera y por último, el estado de la pupa se encuentra en dos periodos, de abril a junio y de junio a

septiembre. Una vez alcanzado el estado adulto se inicia la emergencia.

I.4.1 ORGANISMOS ASOCIADOS

El habitat de *Dendroctonus adjunctus* es compartido por otros insectos. Esta fauna acompañante comprende a una variedad importante de taxa, entre los que destacan, los depredadores de huevecillos y larvas como los ácaros, los que se alimentan sólo de larvas, como las especies *Enoclerus sphiegeus*, *Enoclerus arachnoides*, *Temnochila virescens* y los dípteros de la familia Dolichopodidae (Cibrián, 1982; Rodríguez, 1982).

Asimismo, un grupo importante de organismos que controlan la densidad poblacional de *D. adjunctus* son los hiperparásitos como *Coeloides* sp., los himenópteros del género *Medetera* sp., los nemátodos de los géneros *Anguillonema* y *Aphelenchus* y los ácaros epizoicos.

Entre los simbioses se ha encontrado a los hongos *Ceratocystis ips*, *Ceratocystis adjuncti* y *Leptographum pirinum*, que habitan en los micetangios de la hembra de *Dendroctonus adjunctus*. Por último, entre los insectos asociados se tiene a las especies *Gnathotrichus sulcatus*, *G. deleari*, *Ips bonanseai* e *Ips mexicanus*, que son descortezadores secundarios cuya presencia es importante después de los ataques de *Dendroctonus adjunctus* (Silva, 1982; Vázquez, 1989).

I.4.2 COMPORTAMIENTO DE ATAQUE

Las hembras de *Dendroctonus adjunctus* inician la infestación atraídas por estímulos químicos y visuales del hospedero. Una vez localizado el árbol, inician la emisión de feromonas de agregación para atraer a otras hembras y a los primeros machos. Los machos liberan a su vez sustancias de antiagregación para suspender la infestación, evitándo así la sobrepoblación del hospedero. La evidencia de que el ataque ha tenido éxito es la presencia de grumos de resina de color blanco cremoso y su posterior oxidación que los vuelve café rojizos (Cibrián, 1985; Islas, 1974; Vázquez, 1989).

La pareja perfora la corteza externa del árbol y comienza a construir la galería a través del floema. La cópula se realiza dentro de la galería, cuando la pareja se encuentra cerca del cambium vascular. La oviposición se realiza a ambos lados de la galería en cámaras especiales y ahí los huevos son cubiertos con aserrín.

Las larvas, una vez desarrolladas, construyen en el floema galerías contiguas a la zona del cambium en sentido perpendicular a la inicial, permaneciendo en ese lugar durante el primero y el segundo estadios. En el tercero y cuarto, migran hacia la corteza externa y tiene lugar la transformación a pupa (Chansler, 1967 en Cibrián, 1987; Rodríguez, 1982).

La transformación de pupa a adulto dura algunas semanas y de

esta manera, los insectos adultos emergen inmediatamente e inician otro ciclo de desarrollo.

El resultado final de la acción del insecto sobre el árbol, es el desprendimiento de la corteza: debajo de ella, se observa madera manchada de diferentes colores, esto último, es resultado de la acción de hongos y bacterias asociados con el descortezador (Rodríguez, 1982).

I.4.3 INTERACCIONES QUIMICAS PINO-DESCORTEZADOR

La defensa de las plantas se basa tanto en factores físicos como químicos. La resistencia física de las paredes de las células está proporcionada por la celulosa, la hemicelulosa y la lignina (Kollman, 1968).

En la defensa química del hospedero intervienen diversos compuestos químicos orgánicos, monoterpenos hidrocarbonados como el α -pineno, el β -pineno, el 3-careno, campheno, dipenteno, terpinoleno, myrceno, phellandreno y cymeno. Existen también, diversos tipos de ácidos, alcoholes diterpenos, aldehidos esteroides y compuestos fenólicos (Leung, 1980).

En estudios recientes se han identificado cuatro compuestos elaborados por el género *Dendroctonus*: el trans-verbenol, feromona de agregación producida por la hembra; la exobrevicomina, feromona de antiagregación e inductora del ataque producida por el macho; la frontalina, feromona involucrada en la agregación de los descortezadores y el myrcenol, feromona de antiagregación de *D. ponderosae*. Asociado a las feromonas antes descritas, se ha

encontrado que el monoterpeno myrceno actúa como un sinergista con metabolitos del insecto para la producción de feromonas (Borden, 1990; Camacho, 1988; Villa, 1990).

Por otra parte, el monoterpeno Á-pineno es utilizado por los descortezadores para formar feromonas de agregación como la transverbenol, que posteriormente por oxidación, principalmente microbiana, da lugar a la feromona de antiagregación conocida como verbenona (Borden, 1990). De esta manera los escarabajos utilizan los compuestos de su dieta de dos maneras: sin alteración estructural y con modificaciones menores (Harborne, 1985).

Particularmente para *Dendroctonus adjunctus* se han identificado la frontalina y la exobrevicomina, la primera se aisló del intestino posterior de hembras alimentadas durante 48 h. (Hughes, 1976 en Camacho, 1988).

De acuerdo a lo comunicado para otros insectos, en la producción de feromonas están implicadas diversas estructuras como el intestino posterior, los túbulos de Malpighi y la hemolinfa. El almacenamiento de feromonas se hace a nivel de ventriculo e intestino posterior así como en las glándulas accesorias asociadas con el palpo vaginal. Finalmente la vía más común de liberación es el canal alimenticio a nivel de ventriculo y proctodeo. Además, en otros coleópteros existen células secretoras en zonas como el fémur y el abdomen (Camacho, 1988).

En *Pinus ponderosae* se ha encontrado la tendencia a mantener una alta concentración de limoneno, mientras que otros cuatro

monoterpenos (α y β -pineno, 3-careno y myrceno) permanecen en cantidades variables. El limoneno en cantidades elevadas es tóxico para los escarabajos y aleja a los comensales, por lo que éstos prefieren atacar árboles con bajo contenido de limoneno pero con altos niveles de α -pineno y de myrceno (Harborne, 1985).

I.5 ORGANIZACION DEL TUBO DIGESTIVO EN COLEOPTERA

El tubo digestivo de los Coleoptera se extiende desde la boca hasta el ano y se diferencia en tres partes: el intestino anterior o estomodeo, el intestino medio, mesenterón o ventrículo y el intestino posterior o proctodeo. Estas divisiones se separan usualmente por válvulas, la cardiaca, estomodeal, ventricular o esofágica en la parte anterior y la válvula pilórica en la parte posterior (Fig. 4).

Tanto el estomodeo como el proctodeo se desarrollan a partir de invaginaciones de la pared del cuerpo durante el desarrollo embrionario, debido a este origen ectodérmico presentan un recubrimiento de cutícula llamado íntima. El mesenterón es de origen endodérmico, por lo que carece del recubrimiento mencionado.

En los coleópteros adultos se presentan los siguientes órganos: el estomodeo comprende la faringe que proviene de la cavidad oral y es musculosa y con pliegues internos; el esófago, es una estructura indiferenciada de la faringe en muchas ocasiones que se extiende en el buche que generalmente se encuentra bien desarrollado. A continuación esta la molleja o proventrículo que es a menudo una cámara delineada por pliegues esclerosados, espinas o

bien denticulos, que tienen una importancia genérica (Balfour-Browne, 1935; Thiel, 1936 en Richards 1977). En el estomodeo los órganos presentan dos capas musculares, una interna longitudinal y una externa circular bien desarrolladas.

Enseguida se localiza la válvula estomodeal que desemboca en el mesenterón el cual es de forma muy variable y a menudo de naturaleza compleja para el caso de este orden de insectos, una de sus características sobresalientes es la presencia de la ceca enterica o gástrica que varía en forma y en su ubicación en el mesenterón, estando para muchos insectos ubicada en la porción anterior del mismo. El mesenterón presenta pocas fibras musculares longitudinales y circulares.

El proctodeo es siempre más o menos convolutado, de diferente longitud que puede estar diferenciado en su parte posterior en el colon, el recto es a menudo una cámara larga y especialmente diferenciado. Respecto a la musculatura en esta región es muy gruesa.

Un considerable número de coleópteros exhiben la condición criptonefridial en la cual los túbulos de Malpighi tienen dos aparentes terminaciones en el intestino cuando en realidad sus extremos distales se unen intimamente al colon o al recto, pero en ningún caso se han descubierto aberturas secundarias a este nivel del intestino.

En el estado larvario se ha informado, en especies de la familia Scarabeidae la presencia de faringe, esófago, ambos con paredes internas plegadas, un buche poco diferenciado o inexistente

sin embargo, en larvas de esa misma familia, el estomodeo puede estar completamente indiferenciado. Existe la válvula estomodeal en donde se origina en mesenterón que puede estar diferenciado en varias regiones y presentar un arreglo diferente de los ciegos mesentéricos respecto al que presentan los adultos correspondientes. La válvula pilórica se forma por un anillo de células muy alargadas y a este nivel se observan los túbulos de Malpighi, estructuras excretoras de muy variable forma y cantidad. Posteriormente el proctodeo puede presentar íleo, colon y recto recubiertos por una íntima gruesa, sin embargo la capa muscular puede estar pobremente desarrollada o no existir (Baker, 1968; Bayon, 1981; Berberet, 1972; López, 1990; Mordue, 1980; Raccaud, 1980; Richards, 1977; Schneider, 1969b; Snodgrass, 1935; Thomas, 1967).

I.6 IMPORTANCIA DEL TRABAJO

Las infestaciones por descortezadores en los bosques de pino en México empezaron a ser motivo de preocupación desde la década de los cincuenta, a medida que aumentaron los informes sobre focos de infección y devastación de masas forestales causadas por las especies del género *Dendroctonus* (Islas, 1974). Varios ejemplos de esta situación, son los que a continuación se describen:

En 1965 se comunicó de 600 hectáreas de *Pinus rudis* plagadas por *Dendroctonus adjunctus* en los parques nacionales de La

Marquesa, el Desierto de los Leones y Atlapulco en el Edo. de México. De 1963 a 1968 se presentó una infestación en un área de 5,000 has. sobre *Pinus montezumae* y *P. leiophylla* en el Municipio de Coatepec de Harinas, Edo. de México. Entre 1973 y 1976 se combatió al insecto en 9,600 has. de bosques de pinos localizados en los parques nacionales de Zoquiapan e Iztaccihuatl-Popocatépetl. En 1978 se estimó que la plaga estaba dispersa en el cerro del Ajusco sobre una área boscosa de 20,000 has (Rodríguez, 1982). En 1990 se comunicaron daños en 8317 has de bosque, localizadas en diferentes estados de la República Mexicana, de las cuales 691 has. fueron por *Dendroctonus adjunctus* (Comisión Forestal Norte Americana, 1990).

Las infestaciones epidémicas de esta especie, han hecho necesario que se desarrollen estudios encaminados a conocer más de su biología y comportamiento. En este sentido, diversos enfoques han sido más importantes que otros; así por ejemplo, los estudios de la dinámica de poblaciones, los ciclos de vida de la especie y el desarrollo de métodos de combate y control han ocupado un lugar importante en las investigaciones, sin embargo, estudios básicos de la biología de los descortezadores, en particular, de las especies que se encuentran en México, han estado relegadas.

Los estudios anatómico-histológico básicos de las especies son importantes porque permiten conocer y describir la estructura interna y externa de los organismos y relacionar éstas con una determinada función. En el caso particular de los escolítidos

tienen importancia por los hábitos alimentarios de comportamiento y ecológicos de sus especies.

I.7 ANTECEDENTES DEL TRABAJO

Los estudios realizados a nivel anatómico-histológico se describen brevemente a continuación.

Thomas (1967), realizó un estudio comparativo de los ciegos gástricos tanto de adultos como de larvas en diferentes especies de descortezadores pertenecientes a diferentes subfamilias. De ello el autor concluye, que existe una disposición semejante de los ciegos gástricos dentro de las tribus que forman una subfamilia; de esta manera, la información se utiliza como una herramienta más en la separación taxonómica a nivel de subfamilia.

Balogun (1969) estudió las enzimas digestivas del canal alimenticio en larvas del género *Ips cembrae*. Los resultados señalan, que la especie contiene las enzimas específicas para la hidrólisis y degradación de sus alimentos.

Schneider y Rudinsky (1969a) encontraron, en la especie *Trypodendron lineatum*, que es necesaria la ingestión de comida para la producción de la feromona de agregación (sexual), localizaron el sitio de producción de la feromona y establecieron que el compuesto se sintetiza en el intestino posterior de las hembras, donde ocurren cambios histológicos importantes tanto a nivel del tubo digestivo como de los órganos sexuales.

Schneider y Rudinsky (1969 b) estudiaron, los cambios

anatómicos e histológicos en los órganos internos de las especies *Trypodendron lineatum*, *Gnathotrichus retusus* y *G. sulcatus* y encontraron que los cambios se relacionan con el metabolismo y la longevidad del insecto, dividiendo la vida del adulto en los siguientes periodos: emergencia de individuos inmaduros, hibernación, activación del organismo después de la hibernación, el periodo de vuelo, maduración de los individuos de la primera cría, la maduración de individuos de la última cría y la reemergencia.

Baker y Estrin (1974) realizaron un estudio histológico acerca del canal alimenticio de *Scolytus multistratus* y encontraron que el descortezador no ingiere comida antes de la emergencia y que cuando lo hace, ésta pasa rápidamente por el intestino. De los componentes de la madera, la sacarosa es el azúcar principal de su dieta, debido a su fácil ingestión y a las adaptaciones celulares que se presentan en el tubo digestivo.

Aunque existen diversos trabajos relacionados con los órganos internos de los insectos, en las especies del género *Dendroctonus*, no se han realizado estudios anatómico-histológicos que describan su anatomía interna y permitan conocer la composición celular del tubo digestivo e inferir o determinar los lugares de secreción que pueden haber a lo largo del mismo.

II. OBJETIVO

De esta manera, con la finalidad de ampliar los conocimientos básicos que se tienen de la especie y contribuir a los estudios en el campo de la parasitología forestal, este trabajo tiene como objetivo principal, describir la anatomía interna general y la histología del tubo digestivo del descortezador *Dendroctonus adjunctus*.

III. MATERIAL Y METODOS

Los organismos de *Dendroctonus adjunctus* fueron colectados en agosto de 1991. El área de estudio se localiza en una zona boscosa del Municipio de Juchitepec, ubicada entre los límites del Estado de México, Morelos y Distrito Federal. La zona tiene una altitud que va de los 2800 a los 3000 m s.n.m. y la comunidad vegetal característica es un bosque de pino-encino-abeto. El área tiene una extensión de aproximadamente 700 has y es propiedad del Instituto Politécnico Nacional. El sitio de colecta se localiza entre los 19° 04' 08'' Lat. N. y 98° 58' 04'' Long. E., a una altitud de 2950 m s.n.m. (Fig. 3).

Los ejemplares se obtuvieron vivos en estado adulto de árboles infestados; los insectos, se transportaron al laboratorio donde se realizó la determinación taxonómica de la especie a partir de la observación de la varilla seminal y el número cromosómico. (Gutiérrez, 1985; Lanier, 1981).

III.1 OBTENCION Y FIJACION DEL MATERIAL

Para el estudio anatómico se utilizaron 4 ejemplares adultos de *D. adjunctus* machos y hembras, a los que se anestesió con vapores de acetato de etilo hasta que quedaron inmóviles.

Posteriormente se disectaron para obtener todo el tubo digestivo, y realizar la descripción del mismo. Durante este proceso se mantuvo siempre húmedo al tubo digestivo con solución Ringer (Anexo I). Las porciones del tubo digestivo se identificaron por comparación con aquellas descritas para otros escolitidos y las partes o porciones del mismo se fotografiaron con la ayuda de un microscopio estereoscópico.

El estudio histológico comprendió el análisis de 9 ejemplares a los que se anestesió y extrajo el tubo digestivo de la forma anteriormente descrita para posteriormente fijar tres de ellos en solución Bouin durante 24 horas, tres en Formaldehído (10%) en solución de fosfatos (pH=7.4) durante 24 horas o más y el resto en solución Zenker durante 12 horas. La fijación se realizó a 4 °C durante los tiempos indicados anteriormente (Anexo I).

III.2 TECNICA DE INCLUSION EN PARAFINA

Una vez eliminados los fijadores se procedió a realizar la deshidratación, transparentación e inclusión en parafina de acuerdo a la técnica de habitual utilizada y con las modificaciones necesarias al tamaño y fragilidad de nuestros ejemplares. (Anexo II).

Corte de los bloques

De las diferentes porciones del tubo digestivo se hicieron cortes no seriados de 8 μ m de grosor con un microtomo rotatorio American Optical tanto en sentido longitudinal como transversal.

III.3 TECNICAS DE TINCIÓN

Las técnicas de tinción utilizadas fueron: Hematoxilina-Eosina; Papanicolau y Tricrómica de Masson (Anexo III). Además, se aplicaron las técnicas histoquímicas de PAS, Azul Alciano, PAS-Azul Alciano, Azul Alciano-Amarillo Alciano y Sylven (Anexo IV).

IV RESULTADOS

IV.I Descripción anatómica del tubo digestivo de *Dendroctonus adjunctus*.

El tubo digestivo de *Dendroctonus adjunctus* Blandf. sigue un plan estructural semejante al de otros escolítidos, se divide en tres partes que son estomodeo, mesenterón y proctodeo (Figs. 4 y 5).

El estomodeo comienza con la cavidad bucal, protegida por un par de mandíbulas grandes, fuertes y completamente esclerizadas y por un par de maxilas cuyo borde está rodeado por cerdas de quitina duras y gruesas (Fig. 5).

Enseguida de la cavidad bucal se localiza la faringe (Fig. 6) con una longitud y amplitud promedio de 0.81 mm y 0.15 mm respectivamente.

Inmediatamente después se localiza el esófago (Fig. 6), cuya estructura es de más corta longitud, 0.47 mm, pero ligeramente más ancho, (0.25 mm) que la faringe.

El siguiente órgano es el buche, de forma casi esférica, con una longitud promedio de 0.79 mm y un diámetro promedio de 0.47 mm y en cuyo interior se observa una burbuja de aire. A esta le sigue el proventrículo, molleja o estómago masticador en cuyo interior se observan 8 placas quitinosas, longitudinales, de color café-amarillento (Fig. 6). Las medidas del proventrículo son 0.88 mm de largo por 0.69 mm de ancho, en promedio.

El mesenterón o ventrículo se divide en 2 porciones claramente diferenciables: una porción que en el momento de la disección contiene 2 burbujas de aire y cuyas medidas de largo y ancho de esta porción son en promedio 1.97 mm y 1.25 mm respectivamente (Fig. 7).

La otra porción es notablemente angosta y mide 7.68 mm de longitud. Casi al final del ventrículo se localizan los ciegos gástricos, en un número aproximado de 21 de ellos; su forma es alargada y tienden a distribuirse alrededor del ventrículo, ocupando una longitud promedio de 0.71 mm (Fig. 7).

El proctodeo inicia con el piloro o válvula pilórica (Fig.7), que es un leve ensanchamiento que marca el fin del mesenterón y el inicio del proctodeo, es ahí donde se originan los túbulos de Malpighi, 6 en total, saliendo dos pares de ellos de un lado del órgano y otro par del frente (Fig. 7). Estos órganos que terminan a manera de tubos ciegos, corren paralelamente al tubo digestivo, constituyendo el criptonefridio o sistema criptonefridial, que es una estructura anatómico-funcional que permite la reabsorción de agua, sales y aminoácidos de la orina.

Posteriormente se encuentra el íleo (Figs. 7 y 8), que es una estructura angosta tubular. A continuación el proctodeo se ensancha en el recto y finalmente, este desemboca en el pigidio. La longitud de todo el proctodeo es de 6.71 mm.

Glándulas

Entre las estructuras accesorias al intestino, solo se encontró una glándula que podría ser salival y se divide en 3 porciones separadas por estrangulamientos notables (Fig. 6).

IV.2 Descripción Histológica

En este estudio se utilizó la técnica de Hematoxilina-Eosina como técnica topográfica universal; la técnica de Papanicolau que permitió diferenciar las características basófilas y acidófilas de las células de los tejidos, las fibras musculares y las fibras de colágeno; la técnica de Tricrómica de Masson permitió observar la distribución y abundancia de las fibras musculares y de tejido conjuntivo. De acuerdo a las características histológicas de los diferentes órganos y buscando sitios de absorción y secreción de sustancias, se realizó un estudio histoquímico sencillo utilizando la técnica de PAS para conocer la presencia de mucinas neutras, como un tipo de secreción, la técnica de Azul Alciano-Amarillo Alciano sirvió para constatar que las mucinas carboxiladas se encuentran en inapreciable cantidad y los resultados con las técnicas de Azul Alciano y Sylven nos indicaron además sobre la estructura de la íntima cuticular.

El tubo digestivo de *Dendroctonus adjunctus* presenta la siguiente organización histológica: epitelio, tejido conjuntivo subepitelial y capa muscular.

El epitelio es plano o cúbico en el estomodeo y el proctodeo, además de presentar una íntima cuticular. En el mesenterón, el epitelio predominante es el cilíndrico.

El tejido conjuntivo es escaso a lo largo del tubo digestivo y la capa muscular es de dos tipos, una interna de dirección

oblicua y una externa de dirección circular (Fig. 9).

La organización y estructura de estas capas sufre variaciones según el órgano que se observa, por lo que a continuación se describirán las particularidades de cada sitio.

En primer lugar, se tratará lo referente a la íntima que recubre la superficie interna de ciertos órganos.

La íntima se observa como una capa de grosor variable y heterogénea en cuanto a su estructura y tinción. Está compuesta por cuatro zonas: la inmediata superior a las células epiteliales o zona subcuticular, que es basófila y presenta ramificaciones que se dirigen hacia la endocutícula. La endocutícula es acidófila y en ella se observan las ramificaciones mencionadas (Figs. 12, 13 y 21).

La tercera zona o exocutícula es más acidófila y homogénea que la anterior; sin embargo, también en ella se observan ramificaciones muy finas, provenientes de la subcutícula.

Finalmente la zona más externa o epicutícula, es de color amarillento y en ciertos órganos puede presentar dientes, placas y/o cerdas (Figs. 9, 13 y 21).

La subcutícula, es positiva al Azul Alciano, lo que indica que contiene mucinas ácidas. (Figs. 13, 14 y 15). Estas, además son metacromáticas y por lo tanto de tipo sulfatado (Fig. 16).

Entre la exocutícula y la epicutícula aparece una línea continua o estriada muy fina y ligeramente PAS positiva; es decir, que contiene algún tipo de carbohidratos.

Faringe

Este órgano mide en diámetro y en promedio $96.5 \pm 2.4 \times 98.6$ $\mu\text{m} \pm 12.5 \mu\text{m}$. Su luz es irregular debido a la existencia de pliegues longitudinales y transversales de diferente altura (Fig. 17).

La pared de la faringe consta de un epitelio, una pequeña cantidad de tejido conjuntivo subepitelial; una capa muscular interna oblicua que ocupa la parte central de los pliegues longitudinales y una capa muscular externa circular constituida por tres hileras de células (Fig. 17).

El epitelio de revestimiento está formado por una capa de células planas y por la intima, cuya epicutícula pigmentada, es una delgada banda sin ornamentaciones (Fig. 18).

Esófago

El diámetro promedio del órgano es de $202 \pm 2 \times 163$ $\mu\text{m} \pm 7.14 \mu\text{m}$. En él se observan también pliegues longitudinales, pero de menor altura y más anchos que los de la faringe (Fig. 19).

La intima presenta cerdas y pequeños dientes (Figs. 20 y 21).

Debajo de ella, se observa una capa de células planas y basófilas (Fig. 20). El tejido conjuntivo subepitelial es escaso y está en contacto con músculo oblicuo que se introduce y forma los pliegues que le dan el aspecto irregular a la luz del órgano.

Finalmente se observan de 3 a 4 hileras de músculo circular estriado (Figs. 20 y 21).

Buche

Histológicamente se distinguen en este órgano dos zonas (Figs. 22 y 23) : en la primera, sus paredes están plegadas longitudinal y transversalmente. Los pliegues longitudinales son altos con una parte central de músculo y tejido conjuntivo; mientras que los pliegues transversales se forman porque el epitelio se encuentra sumamente plegado (Fig. 22).

En esta zona del buche las cerdas de la epicutícula desaparecen pero permanecen dientes largos y agudos que se levantan sobre las crestas de cada uno de los pequeños pliegues transversales.

Por último se aprecian dos capas de músculo circular estriado (Fig. 22). En la luz se observa un material muy fino probablemente alimenticio (Fig. 22).

Esta región del buche mide de diámetro $322 \times 413 \text{ um} \pm 9.8$ um de ancho y largo respectivamente.

La segunda parte del buche tiene un diámetro aproximado de $167.5 \pm 3.5 \text{ um} \times 306 \pm 5.6 \text{ um}$. Solamente hay pliegues longitudinales que son escasos y de poca altura y a pesar de que el epitelio continúa plegado, no constituye pliegues transversales notables (Fig. 23).

Cabe mencionar por otra parte, que su estructura es igual en ambas zonas del órgano, es decir, que está formado por células planas o cúbicas, con núcleos granulares y nucleólos prominentes. Además la íntima es delgada y la epicutícula contiene dientes, como ya se ha mencionado (Fig. 24).

Proventrículo o molleja

Esta es la última porción de la parte anterior o estomodeo, su diámetro es de $329 \pm 9.8 \text{ um}$ x $560 \pm 118.7 \text{ um}$ en promedio.

Como en el caso del órgano anterior, su estructura varía a lo largo de su trayecto, sin embargo, una característica común de las porciones proximal y distal, es el aspecto asimétrico de sus paredes internas.

Al inicio de la molleja, una de las mitades del órgano tiene una pared delgada con pliegues amplios y bajos. El epitelio es ondulado, con dientes cónicos y puntiagudos. En la pared opuesta, la íntima forma placas relativamente delgadas (Fig. 25).

Respecto a la capa muscular en una de las caras es delgada y en la otra, donde se forman las placas, es gruesa.

Entre los pliegues y las placas se observan surcos cuya parte profunda no está totalmente esclerosada y que parecen atravesar la capa muscular circular (Figs. 13, 25, 26 y 27).

En la parte intermedia del órgano se observan ocho placas quitinosas constituyendo el armario, nombre con el que se conoce a este conjunto de estructuras (Fig. 26).

En las placas, la epicutícula se organiza en forma de lamelas paralelas entre sí, algunas de las cuales se desprenden y se observan en la luz del órgano, junto con restos de otros materiales. Las lamelas más externas contienen ornamentaciones semejantes a dientes (Fig. 13).

El proventrículo distal es semejante al proximal, sin embargo, en el segundo, las placas son más notables y conservan la

estructura laminar; además, en lugar de dientes se observan cerdas finas y cortas (Fig. 27).

El material que se encuentra en la luz del órgano está compuesto por restos de placas, que se observan con su color característico y por partículas de diversos tamaños Azul Alciano y/o PAS positivas, que corresponden a restos de alimento (Figs. 26 y 27).

Válvula ventricular

El proventrículo se proyecta hacia el ventrículo constituyendo un pliegue simétrico, la válvula ventricular, estomodeal, cardiaca o esofágica (Figs. 28, 29 y 30).

La parte terminal del proventrículo y la válvula ventricular presentan un epitelio con características particulares. La íntima, propia del proventrículo, desaparece paulatinamente observándose que en una parte de la válvula solamente se aprecian la endocutícula y la exocutícula. Al mismo tiempo, las células epiteliales planas se hacen cúbicas y finalmente cilíndricas (Figs. 28, 29 y 30).

Las células cilíndricas constituyen en realidad dos grupos a ambos lados de la válvula. Tienen un citoplasma pálido y su núcleo es ovoide, pobre en cromatina y con un nucléolo (Figs. 29 y 30).

A continuación, como parte ya del ventrículo, se encuentran otras células cilíndricas con características glandulares que se describirán más adelante.

Mesenterón o Ventrículo

Este órgano, se divide en una parte ancha y otra angosta; microscópicamente, la parte final de la angosta tiene un diámetro más pequeño que la parte inicial (Figs. 31, 32 y 33).

La porción ancha se inicia inmediatamente después de la válvula ventricular (Figs. 28, 29 y 30). Está formada por un epitelio, una muy escasa cantidad de tejido conjuntivo y una capa delgada muscular circular (Figs. 31, 32 y 33).

Al inicio del ventrículo ancho el epitelio es cilíndrico (Fig. 30), después se alterna con porciones de células cúbicas (Fig. 31) y en el ventrículo angosto vuelve a aparecer solamente un epitelio alto (Figs. 32 y 33).

Las células cúbicas y algunas cilíndricas, presentan una chapa estriada PAS positiva de altura variable, pero en su parte más alta mide alrededor de $2.1 \pm 0.98 \mu\text{m}$ (Figs. 31, 32, 33 y 34).

Ventrículo ancho

En esta región encontramos cuatro tipos celulares: A) células cilíndricas globosas, B) células cilíndricas basófilas C) células basales y D) células regenerativas.

A) Células cilíndricas globosas. Estas no tienen chapa estriada y como su nombre lo indica, en la porción apical son más voluminosas, el citoplasma es pálido y finamente granular; mientras que la parte basal es más basófila y densa.

El núcleo es ovoide, la cromatina escasa y con uno o dos

nucleolos. De hecho, el aspecto general del núcleo es similar en cualquiera de los otros tipos celulares. Estas células se observan más frecuentemente en la parte inicial del mesenterón, inmediatamente después de la válvula ventricular (Figs. 30 y 36).

B) Células cilíndricas basófilas. Encontramos dos variantes, las B1, que presentan chapa estriada, algunas de ellas son homogéneamente basófilas y tienen finas granulaciones supranucleares PAS positivas (Figs. 14, 31 y 35). Otras (B2) presentan una mayor basofilia en la parte apical que en la basal.

También en la porción apical se pueden apreciar de una a tres estructuras globulares fuertemente basófilas, mas frecuentes en las células cilíndricas de las zonas media y de la parte delgada del ventriculo (Figs. 31, 35 y 36).

C) Células basales. Se trata de células pequeñas, basófilas y de núcleo voluminoso. No son muy abundantes pero se las encuentra en todas las zonas en donde existe el epitelio cilíndrico (Figs. 36, 37, 38 y 39).

D) Células regenerativas. Con esta denominación nos referimos a grupos o nidos de células de diversa altura que dan la apariencia de centros de regeneración epitelial, y aunque no se observan mitosis, parecen corresponder a otras células semejantes descritas en la literatura (Figs. 37 y 39).

Cabe hacer notar que de un número considerable de células globosas o cilíndricas se desprende la porción apical, de manera que en la luz del órgano se aprecian fragmentos citoplasmáticos.

En ocasiones son células completas e incluso pequeños grupos de ellas los que se desprenden (Figs. 30, 32, 37, 38, 39, 40 y 41).

En esta porción del ventrículo no fué posible obtener medidas promedio de su diámetro debido a la forma tan irregular que presenta su contorno.

Ventrículo angosto.

Al hacer el estudio histológico del ventrículo angosto, se encontró que a su vez se presentaban dos zonas: una más amplia, con un diámetro de $476 \pm 66.6 \text{ um}$ x $507.5 \pm 60.8 \text{ um}$ de luz irregular, y otra sin pliegues y con un diámetro de $195.4 \text{ um} \pm 57.1$ x $213 \pm 33.3 \text{ um}$ (Figs. 32, 33, 36, 40 y 41).

La primera de ellas como ya se ha mencionado, tiene un epitelio de tipo cilíndrico simple con chapa estriada. La técnica de Masson resalta fibras muy delgadas de colágena que corresponden a la membrana basal que es bastante irregular en esta parte del ventrículo.

La segunda zona, cercana al sitio donde se insertan los ciegos gástricos, esta revestida por un epitelio cilíndrico simple cuyas células tienen núcleos redondeados y casi centrales. En ocasiones la capa epitelial parece estar desintegrándose parcialmente (Figs. 33, 40 y 41).

En la luz del tubo se observa, además, gran cantidad de material probablemente alimenticio y restos de cutícula.

Ciegos gástricos

Se localizan cerca de la porción final del ventrículo angosto. Cada ciego gástrico es un tubo de aproximadamente $31.6 \pm 3.2 \text{ um}$ x $36.4 \pm 11.37 \text{ um}$ de diámetro promedio, pudiendo alcanzar hasta $54 \pm 5.7 \text{ um}$ en su parte más ancha (Fig. 42).

Los ciegos gástricos están formados por un epitelio semejante al del ventrículo, aunque de menos altura.

El citoplasma celular tiene carácter basófilo de manera general. El núcleo de las células es redondeado con cromatina escasa y granular y se observa un nucléolo. También se presenta una chapa estriada. Dentro de la luz de algunos ciegos gástricos se observa material indefinido y en ocasiones se observan células vacuoladas vacías (Figs. 43 y 44).

Tubo digestivo posterior o proctodeo.

El proctodeo comprende el piloro, el ileo y el recto. Esta región se caracteriza por estar revestida nuevamente por una íntima que a comparación de la que se presenta en el estomodeo, resulta más delgada (Figs. 45, 46 y 47).

Ileo

En este órgano las células epiteliales son planas y la íntima tiene una subcutícula de la cual sólo se observan las ramificaciones que se dirigen y distribuyen en la endocutícula. La exocutícula y la epicutícula se presentan como bandas (Fig. 48).

El epitelio comprendiendo la íntima, forman pliegues de diferente altura y con la base angosta. En su parte más externa, el órgano está rodeado por una capa de músculo circular, a la que se unen cortes de los túbulos de Malpighi (Figs. 45 y 46).

En la parte final del íleo y la inicial del recto, desaparecen los pliegues del epitelio. La íntima forma una línea continua, que descansa sobre un epitelio plano simple, de núcleos grandes, con un nucleólo y escasa cromatina granular. Asimismo, existen dos capas de músculo, una interna que rodea completamente al órgano y otra exterior más gruesa, que se ve interrumpida de trecho en trecho por la presencia de los túbulos de Malpighi (Figs. 46 y 48).

Recto

Este órgano marca el final del proctodeo y se reconoce fácilmente porque su luz está delimitada por seis almohadillas rectales recubiertas por la íntima. Las células del epitelio son planas, con grandes núcleos. La capa muscular está constituida por cuatro hileras de células (Fig. 47)

En las cercanías de la pared del órgano se pueden observar algunos túbulos de Malpighi.

Túbulos de Malpighi

Los túbulos de Malpighi son estructuras que se observan en íntima relación con la pared de ciertos órganos del tubo digestivo

como son el mesenterón y el íleo (Figs. 49, 50 y 51). Esta relación se refiere a que los túbulos de Malpighi se observan como estructuras cercanas al epitelio, pero separadas de él por lo que parece una célula de la capa muscular; de tal manera que dicha capa se ve interrumpida (Fig. 48).

Estos sitios de asociación estructural y funcional constituyen el llamado sistema criptonefridial.

Los túbulos de Malpighi también pueden mantener una asociación con cuerpos grasos (Fig. 49) y finalmente, se observan separados de la pared del tubo digestivo (Fig. 51).

En cuanto a la estructura de los túbulos de Malpighi, los que forman el sistema criptonefridial o algunos de los separados del tubo digestivo, están formados por tres o cuatro células planas con un núcleo y un nucléolo grandes. El citoplasma es menos denso que el de las células del tubo digestivo; es granular y más acidófilo en la región basal que en la supranuclear (Figs. 48, 49 y 51).

Todas las células, sin importar su altura presentan una chapa estriada, aunque no es PAS positiva.

En algunas ocasiones se logra apreciar una delgada membrana basal. También hay túbulos de Malpighi cuyas células son mas altas y acidófilas, en ocasiones con algún contenido en la luz. Estos cortes corresponden frecuentemente túbulos de Malpighi separados del tubo digestivo (Fig. 51).

V. DISCUSION

El canal alimenticio de *Dendroctonus adjunctus* presenta semejanzas anatómicas e histológicas con el de otros escolítidos, sin embargo, se presentan algunas variaciones significativas en cuanto a aspectos finos.

El patrón general del canal es el mismo encontrado en la mayoría de los insectos, el cual se divide para su estudio en estomodeo que comprende faringe, esófago, buche y proventriculo; mesenterón o ventrículo y proctodeo, cuyos órganos son ileo y recto.

Faringe

La primera porción del estomodeo es la faringe, que en *D. adjunctus* se observa fácilmente porque es más larga y angosta que el esófago. Cabe señalar que algunos autores no hacen distinción entre faringe y esófago y otros, indican que el esófago es una parte indiferenciada de la faringe (Chapman, 1971) o bien que el estomodeo no la presenta (Baker y Estrin, 1974); sin embargo, en la especie en estudio la distinción de estos órganos es indudable.

Richards (1977), menciona que este órgano es un simple tubo recto, variable en longitud y con las paredes internas plegadas, condición que concuerda con lo encontrado en el presente estudio.

En cuanto a la estructura muscular interna de la faringe, se observa que la capa muscular se orienta en dirección oblicua dando

lugar a la formación de pliegues transversales y longitudinales.

Este hecho es distinto a lo comunicado para otros insectos, en donde la capa muscular solamente se orienta de manera longitudinal (Chapman, 1971; Raccaud, 1980; Richards, 1977; López y Morón, 1990).

La existencia de músculo oblicuo al centro de los pliegues, y de una capa muscular circular externa, relativamente gruesa, hacen más eficaz el traslado de alimento. A esto se añade el hecho de que la intima del epitelio no presenta ningún tipo de ornamento.

En cuanto a la función de la faringe, se ha comunicado que esta es un órgano de paso de los alimentos a partir de la cavidad bucal y cuya estructura como hemos señalado, facilita los movimientos de tipo peristáltico ocasionando un rápido paso del alimento hacia el esófago (Chapman, 1971; Raccaud, 1980).

Por último, por la función que tiene este órgano es difícil el encontrar partículas alimenticias, de tal manera, que siempre se observó vacío.

Esófago

El esófago es un leve ensanchamiento del canal alimenticio que se continúa con la faringe. Las paredes de esta parte del estomodeo están también plegadas transversal y longitudinalmente por la presencia de músculos dilatores.

En esta región la epicutícula se modifica en una parte de la

pared formando cerdas delgadas, mientras que el resto, se conserva como una línea delimitando la luz del tubo.

Snodgrass (1935) comunica que a lo largo de la intima del estomodeo puede haber pelos o espículas; por otra parte, Baker (1968) señala la presencia de cerdas y dientes esofágicos en otros géneros de la familia Scolytidae; sin embargo, no hay datos que hablen sobre una distribución particular de dichas estructuras y menos aún como ocurre con los dientes faríngeos de los peces, que sirven incluso para ubicaciones taxónomicas de los ejemplares (Minaburo, 1991).

La organización anatomohistológica de este órgano y la presencia de partículas PAS (+) en su luz, nos habla de que su papel no se refiere únicamente al traslado, sino también a una disgregación y digestión parcial del alimento, sin querer decir, con esto último, que dicha digestión ocurre *in situ*.

Buche

La región del buche se divide macro y microscópicamente en dos zonas, a diferencia de lo comunicado para otras especies de escolítidos en las que no se hace esta distinción (Baker y Estrin, 1974; Schneider y Rudinsky, 1969 b).

La primera zona del buche, que es mas angosta que la segunda, se caracteriza por sus dientes quitinosos, largos y puntiagudos que se localizan sobre los numerosos pliegues epiteliales que se forman sobre los pliegues transversales. Estas modificaciones

podrían relacionarse con la trituración del alimento, ya que se observan algunas finas partículas alimenticias. Algunos autores como Chapman (1971), Raccaud (1980) y Snodgrass (1935), han mencionado que una porción, semejante en morfología a la que ahora se reconoce como primera zona del buche, corresponde al buche en sí y que los pliegues epiteliales se observan solamente cuando dicho órgano está vacío. Sin embargo, en este estudio se encontró que en esta zona, a pesar de que contiene alimento, siempre se presenta plegada a diferencia de la segunda que tiene solamente pliegues epiteliales, es decir, los que se han descrito como pequeños y terminados en dientes.

En el interior de la segunda zona del buche, cuando contiene alimento, se observa la presencia de una burbuja de aire, hecho que se presenta también en la porción ancha del ventrículo.

Respecto a esta cuestión, la presencia de la burbuja de aire en esta región hasta ahora es una incógnita, aunque algunas explicaciones se han dado al respecto.

De esta manera Chapman (1956), establece que la burbuja es resultado de que al comenzar el vuelo se toma aire y esto hace más ligero al organismo, favoreciendo su dispersión. Por su parte, Schneider y Rudinsky (1969 b), consideran que la expansión del buche o la presencia de burbujas "puede ser explicada por la activación neural u hormonal del canal alimenticio total". Como podrá verse, esta frase es difícil de comprender y consideramos que no aporta realmente una explicación. Al respecto, Bennett y Borden (1971, en Camacho, 1988) mencionan que la vía de

liberación más común para las secreciones exócrinas como las feromonas, se realiza a nivel del ventrículo y proctodeo, por lo que antes y durante el vuelo algunos escolítidos forman burbujas de aire en el proventrículo, lo que les permite liberar las feromonas en el aire. Finalmente Chapman (1971), menciona que el buche de *Periplaneta americana*, cuando no contiene comida, está lleno de aire, pero no da una interpretación a este hecho, supondríamos que relaciona la burbuja con cuestiones metabólicas.

En esta segunda zona del buche de *D. adjunctus*, la luz del tubo es amplia y en su interior se encuentran abundantes restos de alimento semidigerido y partículas de quitina. Además, los pliegues longitudinales ya no están presentes; aunque se conservan los numerosos pliegues epiteliales con sus respectivos dientes, aspecto que sugiere no solamente la función de un órgano reservorio.

Diversas opiniones señalan, que el buche tiene como posible función servir como un reservorio de alimento antes de que éste sea transportado poco a poco hacia el ventrículo (Chapman, 1971; Richards, 1977; Wigglesworth, 1974). Otras observaciones señalan, que la presencia de dientes trituradores, enzimas salivales y secreciones digestivas son indicativas de que en este órgano es donde podría iniciarse la digestión. Al respecto, Balogun (1969), Curtois (1961), Hoof (1938), Mordue (1980) y Parkin (1961), coinciden que en el tracto digestivo de los escolítidos que se alimentan de la madera, existen enzimas tales como peptidasas,

proteasas, lipasas y sobre todo que es considerable la presencia de carbohidrasas, pero en ningún caso, se ha detectado la existencia de celulasas. Sin embargo, está presente hemicelulasa, que se encarga de degradar hemicelulosa, así como mezclas de pentosas, hexosas y polisacáridos.

En otros insectos, cuyas larvas se alimentan también de la madera se ha encontrado que, o bien, como en Lyctidos no tienen celulasa y se alimentan sólo de los contenidos celulares, o como en Anobidos y Cerambicidos, que poseen celulasa y pueden utilizar tanto las paredes de las células vegetales, como sus contenidos (Chapman, 1971).

Se ha detectado la presencia de otras enzimas del tipo glucidasas y galactosidasas. Schlüter (1912 en Snodgrass, 1935) estableció que en orthopteros, odonatos y escolitidos no hay absorción de agua y sustancias que se disuelvan en ella, ya que la íntima estomodeal parece ser una barrera efectiva para esta actividad puesto que es impermeable (Chapman, 1971). Sin embargo, Edmann (1922 en Snodgrass, 1935) sugiere un mínimo de absorción y difusión muy lenta de sustancias.

No obstante, que en *D. adjunctus* no se ha realizado un análisis enzimático del tubo digestivo, se observa la presencia de dientes trituradores de partículas y de aparentes restos de paredes celulares PAS positivas en la luz del órgano, que corresponden a fragmentos hidrolizados de carbohidratos y que en principio indican actividad enzimática,

aunque no se pueda señalar en este momento el tipo de enzimas ni el sitio de su elaboración.

Existe también la posibilidad de que al menos a este nivel del tubo digestivo, los restos de las paredes celulares sean el resultado de una simple trituración y maceración que comienza en la boca y no el resultado real de una digestión.

De esta manera, el buche de *D. adjunctus* presenta las características estructurales que le permiten funcionar como órgano de trituración de partículas alimenticias y almacén temporal de las mismas antes de pasar al mesenterón, además, debido a los resultados, es de suponerse que contiene también enzimas digestivas, sin embargo, no se puede establecer en este momento que ocurra absorción de algún tipo de sustancias a este nivel.

Se ha sugerido que las secreciones digestivas pueden provenir de las glándulas salivales o del intestino medio, caso en el que las enzimas pasan hacia adelante por medio de un proceso de regurgitación. (Chapman, 1971; Richards, 1977 y Wigglesworth, 1974). Sin embargo, no existe ninguna evidencia experimental que en nuestro caso confirme estas hipótesis.

Por otra parte, en cuanto a la burbuja de aire, consideramos que la explicación que proponen Bennett y Borden (1971 en Camacho, 1988) y Chapman (1958) serían las más aproximadas para este caso debido a la presencia de feromonas y a las características morfológicas externas de este escarabajo así como a sus hábitos de dispersión.

Proventrículo

El proventrículo o molleja en *D. adjunctus* se encuentra bien desarrollado, esta observación es consecuente con lo comunicado para el orden Coleoptera (Richards, 1977). Las características histológicas también son acordes con su función; en ese sentido, la presencia de dientes puntiagudos en la parte anterior, la formación de ocho platos quitinosos unidos en sus márgenes y el desprendimiento de las láminas superiores hacia el interior del tubo indican, que el proventrículo tiene una función trituradora y su gran actividad requiere de una regeneración continua de las La presencia de surcos que atraviesan la capa muscular a manera de canales, sugiere un posible paso de sustancias de la luz del órgano hacia la cavidad celómica o directamente a la hemolinfa. Otros autores han descrito la existencia de canales similares en insectos, sin embargo, no existen evidencias en otros estudios que apoyen estas hipótesis, no obstante, parece ser la más aceptada en el caso de nuestro ejemplar. Asimismo y considerando, al menos en el caso de *D. adjunctus*, que estos surcos atraviesan la gruesa capa muscular, pensamos que ambas estructuras, tanto surcos como músculos permiten una distensión considerable del proventrículo.

La presencia de cerdas quitinosas en la parte posterior del proventrículo de *D. adjunctus* corresponde a una función

filtradora o selectiva de los alimentos que pasan al mesenterón.

Leake (1975) y Raccaud (1980) encuentran esto mismo en otros insectos y consideran que la parte posterior del proventrículo controla el tamaño de las partículas que pasan al ventrículo, situación que sugiere que alimentos poco triturados o digeridos no pasan al mesenterón.

Una consideración importante que surge de esta observación, es la posibilidad de que el fenómeno de regurgitación sea un proceso frecuente en estos insectos; aunque la única evidencia definitiva de regurgitación en insectos se señala en *Dytiscus*, que de acuerdo a Blunck, no tiene glándulas salivales (Snodgrass, 1935).

La zona denominada válvula ventricular, estomodeal, esofágica o cardiaca, que se encuentra en *D. adjunctus* presenta dos pliegues muy estrechos cuya función es controlar y en su caso disminuir la regurgitación de comida desde el mesenterón hacia el estomodeo. Richards (1977) encuentra lo mismo en otros insectos y señala que esta zona es importante dentro del proceso digestivo de los mismos.

Las células planas y cúbicas del epitelio de la válvula estomodeal que hemos observado en *D. adjunctus*, están cubiertas por la íntima estomodeal, pues son resultado de la proyección de la parte posterior del estomodeo en el ventrículo.

Las células cilíndricas de citoplasma claro y núcleo ovoide, que hemos encontrado formando las paredes de la válvula, carecen de chapa estriada y se ha propuesto que células semejantes sean las que secretan la membrana peritrófica (Snodgrass, 1935), lámina cilíndrica que en el mesenterón protege a las células del mismo contra agentes abrasivos y es una barrera para prevenir infecciones que pudieran ser causadas por la microflora.

Sin embargo existe otro modo de formación de la membrana peritrófica que se aplica más al orden Coleoptera (Chapman, 1971): la formación de la membrana por delaminación de la superficie del mesenterón dando como resultado, a menudo, varias membranas unas sobre otras.

La membrana peritrófica está formada por una matriz de quitina y proteínas carbohidratadas las cuales forman fibrillas que se organizan como una malla de estructura variada (Blum, 1985; Terra, 1990).

En el tubo digestivo de *Dendroctonus adjunctus* no se encontró dicha membrana aunque no se puede descartar la posibilidad de que exista, pues se ha comunicado que el orden Coleoptera es uno en los cuales se ha observado su existencia. De esta manera, Terra (1990), menciona que después de la secreción, los precursores de la membrana peritrófica forman un material fluido que puede permanecer como tal, aunque en la mayoría de los insectos se condensa como la membrana definitiva. El material fluido es a

veces soluble en agua y puede pasar desapercibido fácilmente. Por otra parte, también se comunica que en algunos insectos la secreción de la membrana peritrófica ocurre después de la ingestión de alimento (Berberet, 1972, Terra, 1990).

Schneider y Rudinsky (1969 b) por su parte, mencionan que la formación de la membrana peritrófica y el ciclo de secreción de las células del mesenterón, están muy relacionados con la actividad del insecto, y que en los periodos de hibernación y vuelo, los ciclos de secreción son muy largos y difíciles de observar.

Debido a lo anterior, en este momento no se pudo establecer como es la formación de la membrana peritrófica en *D. adjunctus* ni su existencia definitiva en el mesenterón.

Ventrículo

La estructura celular que presenta el mesenterón o ventrículo en *D. adjunctus* indica que es una zona donde se realizan los procesos digestivos más importantes del insecto. Al respecto, las características histológicas del ventrículo indican la secreción de enzimas digestivas, la realización de fenómenos de absorción y la regeneración celular.

Se ha comunicado la presencia de varios tipos celulares en el mesenterón cuya apariencia varía ampliamente de acuerdo con el

estado del proceso de la digestión (Chapman, 1971; Sodgrass, 1935; Wigglesworth, 1974), y en el cuál se han identificado:

a) Células cilíndricas con porciones de citoplasma supranuclear granular o esponjoso, núcleo grande, central o desplazado hacia la base.

b) Células cilíndricas con chapa estriada, con muchas mitocondrias asociadas a la membrana basal sumamente plegada y con un retículo endoplásmico rugoso muy extenso.

Las células cilíndricas están relacionadas con la absorción y la secreción de enzimas. Dicha secreción puede ser de tipo apócrina, merócrina u holócrina.

c) En algunos insectos lepidópteros, hay células "caliciformes" llamadas así por su aspecto al microscopio óptico, pero que no tienen que ver con la secreción de mucinas, sino que se les atribuye la función probable de almacenar secreciones, metales pesados o tintes.

d) Células encargadas de la reposición tisular que se presentan en nidos o en criptas con células pequeñas indiferenciadas de textura densa que se encuentran solas o en grupos entre las bases de las células cilíndricas o agregadas en grupos definidos (Bayón, 1981; Chapman, 1971; López y Morón, 1989; Schneider y Rudinsky, 1969 b; Snodgrass, 1935; Wigglesworth, 1974)

Algunas de estas células las hemos podido observar a lo largo del estomodeo de *D. adjunctus*, aunque no todas ellas. En

este sentido, la presencia en el ventriculo de *D. adjunctus* de células cilíndricas globosas, que carecen de chapa estriada y presentan una porción citoplásmica apical pálida, son células que corresponden a una fase secretora según Bayon (1981) y que presentan una secreción de tipo apócrina. Las imágenes observadas en nuestro estudio, efectivamente parecen corresponder a células apócrinas puesto que de ellas se desprende la porción apical.

Por otra parte, hemos observado constantemente, el desprendimiento de cuerpos celulares completos en la luz del tubo, lo que no descarta la posibilidad de que exista también la secreción holócrina como se ha comunicado para muchos coleópteros. No obstante, quedaría por investigar si a estas células desprendidas, realmente se le puede considerar "secreción" o bien son el resultado de procesos degenerativos normales que conducen a la renovación epitelial.

En cuanto a las células cilíndricas con chapa estriada, hemos observado que la diferencia en la basofilia citoplásmica, se puede deber a una distribución particular de los organelos celulares, lo cual concuerda con lo observado en otros insectos (Bayon, 1981; Chapman, 1971; Richards, 1977), en donde las regiones peri y supranucleares muestran abundante ergastoplasma, numerosos cuerpos de Golgi y glucógeno, mientras que en la región basal, las mitocondrias son los organelos más numerosos. Estas características celulares sugieren una secreción de tipo merócrina.

La presencia de gránulos PAS positivos en el citoplasma de algunas células del ventrículo de *D. adjunctus* puede estar relacionado con el ciclo secretor, en ese sentido, Chapman (1971) señala, que los gránulos en las células del ventrículo de los insectos se almacenan en vacuolas como resultado de la secreción enzimática y la absorción y pueden ser liberados posteriormente a la luz del intestino. Estos gránulos pudieran estar constituidos de glucógeno, como menciona Bayon (1981), o bien estar relacionados con la secreción de las mucinas que hemos constatado, recubren la superficie del mesenterón cuya acción, según diversos autores se refiere a la lubricación de la superficie, facilitando el paso del alimento (Wigglesworth, 1974) o bien reteniendo moléculas para que sean digeridas o absorbidas.

Finalmente se atribuye a las mucinas neutras y en general a todo tipo de estas sustancias un papel regulador del pH extracelular y que se adecúa al tipo de enzimas secretadas.

Entre las células que acabamos de discutir existen otras con la misma forma, pero contienen estructuras globulares fuertemente basófilas en la parte apical de la célula y se distribuyen desde la parte media del ventrículo ancho hasta el ventrículo angosto, y que no menciona la literatura. Es de suponerse que debido a la alta basofilia que presentan, corresponden al tipo secretor, sin embargo se ignora el significado de las estructuras basófilas que las caracterizan.

Otra observación que haremos notar es la presencia de células cúbicas con chapa estriada en la porción anterior del mesenterón de las que no se hace referencia en la literatura . Si consideramos que en muchos insectos se ha descrito la ubicación de los ciegos gástricos a este nivel del mesenterón, y en *Dendroctonus adjunctus*, estos se localizan lejanos de él, tendríamos con su presencia un aumento en la superficie de absorción

En *D. adjunctus* no observamos células caliciformes, cuya importancia ya se mencionó anteriormente.

A través de las observaciones y el análisis que hemos realizado, surge un cuestionamiento que no queda resuelto, el saber si los tipos celulares encontrados son diferentes o corresponden a uno solo, aunque en momentos metabólicos diferentes.

De esta forma, una observación diferente e importante está relacionada con el tipo de secreción de las células del mesenterón en *D. adjunctus*, ya que se observaron tres mecanismos de secreción: la secreción de tipo apócrina merócrina y holócrina, a diferencia de lo que se conoce para los escolítidos de los géneros *Trypodendron* y *Gnatotrichus*, en los que se comunica que la forma de secreción de las células del mesenterón es la holócrina (Schneider y Rudinsky, 1969 b).

En lo que respecta a la regeneración del epitelio ventricular, este debe ser un proceso importante por la intensa actividad

que se desarrolla en la zona y que como ya se mencionó, se observan frecuentemente fragmentos celulares y células completas en la luz del tubo.

En cuanto a la regeneración celular, las células pequeñas basales que se observan en *D. adjunctus*, corresponden al tipo que se describe como células indiferenciadas regenerativas las cuales también se citan en la bibliografía.

En el caso de *D. adjunctus* se encuentran células regenerativas a partir de la válvula estomodeal, y a lo largo del ventrículo, y se agrupan en la base del epitelio cilíndrico formando "nidos" de regeneración del epitelio ventricular, mas que "criptas", como se ha comunicado para muchos Coleoptera (Snodgrass, 1935).

Por otra parte, se ha mencionado que los sitios de regeneración del epitelio varían con la especie, ya que se pueden encontrar a lo largo del mesenterón, en ciertas regiones de él o bien, es la actividad de los ciegos gástricos. En el caso de *D. adjunctus*, estos centros se encuentran a lo largo del mesenterón, así que la regeneración del epitelio no es localizada, sino continua en el tubo digestivo.

Ciegos gástricos

En cuanto a los ciegos gástricos, estos pueden localizarse en diferentes partes del mesenterón, pero son más comunes a nivel de

la válvula estomodeal; pueden ser numerosos o tan escasos como en número de dos.

Algunos autores dudan sobre la función que desempeñan los ciegos gástricos en el tubo digestivo y muchos establecen que en la mayoría de los insectos su localización es anterior dentro del ventrículo (Richards, 1977; Schneider y Rudinsky, 1969b); sin embargo, Thomas (1967) comunica que los ciegos gástricos en muchas especies de escolítidos, incluyendo a *D. adjunctus*, se localizan en la parte posterior del ventrículo.

El mismo autor hizo una clasificación general de los ciegos gástricos en los Coleoptera de la familia Scolytidae, y para el género *Dendroctonus*, comunica tanto en larvas como en adultos que la situación es semejante: son ciegos alargados, que se arreglan en una banda que rodea al mesenterón en su porción distal y en número de 6-13 por banda para larvas y 15-24 por banda para adultos; estas observaciones concuerdan con lo que se describe para *D. adjunctus* en este trabajo.

No obstante, a diferencia de *D. adjunctus*, otros escolítidos presentan ciegos gástricos de forma globular o hay otros que no los presentan como las especies del género *Gnathotrichus* tanto en estado de larva como de adulto y el género *Trypodendron* que sólo presenta ciegos en el estado de larva y en la porción anterior del ventrículo.

En cuanto a las características histológicas, Bayon (1981), menciona que los ciegos presentan características epiteliales

semejantes a las del mesenterón, pero la chapa estriada es de menor dimensión y las invaginaciones de la membrana basal están poco desarrolladas.

Las características histológicas de los ciegos gástricos de *D. adjunctus*, concuerdan con lo que se comunica en la bibliografía, y aunque aquí se observó que el tamaño de las células es menor que las del mesenterón y la chapa estriada, estas se encuentran bien desarrolladas.

En general se han mencionado tres posibles y principales funciones para explicar la presencia de los ciegos: como sitio de regeneración del epitelio ventricular, sitios para aumentar la superficie de absorción de azúcares, triglicéridos y aminoácidos (Mordue, 1980) y que por lo tanto están involucrados en la regulación de los equilibrios iónicos (Bayon, 1981); y por otra parte, como centros de almacén de bacterias en Heteroptera (Snodgrass, 1935).

En el caso de *D. adjunctus* se encontraron en algunos ciegos gástricos la presencia de material intestinal, por lo que en este caso, estas estructuras tendrían la función de aumentar la superficie de absorción de sustancias, dado que además presentan una chapa estriada bien desarrollada y la altura de las células permite esta función. No se encontraron características para atribuirle otras funciones, como la de contener algún tipo de microorganismos, ni tampoco se observaron células regenerativas.

Proctodeo

En *D. adjunctus*, el proctodeo esta formado por el piloro, el ileo y el recto y tiene la función de evacuar el excremento así como los productos de excreción de los túbulos de Malpighi.

En cuanto al piloro, a pesar de que se le identificó anatómicamente, no fué posible hacer su descripción histológica debido a que es una zona de escaso margen y no se encontró en los cortes realizados. Sin embargo, por lo observado macroscópicamente, se ha comprobado que de este sitio salen los túbulos de Malpighi y se forma una válvula entre el mesenterón y el proctodeo.

El ileo de *D. adjunctus* es bastante largo y delgado, a diferencia de lo encontrado en algunos otros insectos donde se describe como corto y delgado o bien, como un órgano indiferenciado (Chapman, 1971).

La función del ileo se considera importante en los escolítidos ya que se le asocia con la secreción de feromonas (Hughes, 1973; Schneider y Rudinsky, 1969 a; Zethner-Moller, 1967), siendo esto posible debido en parte a que la intima que lo delimita es más delgada y más permeable que la del estomodeo (Chapman, 1971).

Algunas características estructurales de las células, pueden ser indicativas de la producción y secreción de compuestos químicos, en este sentido, Schneider y Rudinsky (1969 a) señalan

que las células epiteliales bien desarrolladas con núcleos prominentes indican un papel secretor. Sin embargo, nos parece que es una descripción pobre de la imagen que pudiera asociarse con ese proceso, ya que además del volumen celular y el tamaño del núcleo, la presencia de organelos tales como el retículo endoplásmico rugoso y el aparato de Golgi son índices que deben ser considerados. Si bien en *D. adjunctus* se observan células epiteliales cuboidales y relativamente grandes, no corresponden al aspecto de células secretoras especializadas.

Por otra parte, la estructura y características histoquímicas de la íntima, no son muy diferentes de las encontradas en otros órganos, aunque no se descarta que puede ser una capa semipermeable, como se discutirá más adelante. Por lo tanto, consideramos poco factible que al íleo de *D. adjunctus* puedan atribuirse los papeles que la literatura cita.

El proctodeo, a nivel del recto, tiene la función de evacuar las heces y regular la presión osmótica por reabsorción selectiva de agua, iones, aminoácidos y azúcares que son secretados por los túbulos de Malpighi. Así que las células responsables de la reabsorción de agua a partir de los productos de excreción se agrupan en "papilas o glándulas rectales" o bien en "almohadillas rectales" (Berridge, 1972; Chapman, 1971).

De acuerdo con lo que menciona Chapman (1971) para los coleópteros y lo que se encontró en este estudio, en el recto de *D. adjunctus* existen seis contornos rectales, los cuales forman las almohadillas rectales como una modificación para la absorción de agua y sales, pero a diferencia de lo que menciona el autor, el epitelio que los forma no es cilíndrico sino plano simple y cubierto por una epicutícula fina.

Por otra parte, Raccaud (1980) señala que la íntima del recto es relativamente permeable y se le ha atribuido la función de un tamiz molecular permitiendo el paso de solutos de menor tamaño, incluso, es posible que las toxinas excretadas pudieran pasar de regreso a la hemolinfa, pero la presencia de la íntima y su baja permeabilidad, previenen esta posibilidad.

Por último, la musculatura circular estriada bien desarrollada permite la formación y el transporte de las heces que forman un paquete seco.

Túbulos de Malpighi-Sistema Criptonefridial

Según Chapman (1971), el sistema criptonefridial de los insectos se forma cuando las partes distales de los túbulos de Malpighi se asocian a la pared del recto, formando una capa sobre su superficie externa envueltos por la membrana perirectal y separados del recto por el espacio perirectal. Cada túbulo contiene en sus paredes externas (al lado de la hemolinfa)

numerosas células esparcidas que forman ampollas conocidas en conjunto como leptophragmata.

El sistema criptonefridial remueve el agua de las heces, con un poder de absorción considerable, de tal manera que resultan materiales fecales secos.

Se han observado (Snodgrass, 1935) acúmulos de cuerpos cristalinos en las paredes del mesenterón de varios insectos.

Muchos de estos cuerpos son sales de calcio, o sales de ácido úrico. En ambos casos, estos cuerpos son quizá productos de excreción de un exceso de sustancias que no pueden ser usadas.

Así, parece probable que la materia excretada pueda ser eliminada directamente atravesando las paredes del proctodeo, pero mucha de la excreción intestinal se da a través de los túbulos de Malpighi.

En *D. adjunctus* la presencia de túbulos de Malpighi se observa desde el mesenterón, donde se encuentran muy cercanos a la pared epitelial de esta región y a cuerpos grasos, que se han descrito en la literatura como lóbulos irregulares de células vacuoladas que contienen grasa, proteínas y glucógeno. Nuestra observación concuerda con lo que comunica Snodgrass (1935) para otros insectos, aunque no menciona cuales, e indica que a este nivel lo que se observa son los extremos distales de los túbulos de Malpighi.

Debido a que estos túbulos se encargan de absorber sustancias

de desecho para formar una orina primaria rica en iones K^+ , Na^+ , Cl^- , $H_2PO_4^-$ y glucosa (Mordue, 1980), a este nivel del mesenterón podría iniciarse la recolección de sustancias y esto explicaría la relación tan estrecha entre pared epitelial-túbulos de Malpighi-cuerpos grasos en *D. adjunctus*.

Por otra parte, se ha observado la íntima cercanía de los túbulos de Malpighi con la pared del proctodeo en la región del íleo, mientras que en el recto se observan cortes de túbulos pero separados de él por una distancia considerable. Esto hace suponer que el sistema criptonefridial no comienza en el recto como lo han comunicado muchos autores, sino en la región del íleo.

Las células epiteliales planas de los túbulos de Malpighi presentan una chapa estriada la cual hemos observado con claridad en *D. adjunctus* y de acuerdo con Berridge (1972), tanto la superficie basal como la pared apical contienen mitocondrias superficiales que se pueden extender hacia los microvellos para crear gradientes osmóticos locales entre los canales entre microvellos y así absorber los iones y agua durante la reabsorción.

De esta manera, consideramos que el sistema criptonefridial de túbulos de Malpighi y de los contornos rectales en *D. adjunctus*, tienen importancia al regular la presión osmótica debido a la reabsorción de agua, sales y aminoácidos de la orina.

Por lo tanto el sistema criptonefridial aumenta la eficacia de los túbulos y del íleo, ya que es a este nivel donde se observa claramente este sistema.

Intima

Se conoce con este nombre a la capa cuticular que reviste internamente las partes de origen ectodérmico del tubo digestivo, tales como el estomodeo y el proctodeo (Wigglesworth, 1974). Dicha capa no celular, externa y la epidermis o epitelio celular, forman el integumento.

A la capa celular como mencionábamos se le denomina más comunmente epidermis, pero también hypodermis y está limitada internamente por una muy delgada membrana basal. La descripción de la intima que se hará a continuación, corresponde en realidad a la que se menciona para la cutícula tegumentaria, la que forma el exoesqueleto.

En la bibliografía consultada no se han encontrado los datos que indiquen si hay algunas diferencias entre la intima y la cutícula tegumentaria, por lo tanto se supondrá que son similares. En un corte del integumento, encontramos que la capa más profunda, en contacto con la membrana basal es celular. Se le denomina comúnmente epidermis o en ocasiones hipodermis. Las células epidermales tienen la función de secretar la cutícula que se compone de cuticulina, quitina, artropodina, resilina y de secretar otro tipo de sustancias como quitinasa, proteasa, material fenólico y oxidasas.

Chapman (1971) menciona que a continuación de la epidermis existe una capa amorfa, sin fibras, granular que denomina capa de

Schmidt o subcutícula y que probablemente representa la endocutícula en proceso de formación.

En seguida se encuentra la cutícula que tiene una apariencia estratificada y generalmente se la describe como formada por dos capas principales: la cutícula primaria o exocutícula de posición externa, y la cutícula secundaria o endocutícula, que es interna.

Puede también observarse otra capa, producto de las anteriores que recibe el nombre de epicutícula.

En cuanto a la composición química de la cutícula, tanto la exo como la endocutícula tienen como constituyente característico a la quitina. La endocutícula es la capa más ancha y la más abundante en quitina, presenta canales finos y también se compone de resilina.

La exocutícula contiene quitina en menor proporción y en mayor, la proteína artropodina que proviene de la oxidación de difenoles para originar grupos amino libres y que finalmente se convierte en esclerotina.

La epicutícula no contiene quitina y se compone principalmente de una proteína polimerizada conocida como cuticulina y de ceras. Presenta una pigmentación característica que le es conferida cuando se forma por un proceso conocido como bronceado.

En cuanto a las propiedades de cada capa cuticular, se les han atribuido las siguientes: la endocutícula proporciona

extensibilidad al tegumento al combinarse la rigidez y flexibilidad de la quitina y la resilina respectivamente.

La exocutícula es un material córneo, duro y de color ámbar a pardo oscuro que proporciona rigidez en las partes duras del insecto.

Finalmente, la epicutícula es responsable de la impermeabilidad de la cutícula y de evitar la pérdida de agua por evaporación.

La quitinasa y la proteasa se encargan de disolver la dermis vieja durante el proceso de ecdisis.

La quitina es el componente más abundante de la cutícula, es un polisacárido nitrogenado incoloro que se presenta en forma de critales submicroscópicos que se alinean formando fibrillas que se pueden unir químicamente para formar cadenas de N-acetil-D-glucosamina enlazadas por uniones β 1-4. La fórmula química de la quitina es (C H N O) (Brach, 1912 en Snodgrass, 1935; Staunton, 1961; Pearse, 1968).

En *D. adjunctus*, como ya se ha mencionado, la epidermis del estomodeo y del proctodeo consta de células planas o cúbicas con núcleo y nucleólo bastante apreciables de características basófilas, lo cual concuerda con la imagen de células secretoras de los materiales que forman la cutícula y que intervienen en su reabsorción.

Se observa también la subcutícula o capa de Schmidt, la cual

es muy notable en la zona del esófago donde es gruesa y fuertemente basófila, de ella salen ramificaciones que se proyectan hacia la endocutícula que son característicamente basófilas y positivas a las técnicas de Azul Alciano y Azul de Toluidina, lo que, de acuerdo a las características químicas de la quitina, debería ser una reacción negativa, aunque Runham (1961) en un estudio con *Patella vulgata* explica la positividad de la quitina al Azul Alciano por la presencia de grupos amino y por la formación de complejos quelados. En cuanto a la metacromasia con el Azul de Toluidina explica que es el resultado de la presencia de grupos ácidos débiles o de una polimerización incompleta de mucopolisacáridos ácidos.

Considerando que la endocutícula se describe como cruzada por diferentes canales de diferente diámetro y dirección diversa, las ramificaciones basófilas que la atraviezan pudieran considerarse como una sustancia que llena los canales y que por los datos, sin duda contradictorios que aportan estudios histoquímicos, se trata de precursores de la quitina o de otro componente de la cutícula.

Por otra parte, el mismo autor también menciona que la técnica de PAS puede ser positiva para indicar presencia de quitina, sin embargo, en *D. adjunctus* sólo se observa una zona PAS positiva en la faringe como una línea difícil de apreciar entre la endo y la exocutícula.

Salthouse (1961) comunica que en la quitina secretada recientemente tanto la reacción de PAS como la de Azul Alciano son positivas, pero también se ha informado de resultados negativos, por lo que la identificación de la misma con estas técnicas no es definitiva.

Por otra parte, la exocutícula de *D. adjunctus* es una banda delgada y más densa, tal y como lo menciona la literatura. También es PAS y Azul Alciano negativa.

La epicutícula presenta su color característico y como la bibliografía también lo comenta, es una capa que experimenta diversas modificaciones como ya se mencionó en los resultados y cuyo aspecto morfológico concuerda con las funciones que se llevan a cabo en cada órgano.

Por lo anterior, y en el caso especial de las ramificaciones que dan positividad a las técnicas de Azul Alciano y Azul de Toluidina consideramos que dichas ramificaciones podrían contener los materiales precursores para formar las diferentes capas de la cutícula, ésta surge como una hipótesis adicional al presente trabajo y debido a que, como se ha mencionado anteriormente, todavía no hay explicaciones definitivas para explicar el comportamiento histoquímico de la quitina y de los materiales que forman las capas de la íntima, se requerirán de más estudios tanto para definir si dicha capa tiene la estructura igual o semejante a la cutícula tegumentaria y el porqué de su comportamiento histoquímico tan particular.

VI CONCLUSIONES

- Se describió por vez primera la anatomía e histología del canal alimenticio de *D. adjunctus*, excepto las glándulas salivales.
- Con los resultados aportados con este trabajo, se cumple el objetivo del mismo al describir la anatomía e histología del canal alimenticio del *D. adjunctus*, al contribuir al incremento de los conocimientos básicos de la especie y al analizar las funciones posibles de cada órgano, asimismo, al aportar datos útiles a la parasitología forestal.
- De los tres fijadores usados en este estudio, los dos que ofrecieron mayores ventajas fueron el fijador Zenker para detalles citoplásmicos y el fijador Formaldehído al 10% en solución de fosfatos para estructura histológica general.
- El tipo de técnicas de coloración permitieron conocer algunos datos de la composición de la íntima y del tipo de mucinas secretadas en el mesenterón .
- Tanto la descripción anatómica como la histología, concuerdan en general con lo que ya se ha mencionado anteriormente para otros insectos; no obstante se aportan datos que la bibliografía no menciona para la especie de nuestro estudio.

- El estomodeo y proctodeo presentan una íntima, en el primero, la estructura de dicha capa está más orientada hacia las funciones de conducción y trituración de alimento, y en el segundo a la constitución de las heces por reabsorción de agua e iones.

-Resultó evidente la distinción entre la faringe y el esófago; la presencia de dientes y cerdas esofágicas que sugieren una acción trituradora de alimentos a este nivel; la división del buche en dos zonas y una posible función de digestión mecánica y enzimática aparte de la de almacén de alimento; la presencia de surcos que atraviesan la pared muscular del proventrículo y posibles funciones de trituración y digestión de sustancias; orientación de la capa muscular circular en sentido oblicuo.

-El mesenterón, junto con los ciegos gástricos es la zona de absorción y digestión del alimento. Existen evidencias de secreción apócrina, holócrina y merócrina en el mesenterón y de la presencia del sistema criptonefridial a este nivel y su extensión hasta órganos del proctodeo.

- A nivel del meseterón, se observaron diversos tipos celulares, incluyendo las células que posiblemente secretan la membrana peritrófica y la presencia de estructuras fuertemente basófilas en la parte apical de células mesentéricas de significado desconocido. Se localizaron centros de regeneración celular en el meseterón, ciegos gástricos de forma alargada, en número promedio 23

y localizados en la parte posterior del ventrículo angosto que sugieren la función de aumentar la superficie de absorción de sustancias.

- A nivel del proctodeo no se observaron evidencias de secreción o almacenamiento de sustancias. El recto contiene 6 almohadillas y una musculatura circular bien desarrollada que permite el transporte de heces sumamente secas.

- El sistema criptonefridial nace en el proctodeo, pero los túbulos de Malpighi alcanzan una longitud tal que permite observarlos, además de en el recto, en ciertas porciones del meseterón.

VII RECOMENDACIONES

- Sería conveniente realizar una revisión más profunda acerca de la anatomía e histología de las glándulas salivales, ciegos gástricos, píloro y sistema criptonefridial.

- Se sugiere realizar trabajos experimentales tanto en larvas como en adultos para definir y aclarar los cuestionamientos que surgieron de este trabajo, tales como los ciclos de secreción, relaciones entre morfología y hábitos alimentarios, la presencia de la membrana peritrófica y las características del epitelio de los túbulos de Malpighi.

- Se sugiere retomar el estudio histoquímico de la íntima en otros insectos y extender el análisis tanto morfológico como histoquímico a nivel de tubo digestivo.

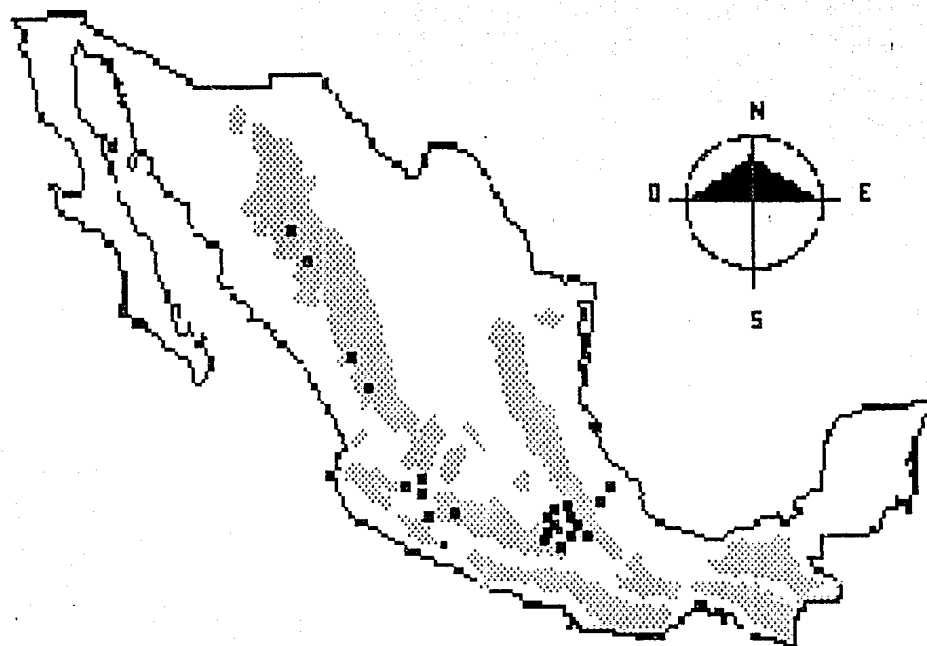



Fig.1. Distribución de bosques de coníferas (Rzedowski, 1981)  y distribución de Dendroctonus adjunctus Bladf.(Gudiño, 1985) ■

Fig. 2. Vista lateral de un macho de *Dendroctonus adjunctus*.

7o. Tergito abdominal (TE); Frente convexa (FC); Ojo (O);
Mechón epistomal (MP); Pronoto (PT); Cubierta de pelos y
setas (PS); Elitro (EL); Margen basal del élitro (MB); -
Abertura anal (AN); Patas (PA). 3.2X.



Fig. 2

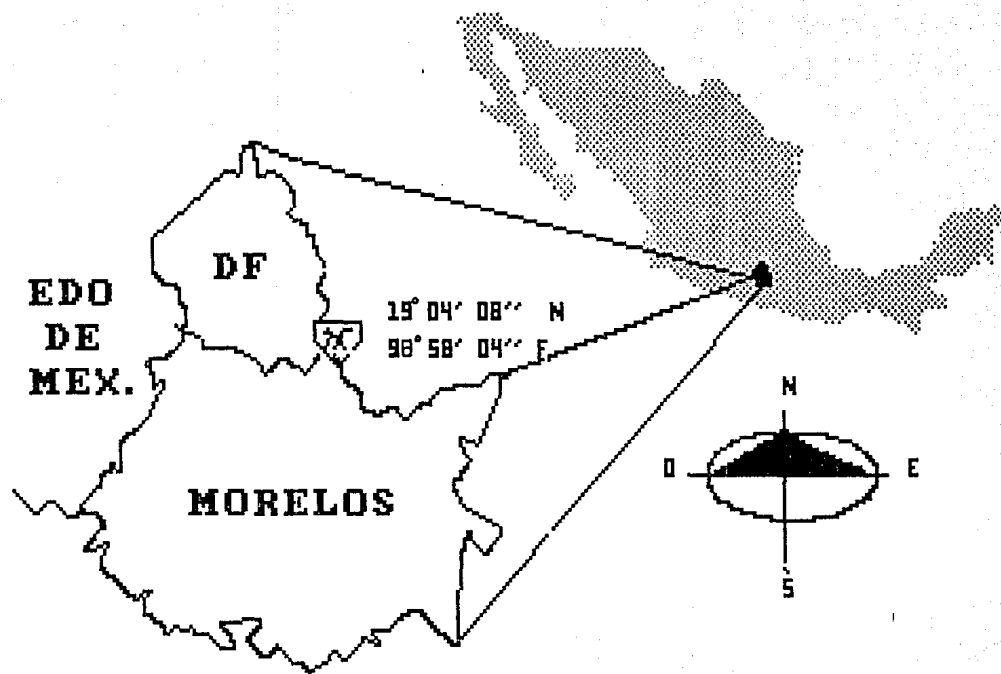


Fig. 3 Localización de la zona de colecta

Fig. 4. Se muestran los componentes usuales del canal alimenticio de los insectos. Snodgrass, 1935; tomado de Chapman, 1971).

Fig. 5. Vista del tubo digestivo de *Dendroctonus adjunctus*.

Estomodeo (ES); mesenterón (MS); proctodeo (PR); faringe (FA);
Buche (BU); proventrículo (PV); ventrículo (V); ciegos -
gástricos (CG); píloro (PI); ileo (IL); recto (RE). 1X.

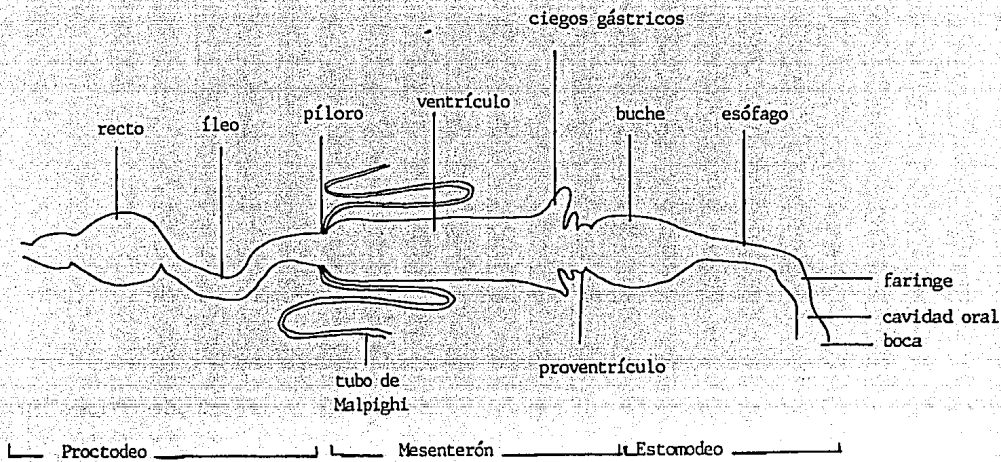


Fig. 4

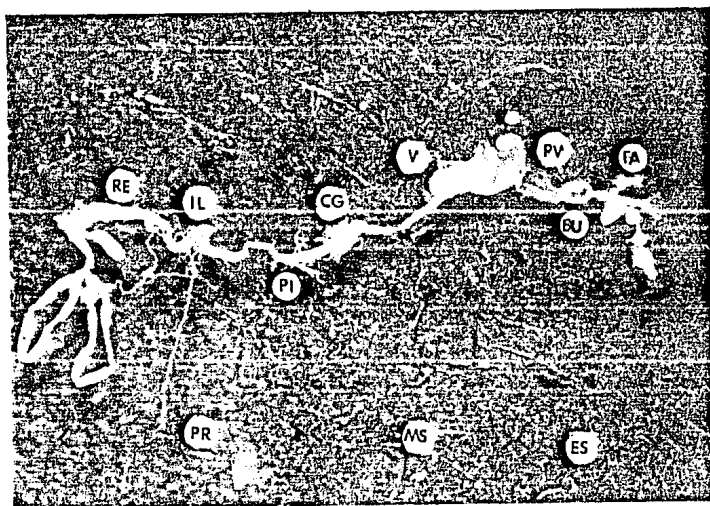


Fig. 5

Fig. 6. Componentes del estomodeo de *D. adjunctus*. Cavidad bucal (CB); mandíbula (MA); faringe (FA); esófago (EO); buche (BU); proventrículo (PV) con sus placas quitinosas (—>); Glándula salival (G). 4X.

Fig. 7. Componentes del mesenterón y del proctodeo de *D. adjunctus*. Porción ancha del ventrículo (V1); porción angosta (V2); ciegos gástricos (CG); piloro (PI); Ileo (IL); túbulos de Malpighi (TM). 1.6X

Fig. 8. Componentes del proctodeo de *D. adjunctus*. Ileo (IL); recto (R); túbulos de Malpighi (TM). Aparato reproductor femenino (AR). 3.2X.

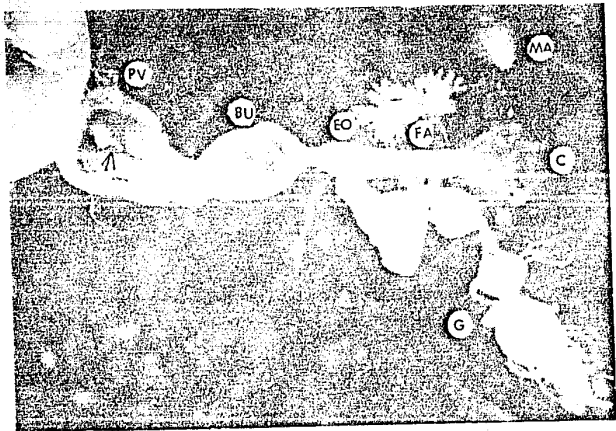


Fig. 6

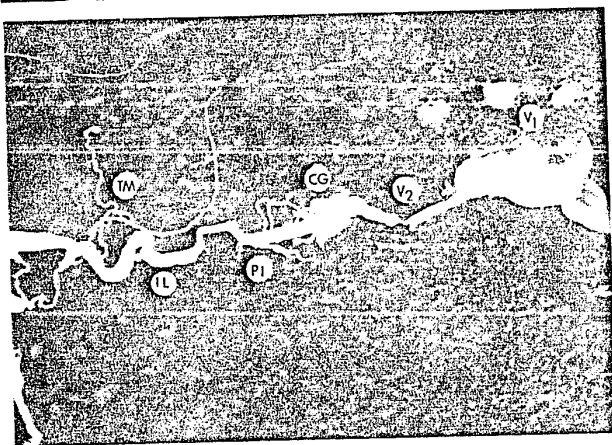


Fig. 7

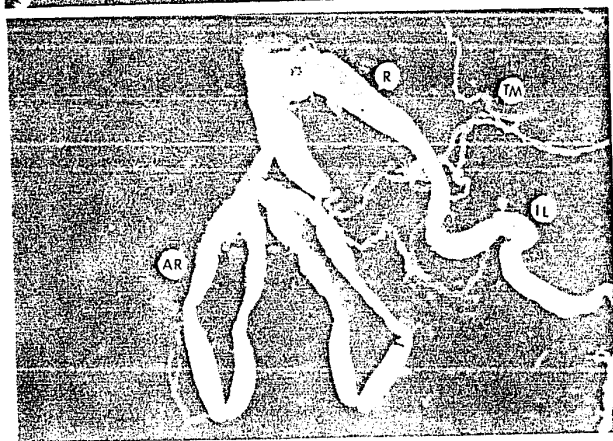


Fig. 8

Fig. 9. Organización histológica general del tubo digestivo de *D. adjunctus*. Intima (I); tejido conjuntivo (TC); capas musculares (M); dientes (D). Téc. Tricrómica de Masson. 40X.

Fig.10. Organización histológica general del tubo digestivo de *D. adjunctus*. Detalle. Epitelio de revestimiento formado por: capa de células planas (C); intima (I). Se observa también la capa muscular (M). Téc. H-E. 100X.

Fig. 11. Detalle del mesenterón de *D. adjunctus*. Obsérvese el epitelio cilíndrico (E) con chapa estriada (—>). Tejido conjuntivo (TC). Téc. H-E. 100X.

Fig. 12. Estructura de la intima que reviste ciertos órganos del tubo digestivo de *D. adjunctus* en donde se observan la subcutícula (SB) con sus ramificaciones, la endocutícula (EN), la exocutícula (EX) y la epicutícula (EP). Nótese las cerdas de la epicutícula (—>). Téc. H-E. 100X.

Fig. 13. Detalle de la pared del proventrículo de *D. adjunctus*. Se observan las ramificaciones de la subcutícula (SB) constituidas por mucinas ácidas y la epicutícula en forma de placas ornamentadas (EP). Capas musculares (M). Surcos (—>). Téc. PAS-Azul Alciano. 100X.



Fig. 9



Fig. 10

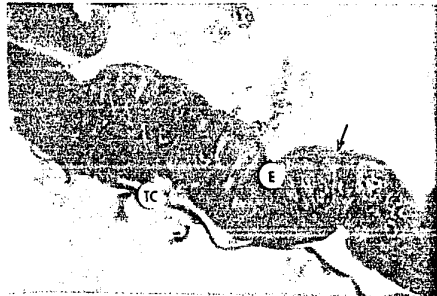


Fig. 11

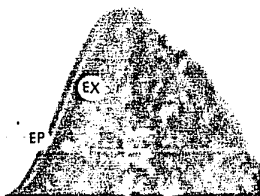
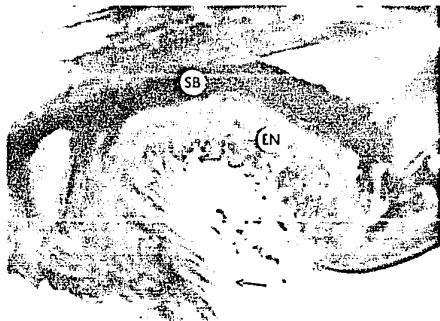


Fig. 12



Fig. 13

Figs. 14 y 15. Demostración de mucinas ácidas en la subcutícula (SB) de *D. adjunctus*. Las células epiteliales del mesenterón contienen discretas granulaciones PAS positivas (--->). Téc. PAS-Azul Alciano. 100X y 40X respectivamente.

Fig. 16. Reacción metacromática positiva en la subcutícula (SB) de *D. adjunctus*. Téc. Sylven. 40X.



Fig. 14



Fig. 15

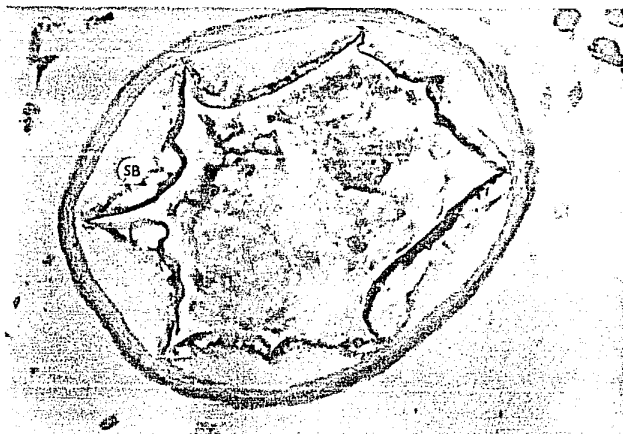


Fig. 16

Fig. 17. Faringe de *D. adjunctus*. Nótese la irregularidad de la luz debido a los pliegues longitudinales (PL) y transversales (PT). La muscular interna (MI) ocupa la parte central de los pliegues longitudinales y la muscular externa (ME), en la periferia, es de curso circular. Téc. Tricrómica de Masson. 40 X.

Fig. 18. Detalle de la faringe de *D. adjunctus*. Células epiteliales planas (C). Epicutícula (EP). Endocutícula (EN) con las ramificaciones de la subcutícula. Intima (I). Téc. Papanicolau 100X.

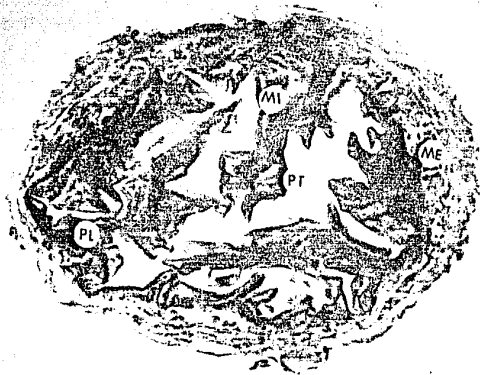


Fig. 17



Fig. 18

Fig. 19. Esófago de *D. adjunctus*. Se observan los pliegues longitudinales escasos (PL), las células epiteliales planas (E) y la capa muscular externa (ME) de dirección circular. Téc. H-E. 10X.

Fig. 20. Esófago de *D. adjunctus*. Intima (I); capa de células epiteliales planas (C); pliegues longitudinales (PL); muscular externa (ME). Téc. H-E. 40X.

Fig. 21. Detalle del esófago de *D. adjunctus*. Subcutícula (SB); endocutícula (EN); exocutícula (EX); epicutícula (EP). Cerdas y dientes de la epicutícula (--->). Téc. H-E. 100X.

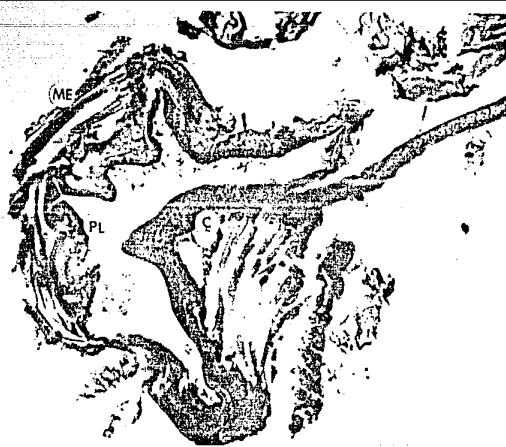


Fig. 19



Fig. 20



Fig. 21

Fig. 22. Primera zona del buche de *D. adjunctus*. Obsérvese la presencia de numerosos pliegues longitudinales (PL) y transversales (PT), el músculo interno de dirección oblicua (MI), los dientes (D) y el músculo externo circular (ME). Contenido alimenticio (CA). Téc. Tricrómica de Masson. 20X.

Fig. 23. Segunda zona del buche de *D. adjunctus*. Dientes (D); pliegues longitudinales escasos (PL); epitelio plegado (E). Téc. H-E. 20X.

Fig. 24. Detalle de la segunda zona del buche de *D. adjunctus*. Capa celular del epitelio (C); íntima (I); dientes (D); contenido alimenticio (CA) y músculo circular (ME). Téc. H-E. 100X.



Fig. 22



Fig. 23



Fig. 24

Fig. 25. Porción proximal del proventriculo de *D. adjunctus*. Nótese la diferencia en las paredes del órgano: una mitad con placas (P) y en la otra el epitelio sin ellas (E). Obsérvese también la diferencia en el grosor de las paredes musculares (ME), los surcos (—>) y el contenido alimenticio (CA). Téc. H-E. 20X.

Fig. 26. Porción intermedia del proventriculo de *D. adjunctus*. Se observan las ocho placas (P) del armario y la organización lamelar de la epicutícula (EP); los surcos (—>), el contenido alimenticio (CA) y las porciones desprendidas de las placas (□). Téc. PAS-Azul Alciano. 20X.

Fig. 27. Porción distal del proventriculo de *D. adjunctus*. Obsérvese la similitud con la parte proximal de este órgano. Placas (P). Epitelio (E). Paredes musculares (ME). Surcos (—>). Nótese por otra parte las lamelas en las placas epicuticulares (P) y el contenido alimenticio (CA). Téc. PAS-Azul Alciano. 20X.



Fig. 25

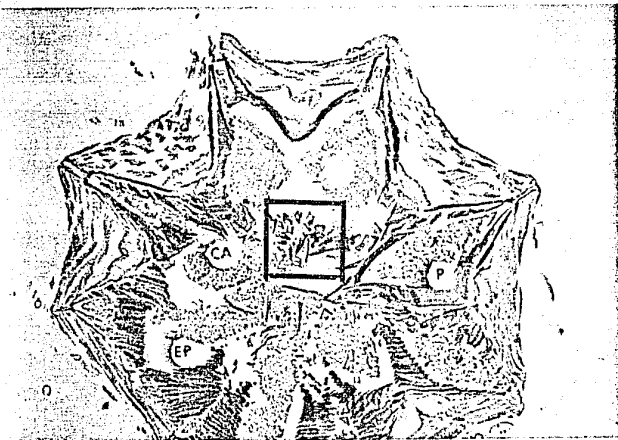


Fig. 26



Fig. 27 83

Fig. 28. Válvula ventricular de *D. adjunctus*. Se observan la parte final del proventrículo (PV) y la inicial del ventrículo (V); y las dos hojas de la válvula ventricular (—>). Contenido alimenticio (CA). Téc. H-E. 20X.

Fig. 29. Válvula ventricular de *D. adjunctus*. Obsérvense los grupos de células pálidas (CP) a ambos lados de la válvula, el contenido alimenticio (CA) y el desprendimiento de las lamelas (—>). Proventrículo (PV) y ventrículo (V). Téc. Tricrómica de Masson. 20X.

Fig. 30. Válvula ventricular de *D. adjunctus*. Detalle de la figura 25. Nótese los cambios en el epitelio (—>) proventricular (PV), de la válvula (VV) y del ventrículo (V); particularmente las diferencias entre las células cilíndricas pálidas de la válvula (CP) y las células tipo A del epitelio glandular del ventrículo. De éstas células se desprenden porciones del citoplasma apical (--->) Téc. Tricrómica de Masson. 50X.



Fig. 28



Fig. 29

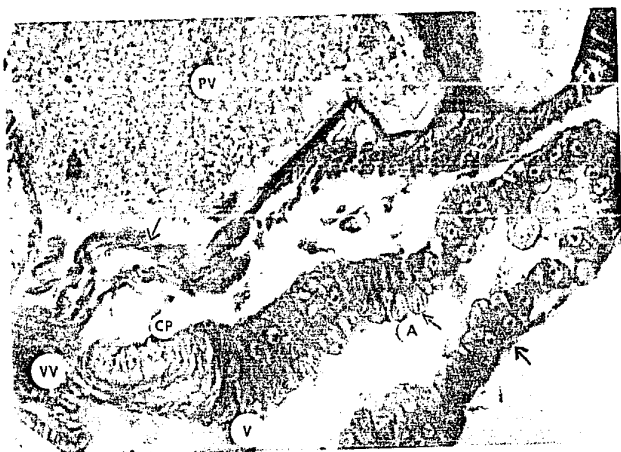


Fig. 30

Fig. 31. Ventriculo de *D. adjunctus*. Porción ancha. Epitelio cilíndrico mostrando los subtipos (B1) y (B2). Epitelio cúbico (CU). Escaso tejido conjuntivo (TC). Capa delgada de músculo circular (ME). Chapa estriada (—>). Téc. Papanicolau. 40X.

Fig. 32. Ventriculo de *D. adjunctus*. Parte inicial de la porción angosta. Epitelio cilíndrico (B). Chapa estriada (—>) Tejido conjuntivo (TC). Capa muscular circular (ME). En la luz se observan restos de alimento (CA) y fragmentos citoplásmicos desprendidos de las células cilíndricas (--->). Téc. H-E. 20X.

Fig. 33. Ventriculo de *D. adjunctus*. Parte final de la porción angosta. Epitelio cilíndrico (B). Chapa estriada (—>) Téc. Tricrómica de Masson. 20X.

Fig. 34. Reacción histoquímica de las células del ventriculo de *D. adjunctus*: chapa estriada PAS positiva (—>). Observe el gran núcleo de las células (NU) y la escasa cantidad de tejido conjuntivo (TC). Téc. PAS-Azul Alciano. 100X.

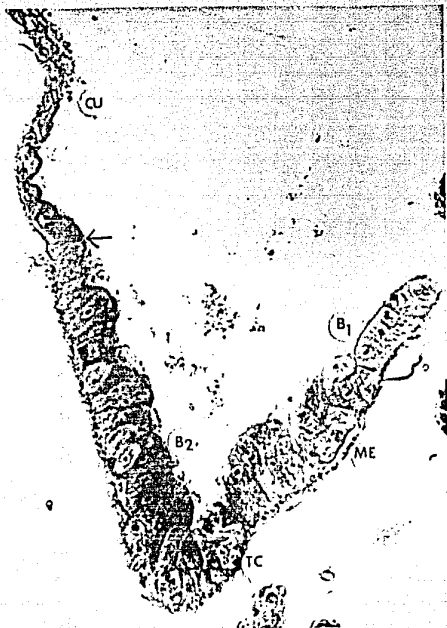


Fig. 31

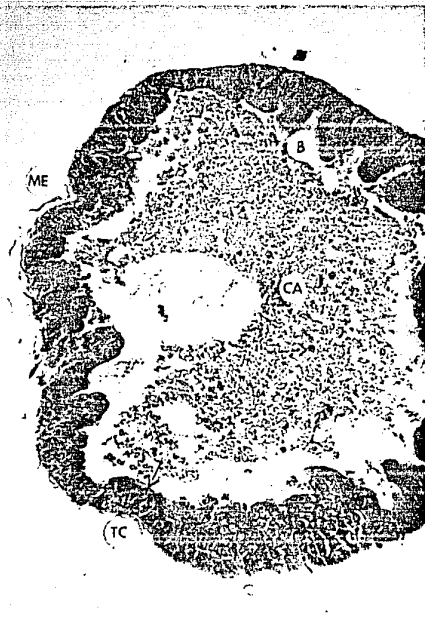


Fig. 32

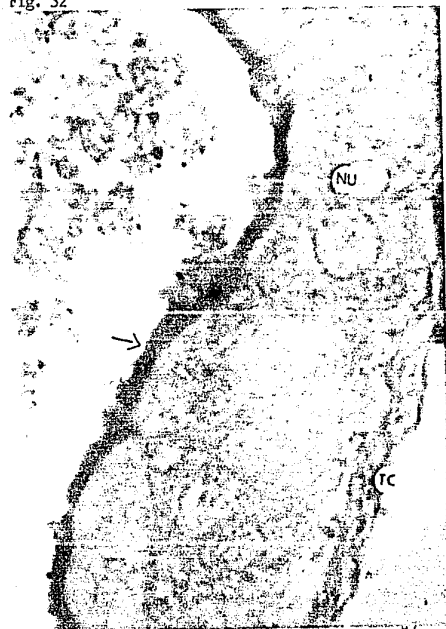
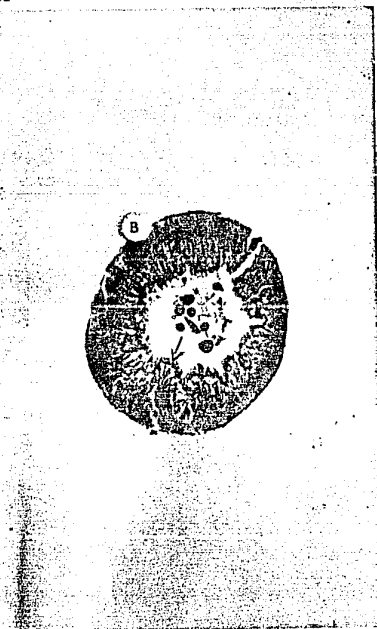


Fig. 35. Ventriculo de *D. adjunctus*. Porción ancha. Obsérvense los subtipos del epitelio cilíndrico (B1), (B2) y la célula (--->) que flota en la luz del órgano acompañando al alimento (CA). Téc. Papanicolau. 40X.

Fig. 36. Ventriculo de *D. adjunctus*. Porción angosta. Obsérvense las células glandulares (A), las cilíndricas (B1) y (B2) y las células basales (C), así como restos de células cilíndricas en la luz (--->). Téc. Tricrómica de Masson. 40X.

Fig. 37. Ventriculo de *D. adjunctus*. Porción ancha. En esta figura se observan las células basales (C), los centros de regeneración epitelial (D) y en la luz del órgano, fragmentos citoplásmicos (--->). Téc. Papanicolau. 50X.

Fig. 38. Ventriculo de *D. adjunctus*. Porción ancha. Se observa un conjunto de células a punto de separarse del epitelio (--->). Célula basal (C). Téc. Papanicolau. 50X.

Fig. 39. Ventriculo de *D. adjunctus*. Parte inicial de la porción angosta. Centro de regeneración (D) y células desprendiéndose del epitelio (--->). Téc. H-E. 50X.



Fig. 35



Fig. 36



Fig. 37



Fig. 38



Fig. 39

Fig. 40 y 41. Ventrículo de *D. adjunctus*. Parte final de la porción angosta. Nótese el epitelio cilíndrico muy alto (B) con sus núcleos centrales (NU) y la chapa estriada notable (—>). Asimismo el desprendimiento de porciones enteras de la pared epitelial (--->) y fragmentos celulares en la luz del tubo (--->). Téc. Tricrómica de Masson. 20X.

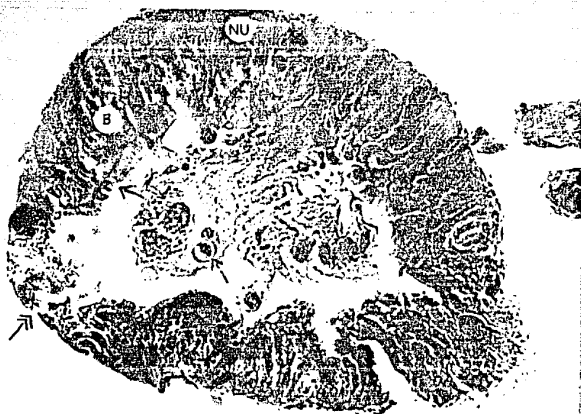


Fig. 40

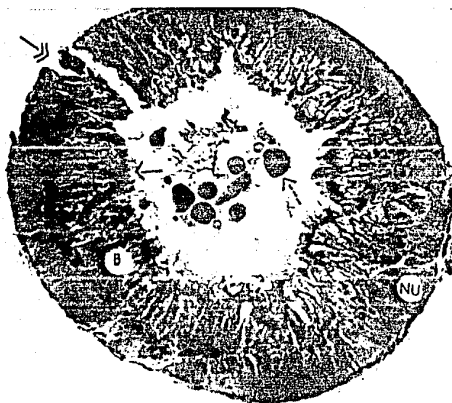


Fig. 41

Fig. 42. Ubicación de los ciegos gástricos en el tubo digestivo de *D. adjunctus*. Parte final del ventrículo angosto (V2). Ciegos gástricos (CG). Téc. Papanicolau. 40X.

Fig. 43. Ciegos gástricos (CG) cercanos a la pared del ventrículo angosto (V2). Obsérvese la similitud del epitelio de ambos órganos. Téc. H-E. 10X.

Fig. 44. Detalle del epitelio (E) de los ciegos gástricos. Téc. H-E. 100X.

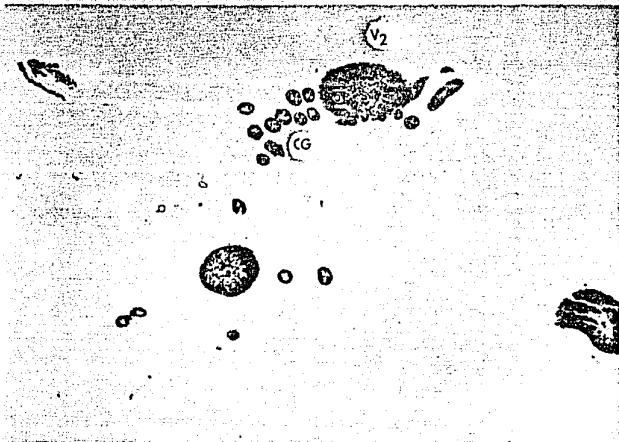


Fig. 42



Fig. 43

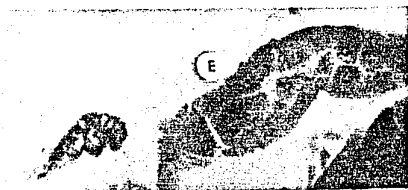


Fig. 44

Fig. 45. Ileo de *D. adjunctus*. Parte inicial. Nótese la luz irregular en esta zona y compárese con la final en la que la pared epitelial es regular. Epitelio (E). Capa muscular externa (ME). Téc. Tricrómica de Masson. 20X.

Fig. 46. Ileo de *D. adjunctus*. Parte final. Pared epitelial (E). Capa muscular (ME). Túbulos de Malpighi (TM). Obsérve que estas estructuras en conjunto con las capas forman el sistema criptonefridial. Téc. Papanicolau. 20X.

Fig. 47. Recto de *D. adjunctus*. Se observan seis almohadillas rectales (AH) separadas por sus correspondientes surcos (—>). Nótese el epitelio plano que reviste al órgano (E) y la capa muscular circular (M) más gruesa que la del ileo. Téc. Papanicolau. 20X.

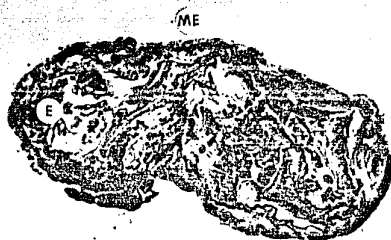


Fig. 45

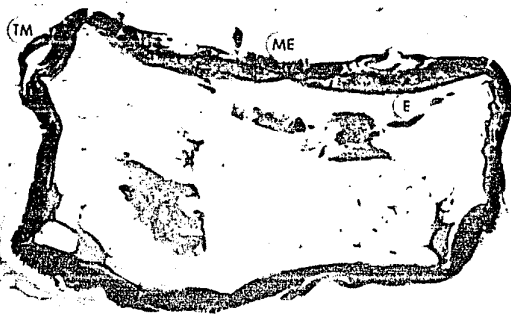


Fig. 46

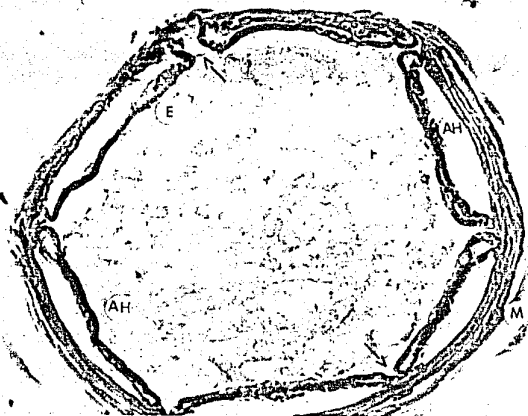


Fig. 47

Fig. 48. Porción del sistema criptonefridial de *D. adjunctus*. Se observa con detalle la estructura de la pared epitelial (E) del ileo, en íntima asociación con una porción de los túbulos de Malpighi (TM). Nótese la aparente interrupción de la capa muscular del tubo digestivo (ME) y la chapa estriada (—>) en el epitelio del túbulo de Malpighi. Téc. Papanicolau. 100X.

Fig. 49. Ventriculo de *D. adjunctus*. Porción ancha del ventrículo. En esta zona, la pared del mesenterón está formada por un epitelio cúbico simple (CU). Nótese la asociación de los túbulos de Malpighi (TM) con los cuerpos grasos (CP) del mesenterón; obsérvese la cercanía que existe entre estas estructuras y la pared del tubo digestivo. También se muestran cortes de los túbulos de Malpighi (TM) separados de la pared del tubo digestivo. Téc. Papanicolau. 40X.

Fig. 50 Detalle del sistema criptonefridial. Primera porción del ileo de *D. adjunctus*. Túbulos de Malpighi (TM). Músculo (ME). Epitelio (E). Téc. Papanicolau. 40X.

Fig. 51. Ventriculo de *D. adjunctus*. Porción angosta. Túbulos de Malpighi (TM) rodeando a este órgano. Compárese la estructura de estos con la observada en las porciones del ileo y del ventrículo ancho, incluyendo el contenido en su luz (--->). Téc. Tricrómica de Masson. 20X.

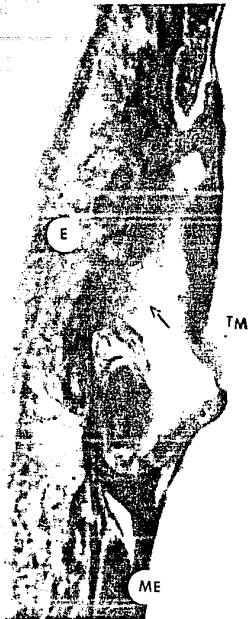


Fig. 48



Fig. 49



Fig. 50

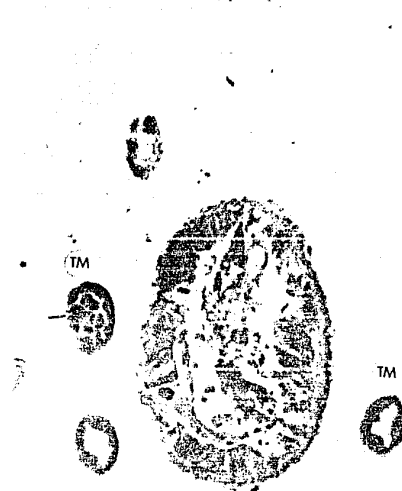


Fig. 51

Anexo I

Preparación de solución fisiológica y fijadores (Humason, 1972)

Solución fisiológica Ringer

Cloruro de sodio 0.09 g

Cloruro de potasio 0.042g

Cloruro de calcio 0.025g

Agua destilada 100 ml

Recomendación: Mantener la solución en frío incluso durante su uso.

Fijador de Bouin

Solución acuosa saturada de ácido picrico 75 ml

Formaldehído 25 ml

Comentarios: agregar 5 ml de ácido acético al momento de usar, el tiempo de fijación es de 24 horas y después eliminar el exceso en etanol al 70% y deshidratar.

Fijador Formaldehído

Solución de formol al 10% neutralizada en solución reguladora de fosfatos a un pH de 7.2.

Comentarios: El tiempo de fijación es de 24 horas o más, el fijador se elimina lavando la pieza una hora antes con agua circulante de la llave y deshidratar.

Fijador de Zenker

Bicromato de potasio	2.5 g
Cloruro de mercurio sublimado	5.0 g
Sulfato de sodio	1.0 g
Agua destilada	100 ml

Comentarios: Agregar 5 ml de ácido acético al momento de usar; el fijador se elimina lavando al menos 24 horas en agua circulante de la llave, posteriormente se procede a deshidratar.

Anexo II.

Marcha de inclusión en parafina (Stanley, 1976, modificada en el Lab. de Histología, ENCB-IPN)

Deshidratación

La deshidratación se realizó con etanol a diferentes concentraciones y tiempos como se muestra a continuación:

Concentración del alcohol (%)	tiempo de deshidratación (min)
25	15 (en tres cambios)
50	15 "
60	15 "
70	15 "
80	15 "
96	10 "
100	10 "
Alcohol-tolueno	5
Tolueno I	1
Tolueno II	1
Parafina-tolueno	5
Parafina I	60
Parafina II	60
Parafina III	60
Incusión en bloques	-

Anexo III

Técnicas de tinción.

Técnica topográfica Hematoxilina-eosina. (McManus, 1960)

Colorantes

1) Hematoxilina de Harris

Hematoxilina 1.0g

Alcohol absoluto 10ml

Alumbre de amonio 20g

Oxido de mercurio 0.5g

Agua destilada 200ml

2) Eosina

Colorante Eosina A 1.0g

Alcohol etílico 100ml

Procedimiento de tinción.

Una vez desparafinados los cortes se procede a teñir con Hematoxilina de Harris durante 2-3 minutos

Lavar en agua de la llave

Diferenciar en alcohol ácido

Lavar en agua de la llave

Virar en una solución de hidróxido de amonio

Lavar en agua de la llave

Lavar en agua destilada

Contrastar con Eosina durante 20 segundos

Remover el exceso con alcohol acetona, alcohol absoluto, alcohol

absoluto-xilol

Deshidratar con xilol

Montar con resina sintética

Resultados: Núcleos color azul oscuro o violeta

Eritrocitos, músculos, gránulos eosinófilos, rojo brillante.

Citoplasma, rosa pálido.

Método de tinción de Papanicolau

(Thompson, 1966, modificado en el Lab. de Histología ENCB-IPN)

Soluciones

1) Hematoxilina de Harris sin ácido acético

2) Orange G6

Orange G6 0.5 %

Etanol al 95 % 100 ml

Acido fosfotúngstico 0.015 g

3) Azur de Eosina (EA 50)

0.5 % de Verde claro SF amarillento en etanol al 95% 45 ml

0.5 % de Café Bismark en 95% de etanol 100 ml

0.5 % de Eosina Y en 95% de etanol 45 ml

Acido fosfotúngstico 0.2 g

Solución acuosa saturada de carbonato de litio 1 gota

4) Acohol ácido 0.5%

Acido hidrociorhidrico concentrado 1 ml

Alcohol etílico 70% 200 ml

Teñir con Hematoxilina de Harris hasta el cambio de pH del corte

Deshidratar en etanol al 50%, 70% y 90%

Teñir en orange G6 durante 2 min, 10 seg.

Lavar en tres cambios de etanol al 96%

Teñir en azul de eosina durante 1 min, 20 seg.

Lavar en tres cambios de alcohol al 96%

Deshidratar en alcohol absoluto, alcohol-xileno, xileno

Montar en resina sintética

Resultados:

Núcleo azul oscuro

Células acidofilias naranja

Células basofilias azul verdoso o verde

Fibras musculares rojo

Fibras de colágeno azul verdoso o verde

Técnica Tricrómica de Masson (AFIP, 1960)

Soluciones

1) Escarlata de Biebrich-Fucsina Acida

Escarlata de Biebrich al 1% 90 ml

Solución acuosa de Fucsina Acida al 1% 10 ml

Acido acético glacial 1.0 ml

2) Solución diferenciadora

Acido fosfomolibdico 5.0 g ó Acido fosfotúngstico 5.0 g
Agua destilada 200 ml

3) Azul de Anilina

Azul de Anilina 2.5 g
Acido acético glacial 2.0 ml
Agua destilada 100 ml

4) Verde luz

Verde luz, SF yellowish 2.0 g
Agua destilada 98.0 ml
Acido acético glacial 1.0 ml

Procedimiento

La variante de la técnica consiste en pasar los cortes, una vez desparafinados, a una solución de Bouin una hora a 56 °C o toda la noche en frío.

Lavar hasta que desaparezca el color amarillento

El colorante Biebrich-Fucsina se usa durante 2 min

El tiempo de diferenciación es de 10 a 15 min si se tiñen con Azul de Anilina, si se tiñe con Verde luz se usa ácido fosfotúngstico al 5%, 15 min.

Después del contraste lavar con agua destilada

Lavar con ácido acético de 3 a 5 min

Lavar en agua destilada

Montar en resina sintética.

ANEXO IV

Técnicas histoquímicas.

Técnica PAS - Azul Alciano (Troyer, 1980)

Procedimiento de tinción

Poner los cortes en ácido acético al 3% durante 15-30 min.

Lavar con agua destilada

Teñir con solución de Azul Alciano durante 15-30 min.

Lavar con agua destilada

Colocar los cortes en ácido periódico durante 10 min.

Lavar con agua de la llave .

Lavar con agua destilada

Colocar los cortes en reactivo de Schiff durante 5 min.

Lavar en agua sulfurosa hasta eliminar el colorante

Lavar con agua destilada durante 5 min.

Deshidratar y montar.

Resultados: Mucinas neutras de color púrpura

Mucinas ácidas de color azul.

Técnica de Azul Alciano - Amarillo Alciano (Troyer, 1980)

Soluciones

Azul Alciano al 1% en HCl N/5 pH=0.5

Amarillo Alciano al 1% en Acido acético al 3%

Rojo Neutro en solución acuosa al 5%

Procedimiento de tinción

Enjuagar los cortes en HCl N/5 un momento

Teñir con la solución de Azul Alciano durante 5 min.

Enjuagar con HCl N/5

Enjuagar con agua

Teñir con la solución de Amarillo Alciano durante 5 min.

Lavar con agua

Teñir con la solución de Rojo Neutro 15 seg.

Lavar con agua

Deshidratar el corte y montar.

Resultados:

Mucinas sulfatadas en azul

Mucinas carboxiladas en amarillo

Mezcla de ambas en verde

Técnica de Sylven (Con Azul de Toluidina). (Troyer, 1980)

Procedimiento de tinción

Enjuagar en agua destilada los cortes

Enjuagar en alcohol al 70

Colorear con Azul de Toluidina durante 1 min.

Lavar con alcohol de 96

Deshidratar el corte y montar.

Resultados: Mucopolisacáridos sulfatados en azul violeta.

CITAS BIBLIOGRAFICAS

- Armed Forces Institute of Pathology, 1960. Manual of Histologic Staining Methods. 3a. ed. Ed. McGraw Hill Book Company. USA. 72, 73, 95.
- Atkinson, M.T., 1985. Los géneros de la familia Scolytidae (Coleoptera) en México. Resumen de Taxonomía y Biología. Memoria de los Simposia Nacionales de Parasitología Forestal II y III, Pub. esp. 46. 463 pp.
- Baker, W. V., 1968. The gross structure and histology of the adult and larval gut of *Pentalobus barbatus* (Coleoptera: Passalidae), The Can. Entom. 100:1080-1090.
- Baker, W. V.; C.L. Estrin, 1974. The alimentary canal of *Scolytus multistratus* (Col. Scolytidae). A histological study, The Can. Entom. 106 (7):673-686
- Balogun, R. A., 1969. Digestive enzymes of the alimentary canal of the larch bark beetle *Ips cembrae* Heer, Comp. Biochem. Physiol, 29:1267-1270.
- Bayon, C, 1981. Ultrastructure de l'épithélium intestinal et flore pariétale chez la larve xylophage *D'Oryctes nasicornis* L. (Coleoptera Scarabaeidae), Int. J. Insect Morphol and Embryol, 10 (5/6): 359-371.
- Berberet. R. C.; T. J. Helms, 1972. Comparative Anatomy and Histology of Selected systems in Larval and Adult Phyllophaga anxia (Coleoptera: Scarabaeiodes), Ann. Ent. Soc. of Amer, 65 (5): 1026-1053.
- Berridge, M.J.; J. L. Oschman, 1972. Transporting Epithelia, Ed. Academic Press, Inc. New York, 91 pp.
- Blum, S. 1985. Fundamentals of Insect Physiology. Ed. Murray S. Blum. A Wiley-Interscience Publication 60-89 pp.
- Borden, J. H, 1990. Chemical Ecology Research, Group Faculty of Science, Simon Fraser University, Burnaby B.C. 182 pp.
- Camacho, Vera A. D., 1988. Semioquímicos y comportamiento de colonización en Scolytidae (Coleoptera). Ejercicio Predoctoral. Sección de Graduados. I.P.N., E.N.C.B., México, 74 pp.
- Chapman, J. A, 1956. Flight-muscle Changes during Adult Life in a Scolytid Beetle, Nature, 177 (4521): 1183.

- Chapman, R. F., 1971. The Insects. Structure and Function. 2a. ed, Ed. The English Universities Press LTD, Londres, 819 pp.
- Cibrián, T. D., 1982. *Dendroctonus adjunctus*. Laboratorio de Entomología y parasitología forestal del Departamento de Bosques, UACH. 196 pp.
- Cibrián, T. D., 1987. Estudios sobre la biología y disposición espacial del descortezador de pinos *Dendroctonus adjunctus* Blandf. (Coleoptera: Scolytidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 140 pp.
- Comisión Forestal Norte Americana, 1990. XXII encuentro del grupo de estudios de insectos y enfermedades. Reporte de las condiciones de plagas y enfermedades en México. 164 pp.
- Courtois, J. E., C. Chararas, M. et M. Debris, 1961. Recherches préliminaires sur les glucidases présentes dans un Coléoptère xylophage *Ips typographus* L, Bull. Soc. Chim. Biol, 43 (5-6): 698.
- Gudíño, González, J.L., 1985. Contribución al conocimiento de la distribución de los descortezadores del género *Dendroctonus* Erichson. (Col. Scolytidae) en México. Tesis profesional (Ensayo) IPN, ENCB. 136 pp.
- Gutiérrez B. E., 1985. El uso de la cápsula seminal y la identificación de las especies mexicanas del género *Dendroctonus* (Col. Scolytidae), Memoria de los Simposia Nacionales de Parasitología Forestal II y III SARH, Pub. Esp. 46 463 pp.
- Harborne, J. B., 1985. Introducción a la Bioquímica Ecológica. Ed. Alhambra, España. 112 pp.
- Humason, G. L., 1972. Animal Tissue Techniques. 3a. ed. Ed. WH Freeman and Company, Sn. Francisco, 641 pp.
- Islas, S. F., 1974. Observaciones sobre la biología y el combate de los escarabajos descortezadores de los pinos *D. adjunctus* y *D. mexicanus* en el estado de México, Boletín Técnico No. 40. SARH, INIF. 35 pp.
- Kollmann, F. P., W. Cotw, 1968. Principles of Wood Science and Technology. Tomo I. Solid Wood. Ed. Springer-Verlag New York Inc. Germany. 592 pp.
- Lanier, G.N., 1981. Cytotaxonomy of *Dendroctonus*. In Application of Genetics and Cytology in Insect Systematics and Evolution, Ed. Proc. Symp. Natl. Meeting of the Entomological Soc. of Amer. Forest Wildf. and Range Exp, Sta. Univ. of Idaho, Moscow. 152 pp.

- Leake, L. D., 1975. Comparative Histology. Ed. Academic Press, London, 738 pp.
- Leung, A. Y., 1980. Encyclopedia of common natural ingredients, Ed. John Wiley and Sons, New York, 409 pp.
- López, G. Y., M. A. Morón, 1990. Estudio morfológico e histológico del aparato digestivo larvario de *Dynastes hyllus*. Chev. (Coleoptera Melolonthidae, Dynastinae), Folia Entomológica Mexicana, 79: 65-83.
- McManus, J. F. A., R. W. Mowry, 1960. Staining methods, Histologic and histochemical. Ed. Harper and Row New York, 423 pp.
- Minaburo, V. B. R. 1991. Anatomía del tubo digestivo de un pez omnívoro *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) en ejemplares juveniles, Tesis Profesional, E.N.C.B.-I.P.N, México, 83 pp.
- Mitton, J. B., K. B. Sturgeon, 1982. Bark Beetles in North American Conifers: A System for the Study of Evolutionary Biology. University of Texas, Press, Austin, 350-393 pp.
- Mordue, W., G. J. Goldsworthy, J. Brady and W. M. Blaney, 1980. Insect Physiology, Ed. Blackwell Scientific Publications, 108 pp.
- Pearse, E. A. G., 1968. Histochemistry. Theoretical and Applied, Vol. 1, 3a. ed, Ed. J. and A. Churchill. L. T. D., 759 pp.
- Perusquia, O.J., 1978. Descortezador de los pinos (*Dendroctonus spp*) taxonomía y distribución. Boletín técnico No. 55. SARH, DGICF, 31 pp.
- Raccaud, J. S., 1980. Les insectes, Physiologie, développement. Ed. Masson. Paris, 210 pp.
- Richards, O.W., R. G. Davies, 1977. Imms' general textbook of entomology. Vol. 1, 10a. ed, Ed. Chapman and Hall, New York 309 pp.
- Rodríguez, L. R., 1982. Plagas forestales y su control en México. UACH. Dpto. de Parasitología, 187 pp.
- Rose, CH. W. E., 1964. Biología y Ecología del Descortezador del Pino *Dendroctonus valens*. Lec. (Coleoptera: Scolytidae) Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México, 53 pp.
- Runham, N. W., 1961. Investigations into the Histochemistry of chitin. J. Histochem. and Cytochem, 9:87-92.

- Runham, N. W., 1962. Further investigations of the Histochemistry of molluscan chitin. *J. Histochem. and Cytochem.* 10:504.
- Rzedowsky, J., 1981. Vegetación de México. Ed. Limusa, Méx, 432 pp.
- Salthouse, T. N., 1962. Histochemistry and staining of chitin. *J. Histochem. and Cytochem.* 10:109
- Schneider I., J. A. Rudinsky, 1969 a. The site of pheromone production in *Trypodendron lineatum* (Coleoptera Scolytidae): bioassay and histological studies of the hindgut, *The Can. Entom.* 101 (8): 1181-1186.
- Schneider, I., J. A. Rudinsky, 1969 b. Anatomical and Histological Changes in Internal Organs of Adult *Trypodendron lineatum*, *Gnathotrichus retusus* and *G. sulcatus* (Coleoptera Scolytidae), *Ann. Entom. Soc. of Amer.* 62 (5): 995-1003.
- Schwert, D. P., Anderson, T. W., Morgan, A., Morgan, A. V., P. F. Karrow. 1985. Changes in the Late Quaternary Vegetation and Insect Communities in Southwestern Ontario, Quaternary Research. 23:205-226.
- Silva, T. B., 1982. Distribución espacial de tres especies de descortezadores (Col. Scolytidae) en *Pinus hartwegii*, Tesis Profesional, C.P. Chapingo, Méx, 98 pp.
- Síntesis Geográfica, Nomenclátor y Anexo Cartográfico del Estado de México, 1987, INEGI, 222 pp.
- Snodgrass, R. E., 1935. Principles of insect morphology. Mc Graw-Hill Book Company, New York and London, 420 pp.
- Stanley S. R., 1976. Lynch's Medical Laboratory, W.B. Saunders Company, Vol.II, Third ed, 1485 pp.
- Terra, W. R. 1990. Evolution of digestive systems of insects. *Annu. Rev. Entomol.* 35: 181-200.
- Thomas, J. B., 1967. A comparative study of Gastric caeca in adult and larval stages of Bark Beetles (Coleoptera Scolytidae), *Proceedings. Entom. Soc. of Ont.* 97: 71-90.
- Thompson, W.S., 1966. Selected Histochemical and Histopathological methods, Charles C. Thomas Publisher, USA, 1639 pp.

- Troyer, Henry. 1980. Principios and Techniques of Histochemistry. Little Brown and Company, Boston. 431 pp.
- Vázquez U. R, 1989. Biología y control de *Dendroctonus adjunctus* Blanford. (Col. Scolytidae). Pueblos mancomunados, Ixtlan, Oaxaca, Tesis Profesional. UACH. 98 pp.
- Villa C. J, 1990. Chemical attractants in bark beetles *D. mexicanus* and *D. adjunctus* in Southern Jalisco, México. Comisión Forestal Norte Americana, grupo de estudios sobre insectos y enfermedades, Chihuahua, Chih. México. 86 pp.
- Wigglesworth, V.B, 1974. Fisiología de los insectos, Ed. Acribia, España, 155 pp.
- Wood, S. L, 1982. Great Basin Naturalist memoirs. The Bark and Ambrosia Beetles of North and Central America. (Col. Scolytidae) a Taxonomic Monograph, Brigham Young University, 203 pp.
- Wood, S.L., 1985. Aspectos taxonómicos de los Scolytidae pp. 701-704. Memoria de los Simposia Nacionales de Parasitología Forestal II y III, Pub. esp. 46. 463 pp.
- Zethner, M., Rudinsky, J. A, Studies on the site of sex Pheromone Production in *Dendroctonus pseudotsugae* (Col. Scolytidae), The Can. Entom.