

U N A M

Facultad de Ciencias

Depto. de Biología.

CCE 232

Carlos Jáquez Jue



MORFOLOGIA, ANATOMIA,
CICLO DE VIDA,
INFESTACION Y DAÑOS

**BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA**

DEL BARRENADOR GRANDE DE LOS GRANOS,
Prostephanus truncatus (Horn)
(Coleoptera: Bostrichidae).

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO
DE DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

P r e s e n t a

MARIO RAMIREZ MARTINEZ

1 9 9 0 .

Dedicada a Vos y por Usted.

Al pequeño dinosaurio y
al gran dragón.

"Patria, tu superficie es maíz.."
Ramón López Velarde.

A G R A D E C I M I E N T O S

Al Dr. Ernesto Moreno Martínez, director y sinodal de esta tesis, para quien no creo suficiente un gracias, sino la entrega de mi trabajo y mi responsabilidad como investigador, ya que tenemos un destino académico en común y un reto en Pabellón de Arteaga.

Así mismo deseo agradecer y valorar las observaciones del jurado, quienes revisaron y corrigieron esta tesis; ellos fueron, además del Dr. Moreno, el Dr. Carlos Márquez Mayaudón, la Dra. Julieta Ramos Elorduy, el Dr. Carlos Vázquez Yanes, el Dr. Joaquín Bueno Soria, el M. en C. Enrique González Soriano y la Dra. Alma D.L. Orozco Segovia.

A Miguel Angel Juárez Luevano del Instituto de Investigaciones en Filología de la UNAM, le agradezco su amabilidad en las correcciones de redacción y ortografía.

Reconozco también, la valiosa colaboración, más que de labores, amigable, de la Bióloga Yolanda Hornelas del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, por las técnicas en MEB y las fotografías que apoyaron singularmente las observaciones sobre morfología y anatomía de *P. truncatus*. Así mismo, el toque artístico de esta tesis se debe al apoyo de los dibujos científicos de Elvia Esparza, gracias por su sensibilidad.

El buen trazo y presentación de gráficas y mapas se deben a Felipe Villegas, mahleriano nato. El aspecto técnico de revelado de fotografías tomadas con rayos X y las del microscopio electrónico de barrido, se obtuvieron con la ayuda del Sr. Demetrio Camarillo; todos ellos del Instituto de Biología de la UNAM.

El Biólogo R. Arturo Cárdenas y Espinosa me ayudó a realizar el diseño experimental y manejo estadístico de los datos, profesor de la Facultad de Ciencias de la UNAM y de esos pocos compañeros que trabajan para la industria. El M. en C. Jorge X. Velasco de la UAM-Xochimilco, cooperó muy entusiastamente en las interpretaciones de los resultados y en los modelos matemáticos aquí presentados y el Ing. Antonio Patiño Ramírez de la Fac. de Ingeniería de la UNAM, me ayudó a graficar y computarizar los abundantes datos sobre el ciclo de vida de Prostephanus truncatus.

A la Sra. Enriqueta Olvera le agradezco su atención y mecanografiado del primer borrador y la amable y especial ayuda de la Sra. Carmen Delia Vázquez que logró la escritura y presentación mecanográfica final de esta tesis. Ellas me confirman la cooperación e interés de mis compañeros de trabajo en la Unidad de Investigación de Granos y Semillas de la UNAM.

Finalmente, deseo agradecer a todas aquellas personas de la UNAM y especialmente autoridades del Instituto de Biología, que directa o indirectamente me han apoyado en mis investii

gaciones durante todos estos años, para estudiar al barrenador grande de los granos, Prostephanus truncatus (Horn), gracias a los cuales he podido proyectar, funcional y equilibradamente, el conocimiento biológico actual que demanda este insecto para un combate más estratégico y cabalmente dirigido hacia América y Africa.



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA

R E S U M E N

MORFOLOGIA, ANATOMIA, CICLO DE VIDA, INFESTACION Y DAÑOS DEL BARRENADOR GRANDE DE LOS GRANOS, Prostephanus truncatus (Horn) (COLEOPTERA: BOSTRICHIDAE).

Prostephanus truncatus (Horn) es un insecto, coleóptero, olifago que barrena maíz y madera preferentemente, aunque puede dañar algunos otros productos comerciales y es plaga primaria de campo y almacén. Su distribución geográfica, originalmente de México, Centroamérica y Colombia, se ha extendido en menos de un siglo al sur de los Estados Unidos de América y muy recientemente en 1980 al este de Africa en Tanzania y en 1984 al oeste en Togo en donde se ha tornado más agresivo que en América.

Varios autores desde la centuria pasada lo han estudiado taxonómicamente y han evidenciado sus daños, pero recientemente, con su arribo a Africa ha vuelto a tomar interés mundial y expertos de varios países lo han reabordado desde el punto de vista biológico para obtener mejores métodos de control y combate.

En esta tesis se aporta información original centrada en las investigaciones que se han realizado en el Laboratorio de Entomología del Instituto de Biología de la UNAM sobre morfología, desarrollo (ciclo de vida), conducta de infestación, daños y mortalidad de Prostephanus truncatus en condiciones controladas de

laboratorio.

Los materiales y métodos usados en la presente investigación fueron la observación y fotografías en microscopía electrónica de barrido de la morfología externa de huevecillos, larvas, pupas y adultos. Para el estudio de la morfología interna de los adultos se hizo disección en microscopio estereoscópico y se obtuvieron fotografías del daño producido durante el desarrollo de Prostephanus truncatus con rayos X en granos infestados. El ciclo de vida y la mortalidad de P. truncatus se logró mediante la incubación y observación del desarrollo de huevecillos a adultos en cámaras de cultivo con ambientes de 22, 27 y 32°C y 40, 70 y 90% de humedad relativa para cada una de las temperaturas mencionadas en medios harinosos compactados.

Los resultados indicaron que las características morfológicas y conductuales de Prostephanus truncatus le han permitido dañar maíz y otros productos eficientemente, incluso, la presencia de micetomas que probablemente colaboran en el proceso digestivo con sus simbiosis, le han dado probablemente ciertas ventajas competitivas para aprovechar los granos desde el punto de vista alimenticio. Otras estructuras, como los apéndices gnatales y los espolones en los tarsos, le permiten barrenar y transitar por los túneles hechos dentro de los granos que infesta, así como el desplazamiento y empuje entre las hileras de las mazorcas.

Se concluye que Prostephanus truncatus presenta tres etapas de infestación en el maíz cacahuazintle con una eficiencia de daños muy alta (99%) en corto tiempo (59 días). Se vió que existe una relación muy estrecha entre el desarrollo y el daño que produce el insecto en los granos de maíz y medios harinosos compactados, siendo sus condiciones óptimas los 27 y - 32 °C con 40 - 70% de humedad relativa. Parece ser que las altas humedades (90% de H.R.) y los climas frescos (menos de 22 °C) son factores que pudieran limitar su distribución en Africa y América, ya que los organismos mueren y no completan su desarrollo.

I N T R O D U C C I O N



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA

Generalidades.

Prostephanus truncatus (Horn) es un insecto Pterygota, Holometabola, Coleoptera, Polyphaga de la Familia Bostrichidae (Arnett, Jr., 1971). Se considera una de las plagas primarias de campo y almacén más importantes y frecuentes en México, Centroamérica y Colombia, que recientemente se ha introducido y dispersado en los países africanos de Tanzania, Burundi, Kenya, Benin, Ghana y Togo (Hodges, 1986). Barrena, se alimenta, oviposita y se desarrolla preferentemente en los granos y mazorcas de maíz, pero puede dañar otros materiales alimenticios, de envase, de construcción y de vestir (Hodges, 1986), y se cree que pueden tener hospederos naturales en vegetación silvestre (Rees, 1988).

El escaso y local interés que en otro tiempo existió para estudiar al insecto en latinoamérica, se ha tornado en los últimos diez años en una plaga de importancia mundial, especialmente en Africa.

Los países tecnológicamente avanzados, así como diversas instituciones internacionales han empezado a estudiar al insecto y sus daños con mayor intensidad debido a su hasta hoy infrenable avance en el Africa del Este y Subsahariana, amenazando con invadir gran parte de la región meridional del continen-

te debido al ambiente propicio del clima y grandes extensiones de maíces criollos al que el insecto esta bien adaptado. A esto debemos añadir que la infestación por Prostephanus truncatus se vé favorecida en Africa por los inapropiados sistemas de almacenamiento de los campesinos, sus escasos conocimientos científicos y empíricos para una plaga no conocida, la infraestructura económica y tecnológica insuficiente para combatir la infestación de este insecto a escala nacional y la falta de enemigos naturales de Prostephanus truncatus que en Africa pudieran mantener un equilibrio dinámico de la población de barrenadores a niveles bajos, para evitar los daños de maíz y yuca en el campo y en el almacén (Autry y Cutkomp, 1982)

Las variadas reuniones de especialistas que estudian a Prostephanus truncatus en el mundo, sus aportaciones científicas, la labor de ayuda de organismos internacionales, la cooperación de organizaciones locales, extensionistas, campesinos y el trabajo inteligente y cotidiano de todos los implicados en el combate del gran barrenador, tendrán que hacerlo retroceder. Para ello, se presenta esta tesis como una aportación desde un país plagado por P. truncatus y de la cual se espera sea útil para futuras investigaciones básicas y aplicadas.

Nicho ecológico y la capacidad adaptativa de *Prostephanus truncatus* a diversos medios.

De las aproximadamente 455 especies conocidas de la familia Bostrichidae, la mayoría son barrenadores de madera y sólo, raramente, unas cuantas especies se les halla en productos almacenados, estas son *Rhyzopertha dominica* (F.), *Dinoderus minutus* (F.) y *Prostephanus truncatus* (Horn) (Arnett, Jr., 1971). De hecho, la mayoría de los bostríquidos viven en la madera muerta, especialmente en el bambú, pero barrenan también tallos tiernos y raíces de diversas plantas secas, así como manufacturas vegetales (Lesne, 1897) tal como la madera. Esto ha hecho pensar a algunos autores (Cotton, 1963; USDA, 1979; Bell y Watters, 1982; Hodges y Meik, 1984) que *P. truncatus* debió haber adquirido sus hábitos alimenticios del grano en un período muy reciente y no como una plaga de productos altamente especializada como suponen Demianyk y Sinha, 1988.

Shires, 1979, en base a sus observaciones del desarrollo poblacional y mortalidad de *Prostephanus truncatus* en condiciones de laboratorio, menciona que deberíamos esperar que sea una especie particularmente exitosa en áreas tropicales cálido-húmedas, ya que el índice óptimo de adaptación al medio* es menor en zonas subtropicales en donde las temperaturas y humedades

* Cálculo de Howe, 1971, quien considera el porcentaje de sobrevivencia en relación al período de desarrollo.

son algo más bajas.

Golob y Hodges (1982) mencionan que la plaga de Prostephanus truncatus esta bien adaptada a climas cálido-húmedos tales como las costas del Golfo y del Pacífico de México y otras áreas costeras de América Central y añaden, "ahora parece ser que estan bien adaptados a los ambientes cálido-secos que se presentan en muchas áreas de Tanzania y de Africa Este y Central" -más adelante agregan-, "es también posible que la plaga pudiera extenderse y llegar a establecerse en áreas de tierras frías de Africa, similar a las tierras altas, centrales de México". Hodges et al. (1983), compararon las condiciones climáticas de Tanzania y México para explicar el avance tan rápido y espectacular que Prostephanus truncatus ha tenido en el Este de Africa, mencionando que esta especie es considerada una plaga en la Ciudad de México, el cual tiene clima frío y seco, aunque la especie en cuestión, según Hodges (1986), debe ser poco tolerante al frío, en base a las consideraciones de Quintana et al. (1960), se le puede hallar en México a altitudes de 2249 m.s.n.m. porque las temperaturas son de 24.6°C en promedio y las heladas son poco comunes.

Se concluye que las áreas de Africa de tierras altas y frías (Hodges et al., 1983), sujetas a heladas, pueden tener el riesgo de ser invadidas por Prostephanus truncatus, ya que éste es relativamente tolerante al frío y de esta forma existe

el peligro potencial de esparcirse desde Tanzania hacia otros países africanos por las condiciones ambientales y prácticas de almacenamiento similares en muchas partes del Este de Africa.

Shires, 1979, menciona que en México, el insecto se presenta abundantemente en áreas de la costa del Golfo, península de Yucatán, costa del Pacífico y también en la Meseta Central del país, en donde el clima es casi siempre templado, suponiendo que su desarrollo óptimo esta quizás restringido al período de verano que proporciona las condiciones adecuadas para su existencia.

El mismo Shires, 1980, sostiene que Sitophilus zeamais Mots., otra plaga importante del maíz, podría ser el factor limitante de la distribución geográfica de Prostephanus truncatus entre otras especies que atacan a este grano; probablemente refiriéndose a la competitividad de las especies por el mismo alimento y por el nicho ecológico en su desarrollo dentro del grano.

Sin embargo, contra las opiniones anteriores, Bell y Watters (1982), probaron que el amplio rango de temperatura y humedad relativa, en el cual la oviposición y desarrollo pueden ocurrir (Ver Figura 1), favorecen el establecimiento de P. truncatus en regiones tropicales y subtropicales del mundo en donde el maíz se cultiva y se almacena.

El hecho de que Prostephanus truncatus no se halla establecido en muchas regiones, en donde la temperatura y la humedad

relativa son óptimas, puede deberse a su incapacidad para desarrollarse favorablemente en otros cultivos fuera del maíz y a su limitada habilidad para alimentarse del maíz desgranado (Bell y Watters, 1982), concluyen que la introducción por importación a través de productos infestados con Prostephanus truncatus - constituye una plaga potencial para causar severas pérdidas de maíz almacenado en un país o región.

En comunicación directa con Jürgen Böye (1986), quien ha trabajado en centroamérica con Prostephanus truncatus, menciona que en sus investigaciones de campo, el insecto aparecía en abril y que para el verano en la costa del Pacífico de Costa Rica, el bostríquido se halla muy abundantemente en fincas aisladas y de manera esporádica. En sus investigaciones dirigidas por el Dr. Laborius y Schulz de la Universidad de Kiel en Alemania Occidental, han aislado más de 30 especies de parásitos y depredadores, entre ellos Bacillus spp., las avispidas --- Anisopteromalus calandrae y Chaetospila elegans, una chinche - del género Calloides y el escarabajo Teretriosoma nigrescens - que ataca a los adultos de Prostephanus truncatus, por lo que - se puede ver que en América existen enemigos naturales que controlan la población del barrenador (Böye et al., 1988).

Por otra parte, las circunstancias microclimáticas y aislamientos orográficos son mucho más marcados en la América - montañosa que en las planicies africanas, por lo que es de esperar una mayor investigación ecológica de Prostephanus -

truncatus.

Bajo este contexto, los daños que una especie exótica en Africa puede producir, son mucho más agresivos que la especie en su región nativa como lo es América, si a esto añadimos que su adaptación al maíz desde la madera, parece haberse realizado recientemente en términos geológicos, probablemente desde que el hombre americano utilizó estructuras de madera plagadas con el bostríquido para guardar o preservar su maíz, podremos entender la conducta de infestación y daños atípicos que P. truncatus produce en un gran número de granos, productos comestibles, plástico y prendas de vestir.

Hasta ahora, los métodos de control sanitario y combate con productos químicos no parece que hallan logrado detener el avance del barrenador en Africa (Robledo, 1990, com. pers.). En América, los factores biológicos, su distribución puntual y las variedades nativas de maíz, de alguna manera evitan la dispersión de las poblaciones de Prostephanus truncatus, sin embargo, los daños que hasta ahora produce, siguen siendo de interés económico en el mundo con los costosos gastos de prevención y combate que esto implica.

En este caso, los estudios taxonómicos hechos por otros autores en el pasado, han sido una herramienta básica para la comprensión biológica del organismo, pero en esta tesis no

nos hemos detenido en el sólo conocimiento biológico per se, sino que se busca el sentido aplicado a través del estudio de algunos aspectos básicos de su biología, como son su morfología y ciclo de vida en diferentes condiciones de temperatura y humedad ambiental, para así comprender su conducta de infestación y daño en el maíz y otros productos en donde se puede desarrollar el insecto. Justamente estas investigaciones de morfología y anatomía, ciclo de vida, conducta de infestación y daño de Prostephanus truncatus, serán los que se abordarán en la presente tesis.

A N T E C E D E N T E S

Desde la primera publicación sobre Prostephanus truncatus correspondiente a su descripción taxonómica por Horn en 1878 hasta ahora, se han producido más de un centenar de trabajos sobre este insecto. Existen más de 65 publicaciones sobre distribución y otras tantas sobre hospederos y daños, más de 25 sobre taxonomía, y aproximadamente igual número sobre control y combate, apenas alrededor de unas quince sobre biología y poco más de diez sobre conducta de infestación (Wright y Spilman, 1983).

Cuando se iniciaron estos trabajos de investigación en la UANM, el 15 de marzo de 1977, en la literatura científica de aquel entonces, todavía se desconocía mucho sobre Prostephanus truncatus, y era sorprendente ver que no existía un estudio formal del ciclo de vida de este barrenador. Partiendo de la hipótesis de que la amplitud del ciclo de vida de un insecto de almacén varía de acuerdo a las condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa, luz y dieta alimenticia, se establecieron varios programas preliminares de investigación que comenzaron por la búsqueda de un medio de cultivo apropiado para obtener insectos en el laboratorio que fueran fácilmente manejables para diversas pruebas bajo diferentes condiciones ambientales de temperatura y humedad controladas. Los comentarios y sugerencias del Dr. Watters en 1977, sobre este último tópico, fueron de gran valor para hacer varias pruebas hasta llegar a la aquí propuesta en junio de 1978, que fue cuando se montó el experi -

mento para estudiar el ciclo de vida de Prostephanus truncatus (Horn) bajo nueve diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa.

Experimentos similares, pero con variaciones en el método y diseño, fueron montados en Slough, Inglaterra y en Manitoba, Canadá, que produjeron las publicaciones sobre el ciclo de vida de este insecto en condiciones de laboratorio por Shires en 1979 y 1980, los de Bell y Watters en 1982; el primero con varios errores metodológicos, evidenciados por Watters, y los segundos con un diseño experimental muy bien planteado y resultados muy exhaustivos, pero realizados bajo condiciones poco reales para el insecto, tales como el uso de variedades de maíz exóticas para Prostephanus truncatus y técnicas de capilares de vidrio para observar el desarrollo, entre otras. Sin embargo, se obtuvieron los primeros datos coherentes sobre el desarrollo del insecto en condiciones de laboratorio (Figura 1).

Con base en los trabajos realizados por Marcos Ramírez Genel, que desde 1959 venía haciendo experimentos con este barrenador en el altiplano mexicano y en la costa del Golfo de México en Cotaxtla, Veracruz (Ramírez, 1960 y Ramírez, 1980) y considerando las observaciones y publicaciones de Chittenden (1896 y 1911) en California, así como los trabajos taxonómicos de Lesne (1897 y 1939) en Francia, se emprendió un intenso estudio sobre la morfología del insecto, ayudándonos de herramientas tan modernas como el microscopio electrónico de barrido para foto -

grafiar incluso por vez primera, algo de la morfología interna de Prostephanus truncatus.

Durante los años ochenta, las publicaciones más importantes que proporcionaron una amplia información sobre el insecto y sus severos daños en Tanzania fueron los publicados por autores como Golob (1982, 1983 y 1984), Hodges (1982, 1984 y 1986), Cowley (1980), Howard (1983 y 1984) y Shires (1980).

En 1983 en la reunión de GASGA Workshop, se citaron en Slough, Inglaterra, los principales especialistas que estudian a P. truncatus en el mundo. En ésta se presentaron entre otros trabajos de biología, infestación y control del insecto, una importante recopilación de la distribución mundial del bostriquíido por Wright. Estas ponencias serían posteriormente publicadas en Alemania por la GTZ en 1984, (Trop. Products Inst., 1984).

Publicaciones realizadas sobre métodos de combate.

En la UNAM, los físicos Esbaide Adem, Roberto Uribe y colaboradores (1979) con la asesoría del Dr. Watters y el Dr. Bourges, publicaron trabajos sobre métodos de combate contra Prostephanus truncatus mediante el uso de radiaciones, y Julieta Ramos Elorduy, el físico Siqueiros Beltrones y colaboradores (1981), utilizando el rayo láser también lograron controlarlo, sin embargo, los sistemas a pesar de ser muy eficientes con hasta un 100% de mortalidad, no están todavía al alcance de la tec

nología postcosecha del país en forma extensiva. Sin embargo, el Ing. Arturo Ortíz Cornejo y Ana Lilia Díaz Aylón (1990) en comunicación personal, aseguran que esta tecnología se está ya usando en los sistemas de almacenamiento de la URSS, basándose en los trabajos de los investigadores antes mencionados.

Actualmente, se buscan sistemas de control y combate biológicos contra Prostephanus truncatus en Africa; así se están investigando técnicas por medio del control biológico de parásitos y depredadores como los que están desarrollando Laborius, Leliveldt y Keil (1985), así como Böye (1988) en Costa Rica.

En el Departamento de Almacenamiento del Tropical Development Research Institute ahora ODNRI, de Inglaterra, han estado trabajando con insecticidas y feromonas, y han publicado algunas recomendaciones de combate químico y técnicas preventivas para Tanzania (U.K., TPI, 1982; U.K., TDRI, 1985; Hodges, Hall, Golob y Meik, 1983 y Hodges, 1986), incluso ya han aplicado los productos sin el resultado esperado por las dificultades técnicas, económicas y hasta políticas en aquel país.

El Dr. Lagunes y sus colaboradores en Chapingo, México, han probado el uso de ciertos extractos y productos naturales como las cenizas del volcán "El Chichonal", y el extracto del "epazote" y del "gordolobo" (Chenopodium ambrosioides y Verbascum thapsus) que pueden ser apropiados para controlar o ahuyentar a Prostephanus truncatus del maíz, como lo han eviden-

ciado en sus ponencias de varios congresos nacionales (Lagunes, Rodríguez y Rodríguez, 1987). Rodríguez Lagunes, D.A. et al. (1987) han mencionado que la raíz de la "cancerina", Hippocratea excelsa, tiene propiedades insecticidas contra P. truncatus.

Ultimamente se han estado rescatando las tradiciones culturales, orales, a veces prehispánicas, sobre los medios de control usados por los productores para evitar el daño de sus granos almacenados, obteniéndose técnicas muy útiles (Hernández X., 1949). Habrá ahora que comprobar este conocimiento empírico, milenario, en el laboratorio y en el campo, bajo el severo escrutinio del método científico, pero indudablemente la tradición precolombina que tiene el variado mosaico cultural de nuestro pueblo, podrá tal vez, en el futuro, ayudarnos a resolver problemas importantes de postcosecha, no sólo para el barrenador del maíz sino para muchas otras plagas.

Howard (1984), en Inglaterra, ha trabajado con resistencia de variedades de maíz contra Prostephanus truncatus. El Dr. Betanzos, Martha Aguilera y el Dr. Raúl MacGregor en Chapingo y en la UNAM, trabajaron por varios años en México, la resistencia de variedades de granos contra el daño de varias especies de insectos de almacén, así que continuando con la línea que se trazó desde el inicio de estos estudios desde 1977, hemos realizado algunas incursiones en el posible uso de variedades resistentes de maíz contra el ataque de Prostephanus truncatus, con el apoyo de CIMMYT en México, a través del Dr. John Mihm. Investigaciones en esta área, prueban que esta posibilidad es factible como se demuestra con diez variedades mexicanas probadas (Ramírez y Silver,

1983) y veinte más experimentadas en 1987 en la Universidad de Guadalajara en Jalisco, México (publicación en preparación).

Morfología y Anatomía

Las descripciones morfológicas son instrumento básico y fundamental en la taxonomía de los organismos, que aunado a los caracteres ecológicos, etológicos y biológicos, nos proporcionan información sobre ciertos caracteres adaptativos propios de cada taxón como parte de los patrones evolutivos de cada especie. De hecho, los taxónomos clásicos se fundamentaron más en los patrones morfológicos de cada especie que en cualquier otra característica biológica. Los medios técnicos modernos han llevado a la taxonomía al uso de métodos bioquímicos, genéticos, matemáticos y de computación, para relacionar de manera más certera las líneas filogenéticas de las especies. Sin embargo, la morfología y la taxonomía siempre estarán de la mano (Arnett, 1967).

El estudio morfológico de Prostephanus truncatus se basó fundamentalmente en las descripciones taxonómicas que existen sobre él, ya que una anatomía de P. truncatus aún no se ha escrito, ni ilustrado. Sobre la morfología externa del insecto se tienen datos desde su descripción original a partir de dos especímenes adultos mutilados, colectados en California, colocándolos como nueva especie bajo el nombre de Dinoderus truncatus (Horn, 1878), quien tomando la clasificación de Coleópteros de Norteamérica del Dr. Le Conte, consideró, en aquel entonces, ocho especies de Dinoderus entre los que se incluían las nuevas descubiertas por él.

Posteriormente, los demás trabajos taxonómicos realizados sobre el insecto, describen con mayor o menor detalle la morfología de los adultos, pero cabe mencionar por su precisión y calidad descriptiva los trabajos de Lesne, quien publicó trabajos sobre la revisión de los coleópteros de la familia Bostrychidae en donde erige un nuevo género, Prostephanus, que incluye a tres especies, entre las que se encuentra truncatus. Lesne menciona que este género es particular del Nuevo Continente y el modo de vida de éstos es poco conocido. La descripción morfológica que hace de él, es detallada, e incluye aspectos de distribución e infestación en diversos productos, conteniendo además esquemas anatómicos de las especies (Lesne, 1897).

Chittenden en 1911, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, presentó una publicación sobre el barrenador menor (Rhyzopertha dominica) y mayor (Prostephanus truncatus) de los granos, incluyendo entre otros aspectos, la descripción morfológica de Horn, añadiendo ilustraciones del volumen 3 de la Entomología Británica de 1830 y originales del autor; entre éstos se incluyen por vez primera dibujos del adulto, larva, pupa, antena y un grano de maíz mostrando el daño del insecto (Chittenden, 1911).

Back y Cotton (1922) presentaron una breve descripción morfológica del adulto con los mismos esquemas presentados por Chittenden (1911). Esta información se conservó casi invariablemente en los boletines del Departamento de Agricultu

ra de los Estados Unidos hasta 1979, (USDA, 1966 y USDA, 1979).

Fisher (1950) hace una revisión de las especies norteamericanas de escarabajos correspondientes a la familia Bostrichidae, presentando una clave y descripción de Prostephanus truncatus, considerando también información de distribución y daño.

En Alemania, Zacher (1933), hace una recopilación sobre la información hasta entonces existente de Prostephanus truncatus, haciendo una detallada descripción de su morfología.

Posteriormente, en una recopilación de los escarabajos de europa media, Harde y Lohse hacen una redescrición de Prostephanus truncatus e incluyen un esquema del adulto con la indicación de su tamaño a escala (Freude, Harde y Lohse, sin año).

Algunos libros especializados de Entomología, contienen también algunas redescriciones y dibujos del adulto de P. truncatus, como el de Sweetman (1965), sobre reconocimiento de plagas y sus daños; o el de los escarabajos de los Estados Unidos de Arnett (1971). Kingsolver (1971), publicó una clave sencilla y práctica de los adultos bostríquidos interceptados en los EUA, en donde por supuesto incluye al género Prostephanus.

En los años ochentas, Prostephanus truncatus atrae nuevamente la atención mundial al irrumpir estrepitosamente en

Tanzania. Los Británicos son los primeros en estudiar el problema en esta región de Africa, y se comienza a hacer una exhaustiva recopilación de datos y de observaciones. Poco después, se presentaría una fotografía del daño característico de P. truncatus en mazorcas de maíz de Tanzania (TPI, 1981); y así Golob y Hodges (1982) presentaron una publicación sobre "el estudio de la irrupción de Prostephanus truncatus (Horn) en Tanzania" que además de las investigaciones de localización y daños que hicieron en la región, mencionaban posibles tratamientos de control y combate químico. El artículo esta acompañado de fotografías del adulto con una clave sencilla para su identificación.

El ataque de P. truncatus en Africa y su progresivo avance, vendrían a desembocar en reuniones especializadas sobre este insecto en diversas partes del mundo, siendo una de las más productivas la de 1983 en Slough, Inglaterra y que publicaría junto con la Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) (1984), un compendio sobre la información más importante hasta el momento, del insecto, con esquemas, fotografías y gráficas del mismo. Desde el punto de vista morfológico, se presentó en dicha publicación una fotografía del adulto en microscopio electrónico de barrido y una clave sencilla (Hodges, 1984).

El Tropical Development Research Institute (TDRI, 1984), publica un Manual para identificación y biología de insectos y arácnidos de productos tropicales almacenados que in-

cluye las características principales de la familia y del adulto de P. truncatus con clave para la identificación del mismo, usándose las mismas fotografías de Hodges y Golob de 1982 (Reino Unido, TDRI, 1984).

Por otra parte, Shires y Mc Carthy (1976) publicarían una comunicación corta para sexar adultos vivos de P. truncatus en base a la prominencia de dos tubérculos situados en el borde anterior medio del clypeus, acompañado por fotografías en microscopio electrónico de barrido.

Posteriormente, Spilman (1984) hace una descripción - morfológica muy detallada de la larva y pupa de P. truncatus y Subramanyam et al. (1985) presentan un artículo para identificar los estadios larvarios del insecto.

De esta forma se ha hecho tan amplio el estudio del gran barrenador del maíz, que la propia Enciclopedia Británica de 1986, dedicó un espacio al problema de P. truncatus en el mundo.

Desde el punto de vista morfológico, el único trabajo original en México sobre P. truncatus es el de Ramírez Genel M. (1980) quien proporcionó una breve descripción del insecto, así como sus hábitos y daños, acompañado de un esquema del adulto y una fotografía de daños en el maíz.

Por otra parte, ninguna publicación existe hasta la fecha sobre los micetomas de P. truncatus, aunque Arnett, Jr. (1971) menciona entre otros caracteres de la familia Bostrichidae, que las larvas de éstos contienen unos órganos especiales llamados micetomas, localizados al principio del intestino posterior, los cuales poseen bacterias.

Ciclo de Vida

El ciclo de vida de P. truncatus varía mucho de acuerdo a las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa, así como al contenido de humedad del grano, la variedad de maíz y si el grano esta suelto o en mazorca, modificando el tiempo de maduración del insecto. El desarrollo también suele variar de las condiciones de laboratorio a las de campo, y parece ser que la luz y la densidad poblacional influyen también en el tiempo en que se desarrolla el ciclo de vida del insecto desde huevo cillo a adulto. Estudios de Adem y Bourges (1981) en México, y Bell y Watters (1982) en Canadá, han demostrado que la calidad y cantidad de alimento también influyen en el desarrollo del insecto.

Chittenden (1911) observó que los adultos de P. truncatus podían vivir perfectamente entre 37-43°C. Zacher (1933) reportó que este bostríquido en condiciones de temperaturas cálidas como 40 a 42°C puede vivir muy bien, durando en estado de pupa 4 ó 5 días, pero en condiciones más frías, como Washington, pueden tardar hasta seis días; el desarrollo completo dura 45 días.

Condiciones de desarrollo

Desde entonces hasta 1979, no se volvió a escribir sobre el ciclo de vida de P. truncatus. Es Shires (1979) quien en la Gran Bretaña, publicó un artículo sobre la influencia de la temperatura y la humedad sobre la sobrevivencia, así como el desarrollo y radio sexual del insecto en un experimento llevado a cabo bajo 24 diferentes condiciones ambientales, con el objeto de cubrir el rango normal en que se puede hallar el maíz almacenado en climas cálidos. Los insectos fueron obtenidos en Nicaragua y mantenidos en el laboratorio con maíz amarillo americano. Se usaron larvas de 0-1 día de edad debido a la dificultad en el manejo de huevecillos. El material alimenticio para el experimento fue también maíz amarillo americano, libre de insectos, molido finamente y tamizado en un cernidor de 0.25 mm de abertura. Shires (1979) encontró que la mortalidad variaba enormemente, siendo mayor entre 22 y 25°C y menor en 27 a 32°C. La humedad -dijo- tiene menor efecto sobre la mortalidad, siendo sólo ligeramente mayor entre 70 y 80% H.R. Las condiciones de mortalidad solían ocurrir, sobre todo, en los primeros estadios del desarrollo larvario. El desarrollo óptimo promedio calculado en esta investigación fue de 32°C y 80% H.R., el cual duró 27 días en promedio para desarrollarse de larva a adulto. La comparación de índices de adaptación, de acuerdo a Howe (1971), sugiere que tiene un efecto adverso a 35°C, en el que tardó 32.9 días para desarrollarse la larva hacia el adulto.

El desarrollo más lento fue a 22°C y 50% de H.R., en el que tarda 77 días en promedio para que la larva llegue al estado adulto. Concluye Shires (1979) que P. truncatus es básicamente una especie que prefiere altas temperaturas pero puede tener habilidad para desarrollarse en temperaturas tan bajas como 22°C aunque su ciclo de vida se prolonga más. Los altos niveles de humedad relativa ambiental lo benefician, por lo que podría esperarse que sea más de climas tropicales húmedos -según expresa el autor- aunque puede desarrollarse en zonas subtropicales de temperatura y humedad algo más bajas.

Un trabajo más exacto fue el de Bell y Watters (1982), quienes experimentando en condiciones de laboratorio en Canadá, demostraron que Prostephanus truncatus tiene un desarrollo promedio más corto en 32°C y 70% de H.R. durante 25 días en promedio y en 32°C y 80% de H.R. donde se desarrolla desde huevecillo a adulto en 26 días en promedio, a 30°C y 70 % de H.R. el período larval es tan corto como de 17 días, habiendo mayor número de larvas y pupas que en cualquiera otra de las condiciones ambientales.

Hodges (1986), basándose en los resultados de Shires (1979 y 1980) y de Bell y Watters (1982), concluye que el ciclo de vida de P. truncatus puede llevarse a cabo en un amplio rango de temperaturas (12-40°C) y de humedades (30-90 % de H.R.) y en base a estos autores, sugiere que las condiciones óptimas de

desarrollo en el maíz son de 32°C y 70-80 % de H.R., y que de acuerdo con Watters (1983), los límites máximos y mínimos para completar su ciclo de vida son 25 y 32°C en 40% de H.R., 18 y 37°C en 70 % de H.R. y 20 y 30°C en 90% de H.R. (Ver figura - No. 1) Así, bajo condiciones óptimas, en grano entero o harina comprimida, en tubos de vidrio, Bell y Watters (1982), observaron que el ciclo de vida de P. truncatus se completa en 24-25 días; en contraste con Shires (1980), quien registró un período de desarrollo de 35 días en promedio en harina suelta, lo que demuestra que el tiempo de desarrollo esta relacionado con el grado de compresión del medio alimenticio como lo mencionan Cowley, Howard y Smith (1980).

Mortalidad durante el desarrollo

Bell y Watters (1982), cultivaron a P. truncatus en maíz molido sin compactar y compactado. En el primer caso, obtuvieron una alta mortalidad de larvas y el periodo de desarrollo fue mucho más prolongado. En el medio compactado a la mitad de su volumen normal, muestran que el tiempo de desarrollo y la mortalidad puede ser reducido grandemente. La baja densidad del medio causa alta mortalidad y lento desarrollo, tal vez debido a que en estas condiciones la larva es incapaz de formar celdilla pupal, ya que las pequeñas partículas de alimento suelto no las puede alcanzar fácilmente porque se resbalan, no así en un medio alimenticio firme que le permite a la larva mantener a -

corta distancia pequeñas partículas del propio maíz, que puede masticar y preparar para construir su celdilla pupal dentro del túnel donde se halla.

Estados y estadios de desarrollo

P. truncatus pasa por los estados de desarrollo de - huevecillo, larva, prepupa, pupa y adulto. La discrepancia existe en cuanto al número de estadios por los que atraviesa la larva.

Para Subramanyam y colaboradores (1985), existen tres estadios larvarios, se basan en la longitud de las cápsulas cefálicas de una población de 162 larvas. De acuerdo a estos mismos autores, la duración de los estadios larvarios a 25°C y 75% de H.R. con harina de maíz al 12% de contenido de humedad, fue de 6 días para el primer estadio, 8 días para el segundo y 12 días para el tercero. El periodo prepupal y pupal tardó 3 y 8 días respectivamente. El período total de desarrollo de larva a pupa fue de 34 días.

Bell y Watters (1982) midiendo la amplitud de las cápsulas cefálicas, también consideraron que existían tres estadios larvarios, y que la duración de cada uno a 30°C y 70% de H.R. - duraba 4-5 días para el primer estadio, 5-6 días para el segundo y 6-7 días para el tercero, durando en total 17 días más o menos. Sin embargo, reconocen que algunas larvas requieren más

de tres estadios para alcanzar su máximo tamaño, ya que a los 18 días se forma la prepupa.

Oviposición

Los adultos perforan las hojas de las mazorcas y barrenan el interior de los granos de maíz y las hembras colocan los huevecillos dentro del grano en cámaras ciegas, barrenadas en ángulo recto a los túneles principales (Hodges, 1982; Howard, 1983). Los huevecillos son puestos en grupos mayores de 20 y cubiertos con fino polvo de maíz masticado (Hodges, 1986).

Howard (1983) observó que el número de huevecillos puestos es proporcional al peso de la harina producida por la barrenación.

La mayoría de los huevecillos son puestos entre los 15 y 20 días después de la emergencia del adulto, pero aunque gradualmente declina el grado de oviposición, hay hembras que pueden continuar ovipositando hasta los 70 u 80 días (Hodges, 1982).

Shires (1980) encontró que en el grano suelto, a 32°C y 80% de H.R., las hembras presentan un periodo de pre-oviposición de

5-10 días y un periodo de oviposición de 94-100 días, con un promedio de fecundidad de 50.5 huevecillos.

Howard (1983) trabajando con parejas de adultos en harina de maíz, mantenidos a 25°C y 70% de H.R., encontró un periodo de pre-oviposición

de casi 5 días, el periodo de oviposición fue de 14 semanas y la fecundidad durante su periodo de longevidad fue de 114 huevecillos.

Bell y Watters (1982) en mazorcas simuladas, a 30°C y 70% de H.R., reportan una producción promedio de 430 hueveci

cillos y algunos individuos que lograron ovipositar hasta 600 huevecillos. Esto demuestra que se producen poblaciones más altas en mazorcas que en grano suelto (Howard, 1983 y Hodges, 1986).

La cantidad de alimento disponible también puede influir en el grado de oviposición de las hembras, por ejemplo, en granos de maíz a 27°C y 70% de H.R., en un periodo de 10 días, las hembras que disponen de un gramo de material alimenticio, ponen 1.4 huevecillos por día en promedio, mientras que sobre seis gramos de maíz, ponen 3.9 huevecillos por día en promedio (Hodges, 1986).

En otros materiales alimenticios para P. truncatus como en yuca, el promedio de oviposición es más bajo, ya que con 1 gr ó 6 gr de tubérculo seco, la cantidad de fecundidad diaria es de solo 1.1 y 2.3 huevecillos en promedio, respectivamente (Nyakunga, 1982).

El 68% de los huevecillos son colocados en el grano dañado y es común hallar a los adultos infestando un solo grano, mientras que otros granos cercanos no son dañados (Hodges, 1982).

Cuando los huevecillos son mantenidos a 32°C y 70% de H.R., las larvas emergen después de 4.1 días en promedio. (Bell y Watters, 1982).

Desarrollo Larvario

El periodo larvario de P. truncatus es de 16.1 días en promedio y se ha determinado que existen normalmente tres estadios larvarios en condiciones óptimas de laboratorio (Bell y Watters, 1982), esto último de acuerdo a la técnica de medidas frontoclypeales confirmadas por Subramanyam et al. (1985), y adoptado por Demianyk y Sinha (1988) en sus trabajos sobre bioenergética del insecto. En el último estadio larvario construye un pupario con excremento de la larva y pegado con una secreción larval, generalmente dentro del grano o en el polvo harinoso de los alrededores (Bell y Watters, 1982).

Desarrollo pupal

El periodo de nupa en P. truncatus a 32°C y 70% de H.R., dura en promedio 4.7 días (Bell y Watters, 1982). Los adultos emergidos de la pupa duran en estado de imago un promedio de 2.5 días antes de dejar la celda pupal en el caso de Dinoderus minutus (Plank, 1948), para P. truncatus aún se desconoce este lapso. Howard (1983) ha observado que las hembras emergen 2 días antes que los machos en granos de maíz a 25°C y 70% de H.R.

Duración total del ciclo de vida

El ciclo de vida de P. truncatus desde huevecillo a adulto es más rápido en maíz amarillo americano que en yuca a

27°C y 70% de H.R., ya que el periodo de desarrollo en promedio fue de 39.2 días en el primero y de 43.1 días en el segundo - (Nyakunga, 1982).

En P. truncatus a 32°C y 70% de H.R., el ciclo de vida completo desde huevecillo a adulto toma 25.4 días en promedio en maíz (Bell y Watters, 1982). El experimento de Demianyk y Sinha (1988) sobre bionergética, demostró que P. truncatus en 30 y 70% de H.R., el 55% de la población alcanzó el estado de adulto en 24 días, y en 30 días el 100 % era adulto. No se tienen datos en condiciones de campo.

Longevidad

Los resultados sobre la longevidad de P. truncatus son muy variables y no han sido obtenidos datos estadísticamente significativos. Shires (1980) por ejemplo, en harina de maíz a 32°C y 80% de H.R., obtuvo 61.1 días para las hembras y 44.7 días en promedio para los machos, pero en un estudio de Howard (1983), los machos sobrevivieron más que las hembras.

Infestación y daños

Prostephanus truncatus es una de las plagas primarias más importantes en México, América Central, Tanzania y Togo que barrena, oviposita, se desarrolla y se alimenta preferentemente de maíz en mazorca, desde el campo hasta el almacén (Ramírez, 1960), pero puede también dañar maíz desgranado y otros cereales,

además de varios productos alimenticios, maderas y plásticos (Shires, 1977), por lo que de acuerdo a sus hábitos alimenticios lo podemos considerar como un insecto olífago (Mills, com. pers. 1984).

Chittenden (1896) sostuvo que P. truncatus dañaba maíz en mazorca y en semilla, y que era capaz de subsistir en casi cualquier clase de tubérculo y raíz; que los adultos tienen el hábito de dejar el grano dañado en el que se han reproducido para barrenar la estructura de madera y casi cualquier otra cosa que obstruya su paso dentro de los graneros, así, agrega, "yo he sabido que barrena pino y madera de nogal negro", Esta idea fue sostenida casi intacta por Fisher (1950) y otros autores americanos hasta mediados del siglo, y en mayor o menor grado, muchos autores actuales siguen considerando estas observaciones.

Lesne (1897) en Francia, decía que el modo de vida de P. truncatus no es muy conocido, se le encuentra en los granos, raíces y tubérculos conservados en periódicos y en trigo de origen mexicano; añade que los adultos pueden perforar madera muy dura. Mencionó también que un individuo fue colectado accidentalmente en zarzaparrilla del género Smilax, de productos importados de América Central.

Ante la diversidad de productos y las especulaciones que se tenían sobre el daño que produce P. truncatus, Shires

(1977), reporta un experimento de laboratorio para demostrar la capacidad del insecto para dañar y criarse en varios productos alimenticios almacenados. Mediante el método de no elección, colocó 3.5 kg. de nueve productos económicamente importantes repartidos en 16 lotes experimentales para cada producto, divididos en cuatro tratamientos: un grupo sin infestar (control) y otros infestados con seis hembras y tres machos adultos de 0-20 días de edad. El experimento fue llevado a cabo a $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $70 \pm 5\%$ de H.R.. A los 28, 56 y 84 días era removido el material entomológico y se iba midiendo la pérdida de peso en cada producto, éstos fueron: maíz amarillo americano, trigo duro de invierno, grano irlandés pequeño, tres tipos de frijol, cacahuete, granos de cocoa y granos de café. Los insectos sólo se reprodujeron en maíz, sin embargo, algunos adultos lograron sobrevivir a los 56 días en el grano irlandés y cacao, y en el trigo y frijol blando hasta los 84 días. Por lo tanto, concluyó Shires (1977) que P. truncatus puede vivir durante algún tiempo en estos cuatro alimentos, pero solo produce descendencia en el maíz. El daño causado por el ataque de los insectos en todos los productos fue evidente por la barrenación causada. La pérdida de peso para el maíz fue mayor de los 3 gr a los 28 días y alcanzó los 70 gr a los 84 días. Por otro lado, solo excedió de un gramo en trigo y frijol blando.

En una guía para agricultores se informa que P. truncatus daña una amplia variedad de productos, incluyendo raíces y tubérculos, cereales, legumbres, cacao, café y cacahuates. También

se han reportado daños en estructuras y utensilios de madera, sin embargo, se sabe que solo se reproduce en maíz y yuca. De hecho, es considerado como una plaga importante en mazorcas de maíz. Añaden que los insectos vuelan bien e infestan al maíz - poco antes de cosecharse para continuar en el almacenamiento. Los adultos barrenan a través de las hojas que cubren la mazorca y pasan de un grano al siguiente, dañándolo y formando una gran cantidad de harina, U.K., TPI, (1982).

Calderón y Donahaye (1962), han mencionado que P. truncatus produce un polvo fino al perforar la doble pared de las bolsas de papel que contenían semillas de maíz de la variedad Texas 30 importadas a Israel.

El Departamento de Agricultura de los E.U.A. en 1931, también informaba en un boletín para agricultores, que el barrenador no solo entra al grano de maíz en todas direcciones, sino que atraviesa las hojas de la mazorca, las bolsas o sacos y aún la madera (Back, 1931); al respecto, Ramírez 1960, informa y presenta una fotografía del daño producido por los insectos en el almacén sobre la tela de los costales.

Forma de daño y ciclo de vida del insecto

Hodges (1982), menciona que Prostephanus truncatus barrenan los granos de maíz, haciendo orificios perfectamente redondos, formando túneles de grano en grano y generando grandes

cantidades de harina de maíz. Este hábito destructivo puede ser causa de muy severas pérdidas. Añade que se ha encontrado que el maíz a granel no es medio favorable para el desarrollo de P. truncatus pues parece que la especie tiene dificultades para penetrar al grano movedizo, atacando mejor al grano fijo como el de las mazorcas. El insecto parece que no ha perdido sus hábitos de barrenación de la madera al adaptarse a los granos, como demuestra su capacidad de formar túneles continuos de grano a grano en las mazorcas artificiales que le presentaba Cowley et al. (1980) al bostríquido. Los adultos de P. truncatus requieren para barrenar de un apoyo más o menos firme en el material a dañar. Las bases de este requisito se fundamentan en las características biomecánicas o de conducta que posee en sus piezas bucales y musculatura asociada a éstas, las cuales no actúan fácilmente en el grano suelto, además el animal requiere de estímulos táctiles similares a los que provee una grieta en la madera antes de empezar a barrenar seriamente (Cowley, et al., 1980).

Bell y Watters, 1982, sostienen que los espacios entre los granos de maíz en la mazorca, proporcionan a P. truncatus un lugar para insertar los grandes espolones que se hallan al final del primer par de tibias en las patas, de manera que el cuerpo puede aferrarse para comenzar a producir por masticación un orificio. La penetración de un grano de maíz por un adulto, abre el camino a otros adultos para producir túneles adyacentes por la misma abertura. Concluyen que en las mazorcas, el daño principal es hecho desde el interior por la extensión de los túneles a través de las estrechas hileras de los granos. Una

Hodges y Meik (1984) investigando la infestación de P. truncatus en mazorcas de maíz con sus hojas intactas, con el fin de obtener datos biológicos valederos para los estudios de campo, encontraron que el insecto tiene una fuerte disposición para barrer inicialmente el centro del olote, probablemente debido a que como éste es de consistencia fibrosa o esponjosa y más suave que el grano, el insecto busca el punto más fácil para penetrar. Parece que posteriormente los bostríquidos alcanzan al grano no de una forma directa, sino a través del ápice de la mazorca, caminando entre los granos y las hojas. Los agujeros en las hojas llegan a ser numerosos conforme progresa la infestación en la mazorca. Se supone que los orificios que llegan a ser observados en las hojas de las mazorcas almacenadas en el campo son más bien la salida que la entrada. Sin embargo, el comportamiento en la producción de orificios de entrada y salida en grandes amontonamientos de mazorcas, podría ser opuesto a lo antes mencionado. Bajo condiciones secas, el escarabajo tiene más dificultad para alcanzar a los granos de las mazorcas con hojas intactas y esto parece que se debe a la reducción en la actividad del insecto a bajas humedades y/o mayor dificultad para barrer olote y hojas que se vuelven más duros por la sequedad, esto sucede en ambientes de 40-50% de humedad ambiental.

Es interesante hacer notar que en humedades ambientales de 50-70%, cuando se le presentan a P. truncatus pequeños montones de mazorcas, la mayoría de los escarabajos tienden a entrar solamente en una de las mazorcas. Esto puede deberse a

dos factores: Primero, la entrada inicial a cualquiera de las mazorcas da lugar al ingreso de más individuos por los túneles producidos por los primeros organismos, y segundo, se sabe que el macho de P. truncatus segrega una feromona de agregación para ambos sexos (Hall y Cork, dato no publicado). Si esta conducta es como la de ciertos escolítidos (Wood, 1982), la feromona se segrega cuando el macho entra en contacto con el alimento, lo que provoca que otros escarabajos arriven a la misma fuente de alimento (Hodges y Meik, 1984).

Los túneles producidos por los adultos darán posteriormente alojamiento a pequeñas cámaras de incubación para los huevecillos ovipositados por las hembras (Albores y Jáuregui, 1982) de los cuales emergerán las larvas que tiene a su alcance una gran cantidad de alimento y un ambiente protector para vivir y desarrollarse sin ninguna virtual perturbación.

El amplio rango de temperaturas ambientales, 18-37°C y humedades relativas de 40-90%, en las cuales P. truncatus puede alimentarse y desarrollarse junto con su habilidad para morder dentro de las semillas y mazorcas, hacen de este insecto una plaga muy agresiva del maíz almacenado (Hodges, 1986). Afortunadamente, el insecto tiene restringido su alimento a pequeños granos tales como el trigo y arroz palay o a grandes semillas tales como los frijoles "cowpeas" y cacao (Shires, 1977).

El desarrollo de la larva parece requerir de una cantidad exacta de alimento similar en tamaño, densidad y calidad nutritiva, tal como los granos de maíz (Watters, 1983). Los experimentos de Watters en Canadá, fueron realizados con cultivos de P. truncatus en las variedades CV Spancross y Golden Beauty para observar el desarrollo de los insectos dentro de los granos en los híbridos de maíz dulce antes mencionados y en granos de maíz de campo de las variedades CV Pride 1108 y CV Pioneer 3993 (Bell y Watters, 1982).

La habilidad de P. truncatus para penetrar y dañar al maíz almacenado como semillas o en mazorcas con hojas en el campo y en el almacén, es debida a su capacidad para establecerse, ya que aunque los adultos son voladores torpes, pueden sin embargo, ascender a alturas de por lo menos 3 metros en temperaturas de 25 °C y colonizar o alcanzar alimento no infestado (Watters, 1983).

Daños en México

Prostephanus truncatus es un barrenador que se encuentra frecuentemente en el campo mexicano y es uno de los pocos insectos con habilidad para dañar al maíz aún cuando se encuentre en mazorca (Ramírez, 1980). Los agricultores de la región Norte del Valle de México observaron con preocupación que su cosecha de maíz venía sufriendo mayores pérdidas por ataque de insectos al grano almacenado. Durante los ciclos agrícolas de 1958

y 1959 se hicieron observaciones en las siembras anuales de maíz y en los graneros de la localidad con el objeto de determinar el origen de las infestaciones de campo, especies de insectos involucrados, grado de infestación y posibilidades de hacer más eficiente las medidas de combate existentes.

Prostephanus truncatus (Horn), Sitotroga cerealella (Oliv.) y Sitophilus oryzae (L.) fueron en ese orden las especies más abundantes que infestaban al maíz desde el campo hasta su almacén, y los granos de maíz criollo y cacahuazintle con mayor número de mazorcas expuestas apicalmente eran los más infestados, no así el híbrido H-24 con mazorcas bien protegidas. Quintana et al (1960) añaden que aunque los climas templados son desfavorables para que las poblaciones de insectos alcancen índices semejantes al trópico, sin embargo, en esta región, cada año, el maíz es cosechado con infestación suficiente para destruir al grano en unos cuantos meses de almacenamiento. La presencia de los insectos pasa inadvertida en los primeros meses de almacenamiento debido a que su desarrollo larvario y pupal se efectúa dentro de los granos, retardando su emergencia por el efecto de las bajas temperaturas en el invierno. En marzo, con el aumento de temperatura, algunas plagas inician su emergencia de la masa de grano aparentemente no infestada.

Prostephanus truncatus es el barrenador que en México, desde mediados de septiembre, invade los cultivos de maíz. El daño de este insecto se caracteriza por la aparición de un polvo blanco entre los granos y envolturas, los granos atacados en

mazorca muestran a menudo orificios circulares en la base del embrión de una sola hilera de granos (Quintana et al., 1960). En uno de los graneros rústicos estudiados, con 2.5 toneladas de maíz en mazorca almacenada durante 8 meses, alcanzó una infestación por P. truncatus de 91%, con una temperatura dentro de la masa de mazorcas de 26°C, 21°C en el ambiente y 13.3% en contenido de humedad del grano. La infestación individual de granos por mazorca fue de 23%. En una muestra de maíz para experimentar con fumigantes en Chapingo, se encontró que P. truncatus se encontraba en la muestra no fumigada proveniente del campo en proporciones de 170 larvas, 40 pupas y 160 adultos en 100 gramos de maíz, y en otra muestra de almacén de 100 gramos, también no fumigada, 7 larvas, 2 pupas y 24 preadultos, a pesar del bajo contenido de humedad promedio de 7.9% (Quintana et al., 1960).

Ramírez Genel (1960), realizó un estudio para determinar el grado de infestación de campo en Chapingo y Chalco, Edo. de México, en la Mesa Central, y los comparó con los muestreos realizados en zonas tropicales del Edo. de Veracruz, como son el campo experimental Cotaxtla y el Ejido "El Mangal", ambos cercanos al puerto de Veracruz. Encontró que la incidencia de P. truncatus en las mazorcas fue de un 37% en maíz cacahuazintle en Chapingo, 18% en maíz chalqueño en Chalco, 18% en maíz criollo en Campo Cotaxtla, 5% en maíz H-503 también en Campo Cotaxtla y de 4% en maíz H-503 en el Ejido "El Mangal". Los contenidos de humedad de los granos en el campo fueron de 36.8%, 26.3%,

27.6 - 28.5% y 32.3% respectivamente. El autor concluyó que en la Mesa Central, tanto en Chapingo como en Chalco, en maíz cacahuzintle y chalqueño respectivamente, P. truncatus causa la más alta infestación mientras que en el trópico compite desventajosamente con Tribolium spp. y Sitophilus oryzae. Añade que en Chapingo la infestación de insectos en general, fue más fuerte en las orillas del campo que en el centro, y más intensa en las áreas donde soplan los vientos dominantes; demuestra también que el maíz cacahuzintle fue el más dañado debido probablemente a su condición blanda y riqueza de almidón del endospermo, lo que facilita el ataque de insectos y hongos. (Ramírez, 1960). El mismo autor pero entre 1961 y 1962, asegura que P. truncatus es un insecto de vuelo muy activo que causa serias infestaciones de campo, especialmente en el maíz de las regiones altas y frescas de México donde ataca prácticamente a todos los cereales y sus productos, excepto al frijol. (Ramírez, 1961-62).

Bourges y Adem (1983) probaron el efecto de la infestación por P. truncatus desde un punto de vista bromatológico - en maíz criollo amarillo, tipo chalqueño, raza cónico dentado, mantenido en condiciones del laboratorio a $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $61 \pm 3\%$ de H.R. ambiental; encontrando que las larvas del bostríquido producen grandes cambios en la concentración de nitrógeno del maíz, cambios significativos en los aminoácidos indispensables, tanto por larvas como por organismos de la primera generación, - en la valina, isoleucina, triptofano, fenilalanina, leucina y

metionina, y también en aminoácidos dispensables como la histi
dina, ácido aspártico, serina, ácido glutámico, prolina, alani
na, cisteína, tirosina y arginina. Los autores concluyen que -
el estado larvario fue el que produjo mayores cambios y hacen -
notar que la concentración de lisina y metionina, aminoácidos -
habitualmente insuficientes en la dieta popular mexicana, sufrió
pocos cambios. Explican que las diferencias observadas en cu
anto a leucina, isoleucina y triptofano, pueden atribuirse a un
mayor consumo de determinada zona del maíz por el insecto, ya -
que el grano de maíz contiene varias proteínas, situadas en di-
ferentes regiones. Las del germen son ricas en lisina y tripto-
fano, mientras que las del endospermo son muy pobres en estos
dos aminoácidos, pero ricas en leucina, metionina, fenilalanina
y un poco de isoleucina. Entre las proteínas del endospermo, -
predomina la zeína y la glutelina, la primera carece práctica-
mente de lisina y triptofano y en contraste es sumamente rica -
en leucina e isoleucina. En consideración a esta información, -
si el insecto consumiera exclusiva o preponderantemente el en-
dospermo, sería de prever una mayor concentración de lisina y -
triptofano y una menor concentración de leucina, metionina e iso
leucina en las muestras, después de la infestación. Así, el au-
mento en la concentración de triptofano y la disminución en la
leucina e isoleucina obtenidos en los resultados, demuestran un
mayor consumo del endospermo que del germen por P. truncatus
(Bouges y Adem, 1983).

Bourges y Adem, (1983), encuentran que a los 44 días de infestación por P. truncatus en maíz chalqueño, los cambios químicos producidos en la composición del maíz por la larva, fueron algo mayores que en la primera y sucesivas generaciones, hallando un descenso del nitrógeno total, cenizas, extracto etéreo y fibra cruda. Explican que el descenso en la concentración de nitrógeno, podría deberse a un consumo selectivo de material rico en nitrógeno debido a que algunos insectos prefieren el pericarpio, el germen o el endospermo. Este consumo selectivo es característico de cada especie, y podría tener una expresión más clara durante la etapa larvaria debido a la mayor voracidad que habitualmente tiene este estado. La disminución del extracto etéreo puede deberse al consumo selectivo y a la degradación de lípidos por microorganismos que penetran al interior del grano al ser éste atacado por los insectos. Sin embargo, los lotes infestados por periodos mayores a una generación de P. truncatus, los granos perdieron la quinta parte del extracto etéreo, la sexta parte de la fibra cruda, pero la concentración de nitrógeno no aumentó debido posiblemente a la presencia de proteínas y nitrógeno no proteico proveniente de los insectos y sus excretas. Las pérdidas globales producidas por P. truncatus en más de una generación, lograron una disminución de una octava parte de los carbohidratos, lo que equivale a una pérdida del 14% del valor energético original del maíz si se considera que el maíz, alimento básico del mexicano, representa la 4/5 partes del aporte energético de la dieta y una proporción importante de su aporte proteico, toda pérdida significa una grave reducción en la disponibilidad de alimentos del país, además afecta la calidad or-

ganoléptica del producto y puede ser fuente de contaminación microbiana en los consumidores.

Ramírez y Silver (1983), observaron mediante fotografías con Rayos X, en diez variedades de maíz nacional, que los insectos producían daños no solamente a la parte harinosa del grano, sino también al germen y evidentemente al pericarpio, formando túneles interiores y creando pequeñas cámaras de incubación para huevecillos por parte de hembras, de donde emergían pequeñas larvas que a los 26 días y en el último estadio, a 27 ± 1 °C y $70 \pm 5\%$ de humedad relativa, infestaban completamente al grano, ocupándolo en todo su volumen, pero quedando otros granos cercanos sin infestar. Entre los 33 a 38 días, se fotografiaron las celdillas pupales con las respectivas pupas dentro del grano y a los 43 días se podían observar los adultos emergentes e imágos.

En un estudio realizado por Castro (1970), con maíz cahuazintle, arroz jojutla mejorado y arroz Sinaloa A-64, cultivados en los estados de México, Morelos y Sinaloa respectivamente y experimentados en el laboratorio de granos almacenados del CIMMYT en San Martín, Estado de México, a temperaturas de 17 ± 1 °C, $70 \pm 3\%$ de humedad relativa y contenido de humedad de los granos de 13%, se encontró que P. truncatus mostraba un ataque fuerte al maíz y ligero en el arroz.

Young et al. (1961) en un experimento con maíz almacenado por 21 meses en clima tropical y diferentes grados de hume

dad, infestado principalmente por Sitophilus zeamais y Prostephanus truncatus, encontraron que el daño causado por insectos fue mayor que el de los microorganismos, pero en el grano almacenado con un contenido de humedad del 16%, el desarrollo de hongos era mayor.

Daños en Centroamérica

En Honduras durante los muestreos realizados desde noviembre de 1980 hasta julio de 1982, se observó a P. truncatus atacando maíz en mazorca, incluso sobre la estructura de madera del almacén, con un porcentaje de infestación de 18.3 y 7.9% en las muestras de maíz. Se presentaron aumentos de población del insecto en mayo y agosto, que corresponden al periodo de lluvias y la fase final del almacenamiento respectivamente (Honduras, Ministerio de Recursos Naturales, 1984).

Giles, (1984), además de encontrar a P. truncatus infestando mazorcas de maíz y frijol rojo almacenado en envases abiertos en la estructura de madera de la Estación de Investigación de la Cullera, Nicaragua, también lo halló en maíz almacenado en mazorca en otras localidades rurales del país en 1974, (Giles y León, 1974).

Infestaciones en Africa

El maíz y la yuca almacenada en el medio rural en Tanzania están sujetos a muy graves infestaciones por la reciente introducción de P. truncatus (Hodges et al., 1983), sobre todo el maíz almacenado en mazorca con hojas intactas (Hodges y Meik, 1984).

Sin embargo, parece que no infesta al sorgo (Golob Y Hodges, 1982), arroz y frijoles (Hodges et al., 1983). La erradicación del escarabajo sería deseable, pero es muy difícil de lograr no solo por la dificultad de organizar a pequeñas y remotas granjas, sino - por el hábito del barrenador para alojarse en estructuras de madera que protegen poblaciones residuales y dificultan su combate (Hodges, 1982).

También se le ha encontrado dañando en Tanzania a otros productos almacenados como cacahuates, ropa y utensilios para comer de madera (U.K., TPI, 1981). Se observó que las muestras de maíz colectadas en los almacenes rurales de Tanzania tienen un contenido de humedad de 11.2% y 12%, lo que demuestra que P. truncatus puede desarrollarse en grano seco (Golob y Hodges, 1982). Chittenden (1911) fue el primero en observar que P. truncatus era esencialmente tolerante a condiciones secas y esto ha sido confirmado por los estudios de Giles y León (1974) en centroamérica, lo encontraron infestando fuertemente al maíz en contenidos tan bajos de humedad como 10.6 y 9%. Morales (1985), lo encontró en maíz criollo de Michoacán en contenidos de humedad de hasta 8.8%. La habilidad de P. truncatus para desarrollarse en grano muy seco ha sido una de las razones de su éxito en infestar al maíz en Tanzania, ya que la ausencia de cualquier otro competidor hace que las poblaciones de los bostríquidos puedan incrementarse rápidamente (Hodges, et al. 1983).

Mushi lo ha reportado en 1979 en la Región de Tabora, Tanzania, infestando a granos de maíz, yuca seca y almacenada, ma

dera, sorgo, camote seco, frijol, pimienta, tabaco, ropa, chícharos, cacahuates, zapatos y cucharas de madera (Mushi, 1984). En 1982, en la región de Kigoma, lo reportan, entre otros productos antes mencionados, en bambú y cestos de la zona y en la región de Kilimanjaro en trigo y maíz (Mushi, 1984). Las pérdidas de maíz estimadas en la región de Tabora durante los 3-6 meses de almacenamiento, pueden considerarse extremadamente serias. La cantidad de semilla viable, disponible por parte de los campesinos, con un daño severo en sus cultivos almacenados, es reducida en una forma drástica y así en el tiempo de siembra, estos agricultores, tienen una semilla inadecuada para obtener una buena cosecha en el próximo año. De igual manera, en el caso del grano para la alimentación, muchos de los campesinos tienen maíz insuficiente para autoconsumo hasta la próxima cosecha, y existen escasas alternativas de alimento disponible, lo que produce problemas locales muy serios, y aunque podrían disponer de la yuca, sabemos que ésta también es dañada por P. truncatus (Golob y Hodges, 1982).

En el otro extremo occidental de África, Togo, Krall, (1984) los ha reportado infestando casi en un 100% a las mazorcas almacenadas durante 9 meses de los campesinos de Djagblé, pero algunas ya están completamente arruinadas desde los 4 meses de almacenamiento.

La asociación de ésta especie con el maíz almacenado en mazorca, enfatiza la necesidad de tomar en cuenta el problema de los campesinos a un nivel continental o nacional. (Cowley,

et al., 1980). Comparando las pérdidas en peso del maíz, producidas por Sitophilus oryzae, que en Zambia fue de un 2.6% (Adams y Shires, 1977), de Sitophilus zeamais que en Kenya fue de 3-5% (Lima, 1979), y Sitotroga cerealella que en Malawi fue de un 2-5% (Golob, 1981), Prostephanus truncatus ha demostrado ser el más dañino en maíz (Hodges, 1982) con un 8.7% de pérdidas de peso en promedio en Tanzania (Golob y Hodges, 1982).

OBJETIVOS

1. Ampliar el conocimiento y la información sobre la morfología externa de Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) en sus diversos estados de desarrollo.
2. Mediante la anatomía de insectos adultos, dar a conocer la morfología del aparato digestivo y reproductor de Prostephanus truncatus (Horn).
3. Investigar y rediscutir, bajo condiciones controladas de laboratorio, el desarrollo, mortalidad, infestación y daños de Prostephanus truncatus, durante su ciclo de vida en maíz.

MATERIALES Y METODOS

Para estudiar la morfología y anatomía del gran barrenador de los granos se utilizaron dos métodos:

- 1°. La observación directa de los diferentes estados de desarrollo en un microscopio estereoscópico a 10 y 40 aumentos, de donde la Sra. Elvia Esparza, dibujante del Instituto de Biología de la UNAM, realizó las láminas A, B y C, que muestran la morfología y anatomía externa e interna de los adultos de Prostephanus truncatus y sus estados inmaduros de desarrollo.
- 2°. La obtención y observación de preparaciones y fotografías en un microscopio electrónico de barrido, marca Jeol, modelo JSM-35 del Centro de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, operado por la Bióloga Yolanda Hornelas, en donde se analizó detalladamente la morfología de los diferentes estados de desarrollo.

Para llevar a cabo los estudios anatómicos de la morfología externa e interna del barrenador observado en el microscopio estereoscópico se llevaron a cabo las siguientes técnicas:

- 1) Se tomaron insectos adultos vivos de ambos sexos y se fijaron con ayuda de una aguja de disección

- sobre matrices de cera, dejando al descubierto - la superficie dorsal y en otros la ventral del cuerpo de los insectos.
- 2) Se disectaron los insectos para evidenciar los órganos internos. Se evitó la desecación de los tejidos mediante una solución de agua de mar - filtrada y 3 cc. de carbonato de calcio como - conservador. Los órganos identificados se extra - jeron separadamente y algunos se fijaron para - la técnica de observación en microscopia eléc - trónica; los otros se llevaron in vitro para su dibujo, en cristales de reloj sobre hielo, para mantener frescos los tejidos y órganos durante su observación en el microscopio estereoscópico.
- 3) Se hicieron algunas preparaciones de cápsulas - cefálicas de larvas y adultos; abdomen, patas, élitros, alas, antenas y órganos internos; de - estos últimos se tiñieron con verde luz y azul de metileno para contrastarlos. Se deshidrata - ron con la técnica clásica de alcoholes progre - sivos del 30-100% y se montaron con bálsamo del Canadá en portaobjetos, usando cubreobjetos só - lo para patas, élitros, alas, antenas, aparato digestivo y reproductor. Estas preparaciones se usaron ocasionalmente como referencia, para aque - llas estructuras que no podían observarse clara

mente en fresco.

- 4) Las preparaciones en microscopio electrónico de barrido se hicieron mediante la técnica clásica de fijación de los organismos en glutaraldehído al 3% con buffer de fosfatos y la postfijación se hizo en tetróxido de osmio al 3%, deshidratación con alcoholes del 50-100%, con dos cambios en acetona. Los ejemplares se llevaron a secado en punto crítico, con hielo seco, y se hizo el montaje con recubrimiento de oro ionizado. Las preparaciones fueron observadas en diferentes ángulos de posición, e iban siendo interpretados a diferentes aumentos, para fotografiar los aspectos más relevantes de la morfología del insecto.

Sobre las fotografías reveladas y considerando los aumentos, se obtuvo la escala y se hicieron todas las medidas morfométricas posibles de los estados de desarrollo y estructuras fotografiadas (Pag. XLVIII).

A. PREPARACION DE CULTIVOS MASIVOS.

Con la finalidad de obtener altas poblaciones de insectos para los experimentos de infestación, daños y ciclo de vida de P. truncatus, se preparó el medio de cultivo para adultos que consiste en:

1. Desinfestación.- Se adquirieron a través del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), 25 kg de maíz cahuazintle en mazorca, los cuales fueron sometidos, primeramente, a refrigeración (2-5°C) durante más de 35 días, para aniquilar todo posible estado de desarrollo de cualquier insecto que se hallara interna o externamente en el grano y el cual pudiese emerger indeseablemente durante el establecimiento de un cultivo o durante la experimentación con Prostephanus truncatus.
2. Lavado y secado.- Después del lapso mencionado de refrigeración de las mazorcas, éstas se secaron y se dejaron a la temperatura ambiente del laboratorio durante 3 días, con el objeto que el maíz adquiriera nuevamente su temperatura normal, procediendo durante este período a la limpieza de impurezas del grano mediante el uso de las zarandas de aluminio de 30 cm de diámetro, con perforaciones redondas de 5 mm de diámetro, para cernir al maíz.

Manualmente se retiraron todos aquellos granos de las mazorcas que presentaron manchas, quebraduras, fisuras y otros daños evidentes que le restaran calidad. Después de los tres días de ambientación y limpieza manual de las mazorcas, se procedió a

colocarlas en las zarandas de aluminio antes mencionadas para sumergirlas de manera rápida en tinajas de agua con jabón de pastilla, restregando someramente al maíz, para pasarlo de inmediato a dos enjuagues con agua limpia de la llave, un enjuague con agua clorada (Hipoclorito solución concentrada) con el objeto de desinfectar al grano de los patógenos presentes en la cubierta externa, tales como las esporas de hongos, y después al chorro de agua para quitar el exceso de cloro, e inmediatamente llevarlo a escurrir y secar, extendiendo las mazorcas de maíz en una sola capa sobre bastidores de madera de 2.5 x 3.5 m con malla de alambre, levantada a unos 5 cm. del suelo y bajo los rayos del sol durante unas 6 horas de un día sin nublados. Las mazorcas se fueron rotando a lo largo del día para un secado uniforme. La limpieza antes descrita, debe ser rápida, con el objeto de que el grano no absorba demasiada humedad y eliminar partículas de polvo y esporas que pudieran contaminar posteriormente a los cultivos. Durante ese tiempo de secado, se deben estar tomando muestras representativas de unos 500 gramos de grano, cada 2-3 horas, los cuales después de ser desgranados de la mazorca, se deben dejar ambientar a la temperatura del laboratorio, unos 15 a 20 minutos alejados de los rayos solares, para así, periódicamente medir el contenido de humedad del grano por alguno de los métodos eléctricos. En este estudio se usó el medidor marca "Steinlite". El proceso de secado del grano se detiene cuando éste se halla entre un 12-13% de contenido de humedad. Cuando ésto se ha logrado, se rebanan las mazorcas que se estuvieron secando al sol y se

vacían los trozos de mazorca de unos 3.4 cm a frascos vitroleros que previamente se han esterilizado con tapa de malla de alambre y papel filtro.

3. Preparación de los recipientes.- Se tomaron doce frascos vitroleros de 3650 ml de capacidad, con tapa de metal, con rosca, y perforadas al centro con un diámetro de 8 cm aproximadamente, este centro se cubrió con malla de alambre del No. 60, con el fin de confinar a los insectos dentro de los recipientes y al mismo tiempo permitir el intercambio de aire y el equilibrio con las condiciones ambientales externas. Se colocó además papel filtro Whatmann del No. 1 a ambos lados de la malla para evitar la posible entrada de ácaros u otros pequeños organismos al interior de los recipientes.

Los frascos se lavaron y se esterilizaron en una estufa a 250°C durante 4 horas, y una vez enfriados a la temperatura del laboratorio, se aplicó alrededor de la boca del frasco una franja de Flúon GP-1 líquido, el cual al secarse, forma una película plástica transparente muy lisa, que impide trepar a los insectos del interior del frasco hasta la boca de éste, evitando así posibles escapatorias de organismos.

4. Ambientación del maíz.- Los frascos con 700 gr de mazorcas de maíz cacahuazintle, fueron depositados en una cámara de cultivo a 32°C y 75% de humedad relativa durante 2 meses, con el objeto de ambientar al grano a las condiciones posteriores de infestación con P. truncatus y al mismo tiempo cerciorarnos

si efectivamente los trozos de mazorca quedaron exentos de cualquier otra plaga de almacén, para lo cual se deberán estar examinando los frascos con maíz, cada semana por lo menos, para observar si no se presentan emergencias de organismos indeseables o posibles putrefacciones de los trozos de mazorcas con granos. Al final de este período de observación, deberá medirse el contenido de humedad de los granos de cada frasco por el método de secado en estufa.

5. Infestación de las mazorcas.- Después de los dos meses de ambientación y observación de los granos en mazorca, se procedió a infestarlos con 250 adultos sin sexar y sin edad definida, de cepa silvestre obtenida en campos de cultivos de maíz de Texcoco, Estado de México. Se dejan a los adultos durante 15 días en los trozos de mazorcas, con el objeto de una oviposición masiva, al cabo de este tiempo se retiraron todos los adultos posibles, procurando dañar lo menos posible las cámaras de huevecillos dentro de los granos, con lo cual logramos establecer cultivos madre o cultivos masivos o pies de cría; para entonces se pudieron desgranar los trozos de mazorcas para dejar sólo granos infestados. Durante este lapso, los cultivos se mantuvieron a $31 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $78 \pm 5\%$ de humedad relativa, registrando el proceso en un termohidrógrafo cada dos horas. El tiempo de luz y obscuridad para los cultivos fue de 8 y 16 horas respectivamente.

B. PREPARACION DE LOTES EXPERIMENTALES.

Para preparar los lotes experimentales, se utilizó maíz cacahuzintle en mazorcas, lavado, desinfectado y ambientado como ya se explicó anteriormente, los cuales fueron rebanados en trozos y colocados en frascos vitroleros de 3650 ml de capacidad, - preparados como ya se explicó previamente.

1. Establecimiento y desarrollo de los lotes experimentales.- Doce de estos frascos con 200 gr de trozos de mazorcas de maíz cacahuzintle, se infestaron con 400 insectos adultos de 7 días de edad, sin sexar, obtenidos de los cultivos masivos, los cuales se dejaron ovipositando durante todo el desarrollo del experimento. Las condiciones experimentales y de desarrollo - de ciclo de vida fueron de $31 \pm 1^{\circ}\text{C}$ de temperatura y de $78 \pm 5\%$ de H.R., con 8 horas de luz y 16 de obscuridad, condiciones en las que el maíz cacahuzintle mantuvo un contenido de humedad entre 11 a 13%, medido por el método de secado en estufa.
2. Radiografías.- Desde el primer día hasta el día 63^o se fueron desgranando trozos de mazorcas infestadas con P. truncatus y se fueron tomando placas fotográficas por medio de rayos X cada tercer día para ir observando el desarrollo paulatino de los insectos en el interior del grano, así como las conductas de barrenación de los adultos y el daño subsecuente producido. Las placas radiográficas se tomaron a partir del 14 de noviembre de 1980 hasta el 16 de enero de 1981 que es la temporada.

activa del insecto en las mazorcas del campo y del almacén. Estas radiografías se lograron con ayuda de un aparato de rayos X para granos. Se usaron las técnicas de Limón-Márquez y Carmona-Walkup (1974) para la toma y observación de la infestación interna de los granos, así como la de Sharifi y Mills (1971) para la observación del desarrollo y conducta de los insectos. La técnica de Pedersen y Brown (1960) también fue utilizada. El análisis radiográfico de infestación interna de los granos se basó en el sistema propuesto por Flores y Bermúdez (1975). Con estas experiencias y pruebas preliminares realizadas en el laboratorio sobre diferentes tiempos de exposición y con diferentes tipos de películas y sistemas de revelado, se buscó el método que diera fotografías de mejor nitidez y que soportaran grandes amplificaciones. De forma que el método utilizado finalmente, consistió en los siguientes pasos:

- a) Se adquirieron placas para uso médico marca Kodak XS-5 de 35x43 cm, las cuales eran montadas en un cuarto oscuro - en sendas portaplacas que evitaban se velaran las placas a la luz normal del ambiente.
- b) Se realizaron pruebas piloto para encontrar la dosis de exposición a los rayos X en las que las placas resultaran más nitidas a los diferentes tiempos de revelado. Se halló que a 40 kilovoltios, 10 miliamperes y 9 segundos de exposición de los granos y cuando la placa se hallaba de la fuente de rayos X a 64.4 cm era suficiente para obtener una placa fotográfica con buena impresión y contraste. Pa

ra las placas expuestas a los rayos X, se usó el revelador Dektol durante un minuto y 10 segundos a 18°C y un fijador rápido de solución "A" con ácido bórico, marca Kodak. El sistema de revelado en un cuarto oscuro fue el mismo que se usa normalmente para el revelado de radiografías. Este proceso se llevó a cabo en el Laboratorio de fotografía del Instituto de Biología de la UNAM.

C. DISEÑO EXPERIMENTAL

1. Las placas radiográficas de cada tercer día se fotografiaron tomando al azar 150 gr de maíz cacahuzintle de los lotes experimentales. Estos granos se colocaban en una plantilla de cartón colocada en la pantalla del aparato de rayos X, que contenía 10 renglones y 3 hileras (ver fotografía No. 56), de manera que cada grano de maíz, tomado totalmente al azar, con un sistema estadístico de selección, eran colocados uno a uno en la plantilla de la pantalla formando grupos de cinco en cada celdilla hasta acomodar 150 granos en total. De esta forma, teníamos representados 10 grupos de granos con tres repeticiones, tomando cada hilera de cada frasco de diez lotes experimentales con maíz cacahuazintle, infestados cada una con 400 insectos adultos de Prostephanus truncatus en condiciones controladas de $31 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $78 \pm 5\%$ de H.R., los cuales barrenando y desarrollándose en los granos desde el huevecillo hasta los adultos, se irían fotografiando en muestras sucesivas cada tercer día, con el sistema de reemplazo continuo de granos fotografiados a la misma hora, para completar 31 pla

cas radiográficas tomadas hasta el día 63º, para observar el desarrollo de tres generaciones en el interior de los granos.

2. Los granos fotografiados con rayos X fueron desechados, ya que existía la posibilidad de alterar el desarrollo o la conducta natural de los insectos por el efecto de los rayos X, a pesar de que las dosis son consideradas como bajas. De esta forma, podíamos asegurar que la evolución del daño observado y las conductas de barrenación y desarrollo, eran acordes a las condiciones ambientales de los cultivos, y no al efecto de las radiaciones.

D. AMPLIFICACIONES DE LAS RADIOGRAFIAS.

1. Las celdillas o cuadrantes de las plantillas (grupos de cinco granos) (fotografía 56) fueron posteriormente amplificados (fotografías 57 y 58) para observar con mayor detalle el daño comparativo de los granos.
2. En muchos casos, se amplificaron aún más las fotografías de un sólo grano (fotografías 59-84 excepto 67) para observar con más detalle el desarrollo de los estados inmaduros dentro del grano y el grado de daño de los granos - por larvas y la barrenación de adultos.

Una técnica similar pero con variantes ambientales y de diseño experimental fueron utilizadas por Silva (1981) y por primera vez se supo algo de la conducta de barrenación y desarrollo del insecto en diez variedades de maíz. Una evaluación preliminar de daños se obtuvo con la misma técnica pero fotografiando a los granos bajo diferentes ángulos por Albores y Jáuregui (1982).

E. MEDICION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.

Se fueron obteniendo los contenidos de humedad de los granos mediante el sistema de secado en estufa con el objeto de conocer las posibles variaciones en el contenido de humedad de los granos experimentales. Se usó una estufa de aereación forza

da a 103°C durante 72 horas. El porcentaje de humedad se calculó en base al peso húmedo de las muestras (Moreno, 1984).

El método utilizado para el estudio del ciclo de vida fue el siguiente:

Condiciones ambientales.

Se usaron tres cámaras de cultivo Lab-Line, ajustadas y medidas previamente con el registro de un termohigrógrafo a $22 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $27 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y $32 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Dentro de cada una, se prepararon 3 desecadores con soluciones de hidróxido de potasio a diferentes concentraciones de acuerdo al método de Solomon, (1951), con el objeto de mantener humedades relativas de $40 \pm 6\%$, $70 \pm 7\%$ y $90 \pm 5\%$, las que correspondieron a 37.95, 25.0 y 11.75 gr de KOH por cada 100 ml de agua destilada respectivamente. Cada semana, con un densitómetro, fueron confirmadas las concentraciones salinas, las cuales si estaban alteradas, se volvían a nivelar, se hicieron registros de humedad relativa cada 2 horas durante el tiempo de experimentación en sendos termohigrógrafos. Se puso una rejilla de porcelana, ligeramente por arriba del nivel de las soluciones, para poder colocar encima los viales de experimentación.

De esta forma, las nueve condiciones ambientales de temperaturas y humedades relativas probadas en ocho horas de luz y 16 de obscuridad, fueron:

T E M P E R A T U R A S °C			
22 ± 1	27 ± 0.5	32 ± 2	
40 ± 6	40 ± 6	40 ± 6	} H.R. (%)
70 ± 7	70 ± 7	70 ± 7	
90 ± 5	90 ± 5	90 ± 5	

Medio de oviposición.

De los cultivos madre o generales, preparados como ya se explicó en la página 55, se tomaron 200 hembras y 200 machos adultos de 2 a 7 semanas de edad y se colocaron en grupos de - dos parejas en frascos de 60 ml de capacidad (7.2 cm de alto - por 2.3 cm de diámetro con tapas de malla de alambre y papel - filtro) en una mezcla de 20 gramos de harinas de maíz y de tri - go en proporción 1:1 más 1% de levadura y 1% de germen de tri - go, tamizado en una malla del No. 60 y después compactada en - cada frasquito, colocando encima a dos parejas. Estos 100 fras - quitos se mantuvieron en una cámara de cultivo proporcionando un ambiente de $32 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $70 \pm 7\%$ de H.R. y así obtener abun - dantes huevecillos durante 22 días, los cuales fueron sacados diariamente con el tamiz del No. 40 y volviendo a compactar el medio para volver a colocar a las parejas y continuar la ovi - postura.

De los medios de oviposición antes descritos se saca - ron 225 huevecillos de un día de edad y se trasladaron a via - les de 6 ml de capacidad de 3 cm de altura por un centímetro de diámetro, opacos, de cuello angosto para que no hubiera po -

sibilidad de escape por los insectos, ya que éstos no llevaron tapa, con el objeto de tener un microambiente similar al medio de temperatura y humedad que se deseaba mantener. Estos viales también tuvieron una mezcla de harina de maíz y trigo en proporciones de 2:1 y levadura 1%, cernida en una malla del No. 60, desinfectada a una temperatura de 3-5°C durante 45 días y posteriormente compactando el medio en los viales, los cuales fueron ambientados en las cámaras de cultivo y desecadores durante una semana para obtener un equilibrio entre el ambiente y el medio de desarrollo del insecto de acuerdo a Pixton, (1982).

Diseño Experimental.

De esta forma, se tuvieron 25 viales con 10 gr de medio de desarrollo y cada cual con un huevecillo para cada lote experimental de temperatura y humedad relativa, de manera que fueron 9 lotes experimentales de 25 viales cada uno, en desecadores y cámaras de cultivo Lab-Line con temperatura y humedad controlada y registrados durante todo el tiempo de experimentación en sendos termohidrógrafos, los cuales eran calibrados una vez por semana.

Registro.

Se fueron realizando observaciones con la ayuda de un microscopio estereoscópico a 10 y 40 aumentos, durante todos los días, a la misma hora, de cada vial, o sea de cada indivi-

duo desde el estado de huevecillo, para lograr registrar los cambios y el tiempo en días, durante el desarrollo de los insectos. Se consideraron los períodos de eclosión de los huevecillos, las sucesivas mudas en el caso de las larvas, la formación de las celdillas de pupación, el surgimiento de los imagos y la emergencia de los adultos, a los cuales se les anotó el sexo. La mortalidad y el estado o estadio en que esto acaecía, también fue anotado, así como varias observaciones de la conducta de los insectos en su desarrollo. Durante el estado larvario, se les cambio el alimento cada cinco días, con el objeto de que tuvieran siempre calidad y cantidad de alimentación. En el estado prepupal y pupal ya no se hizo esto para no molestar este período de transformación.

Experimentos colaterales.

Para comparar nuestros resultados con condiciones más reales durante el desarrollo de Prostephanus truncatus, se adquirió maíz cacahuazintle blanco de la mejor calidad. Este se desinfectó, limpió, lavó y secó, mediante el proceso descrito antes en la pág.52. Este maíz con 12-13% de contenido de humedad medido por el método de secado en estufa y con 85-92% de germinación, de acuerdo a la técnica usada por Moreno (1984), se infestó con 4 adultos de 5-7 semanas de edad, proporción de hembras y machos 1:1 por cada 10 gr de maíz cacahuazintle en frascos de 60 ml con tapa de malla de alambre y papel filtro, los cuales se mantuvieron a la misma temperatura y humedad relativas, siendo por lo tanto 9 frascos de éstos con 60 repeti-

ciones, un total de 540 frascos en condiciones de ambiente controlado y 60 más en las condiciones variables del laboratorio. De éstos, cada tercer día se sacaba un frasco con maíz infestado y se metían durante dos semanas al congelador a $-10 \pm 2^{\circ}\text{C}$, con sus datos de entrada al congelador, con el objeto de detener el desarrollo y matar a los insectos, para posteriormente partir los granos para revisar los estados y estadios de desarrollo en cada lapso. Se registraron estos datos para compararlos con lo que se iba observando en el medio de harina de maíz y trigo.

También, muestras de maíz cacahuazintle infestadas, fueron revisadas cada tercer día con fotografías de rayos X, como se explicó en el método de observación de daños e infestación del gran barrenador de los granos.

Obtención de Resultados.

Se obtuvo el tiempo total de desarrollo en días, así como el de cada estado de desarrollo, el radio sexual de los adultos emergidos, la mortalidad y sobrevivencia en cada ambiente de temperatura y humedad. Se registraron en una tabla los datos de temperatura y humedad graficados cada dos horas por el termohidrógrafo, durante el tiempo de experimentación. Se hizo una lista de los patrones conductuales en cada estado de desarrollo.

Análisis de los datos.

Los datos fueron analizados en la Facultad de Ingeniería de la UNAM por el Ing. Antonio Patiño Ramírez, quien usó una computadora modelo Burroughs B-6700, System Serial 116, compilador BASIC en la que se sacaron las sumatorias de los datos, medias exactas y redondeadas, rangos, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, tiempos de desarrollo, radio sexual, porcentaje de mortalidad, sobrevivencia y la gráfica de los datos para conocer el ciclo de vida del insecto, así como el porcentaje de mortalidad acumulada, el índice de mortalidad en cada uno de los estados de desarrollo e histogramas de frecuencia de la relación entre el número de huevecillos por día en cada ambiente controlado de temperatura y humedad.

Con la cooperación del M. en C. Jorge X. Velasco Hernández de la UAM-Xochimilco, se realizó un tratamiento con los datos para llevar a cabo una simulación numérica de la dinámica poblacional de P. truncatus en las condiciones ambientales probadas (Pág. CXVIII). Se usó el método propuesto por Gurney, Nisbet y Lawton (1983) en el que se considera la duración en días de cada estado del ciclo de vida del insecto, la tasa per capita de la producción de huevecillo y la de mortalidad. Con estos parámetros poblacionales se elaboró el modelo matemático, se simuló el efecto de la estructura de los estados y estadios de desarrollo en la dinámica de la población. Se realizó también una simulación numérica de los efectos de la temperatura y humedad relativa sobre la tasa de mortalidad

y estructura por estados de desarrollo de P. truncatus. El estudio se realizó de mayo a julio de 1985 utilizando los servicios de cómputo de la UAM-Xochimilco.

Se analizaron los datos tratados y se compararon con los resultados obtenidos por Shires (1980), los de Bell y Watters (1982) y los de Demianyk y Sinha (1988), así como lo observado en nuestro laboratorio en el maíz cacahuazintle y las radiografías. Se obtuvieron las primeras conclusiones que se muestran en las tablas No. 7 y 8. El Histograma No. 2 que muestra el desarrollo de P. truncatus desde huevecillo a adulto en harina de maíz y trigo (Proporción 1:1), se comparó con lo obtenido por Bell y Watters (1982) en maíz molido (Figura 1) que originaron parte de la discusión de esta tesis y una de las conclusiones más importantes sobre el ciclo de vida del insecto.

PRUEBAS PRELIMINARES EN EL ESTUDIO DEL CICLO DE VIDA

Para el estudio del ciclo de vida de P. truncatus se llevaron a cabo varias pruebas preliminares, éstas consistieron en la búsqueda de una dieta alimenticia apropiada para cultivar a Prostephanus truncatus (Horn) y que nos permitiera manejar diferentes estados de desarrollo, en segundo término, pruebas con diez dietas diferentes bajo tres condiciones distintas de temperatura y humedad relativa, para observar el desarrollo y la capacidad de alimentación de los adultos. Una tercera prueba fue la experimentación del ciclo de vida con medios harinosos en tubos de ensayo, en viales y en celdillas de baquelita de diferentes diámetros y profundidades con el medio compactado, a sugerencia del Dr. Watters. Se ensayó también con diferentes densidades de población en desarrollos individuales y en parejas de una hembra y un macho por celdilla. Se hicieron estudios de emergencia en cultivos desde huevecillo, pupas y adultos. Se realizaron investigaciones sobre eclosión del huevecillo, sexación, radio sexual, sobrevivencia de adultos y longevidad. También fueron consideradas anotaciones sobre conductas de apareamiento, sexualidad, hábitos alimenticios, de barrenación, de oviposición y de pupación. Se ensayó la creación de ambientes húmedos controlables con soluciones salinas (Solomon, 1951), aspersión de agua en el ambiente, evaporación de agua, burbujeo y calentamiento de ésta y diferentes cámaras de cultivo. El uso de soluciones salinas en el fondo de desecadores de cristal con tapa sellada con vaselina y viales sobre rejilla de porcelana resultaron ser

los medios idóneos para mantener la humedad ambiental requerida durante el desarrollo de los huevecillos. Estos desecadores se tuvieron en un cuarto para cultivos con control de la temperatura para lo cual se usó un radiador automático de aire forzado, de 1320 watts y se registró el margen de variación con las gráficas de un termohidrógrafo durante una semana cada dos horas.

ESTUDIO DEL CICLO DE VIDA

Con todas estas observaciones y experiencias preliminares, el 9 de junio de 1978 se montó el experimento decisivo para conocer el ciclo de vida de P. truncatus, bajo nueve condiciones controladas de temperatura y humedad (Tabla No. 6); para el 23 de septiembre de 1978 había finalizado el experimento.

R E S U L T A D O S

OBSERVACIONES SOBRE EL DESARROLLO DEL HUEVECILLO Y ECLOSION.

Los huevecillos son de color perlado durante los primeros días de su ovipostura y van tomando un color amarillo-ambarino conforme va madurando el embrión hacia la eclosión de la larva.

Las medidas de los huevecillos de un día de edad son de 766.6 μ de largo y de 433.3 μ de ancho (fotografía No. 1 y lámina A, figura a), los cuales hacia el momento de la eclosión tienden a presentar, primero, un abultamiento polar lateral (fotografía No. 2) con una incipiente línea de eclosión inicial - (fotografía No. 4) de 3.3 μ de ancho y de 116.6 μ de largo en promedio, que representa el 15% aproximadamente de la longitud total del huevecillo y el 27% de la anchura total del mismo. Esta línea o sutura de eclosión será por donde posteriormente - emergerá la larva del huevecillo.

La larva gira en el interior del huevecillo con movimientos en espiral y ocasionales estertores, de manera que ahora el huevecillo tiende a achatarse por los polos y a ensancharse en un costado del ecuador, formando un abultamiento debido a la presión de la larva sobre el corión del huevecillo (fotografía No. 3). En este momento el huevecillo mide 716.6 μ de largo por 600 μ de ancho, con un diámetro de 291.6 μ en el área del abultamiento ecuatorial, en comparación con los 83.3 μ que

tenía de diámetro el área de abultamiento polar inicial.

Poco antes de la eclosión, la larva tiende a ocupar - uno de los extremos del huevecillo (fotografía No. 5), en donde la larva evidencia ya su forma característica de "C", sigue rotando en el sentido de las manecillas del reloj, primero a lo ancho del huevecillo y después en el plano de la línea longitudinal del huevecillo. El otro polo del huevecillo sufre arrugamiento, como se puede ver en la citada fotografía; en este momento el volumen de ocupación de la larva dentro del huevecillo es de 55% aproximadamente; hasta que finalmente la larva logra emerger del huevecillo, rompiendo lateralmente el corion con ayuda de un par de urogonfis protusibles de forma ojival, presentes a cada lado del VIII segmento abdominal, los cuales utiliza a manera de un abrelatas, cortando la pared del huevecillo (fotografía No. 6), lo que aunado a los movimientos giratorios de la larva y la presión del cuerpo sobre la pared del huevecillo, dá por resultado la emergencia de la pequeña larva, sobresaliendo en primer término los urogonfis de 34.6 μ de largo por 9.1 a 27.3 μ de ancho, después de emerger los últimos segmentos abdominales, posteriormente viene un fuerte desquebrajamiento del corion debido al empuje del notum para dar libertad a los demás segmentos abdominales y a la región dorsal de los tres segmentos torácicos; la cabeza y las patas serán las últimas partes del cuerpo en liberarse de la cubierta del huevecillo y la larva comenzará a alimentarse inmediatamente de manera muy activa del material disponible en su entorno, aún si éste es el corion de su propio huevecillo, sobre todo si el organismo por usos expe-

rimentales o de manera accidental cayó fuera del grano.

Observaciones sobre la larva.

En el momento de emerger la larva del primer estadio (fotografía No. 7 y Lámina A, figura b) esta mide desde el clypeus hasta el IX segmento abdominal unos 930.7 μ de largo en promedio, pero por su forma de enrollamiento característico como una "C", ocupa una área diametral de apenas 623 μ con una anchura de unos 261.54 μ en promedio. Algunos otros detalles morfométricos de la larva del primer estadio en el momento de emerger, aparecen en la pág. XLVIII.

En la fotografía No. 7 y Lámina A, figuras b y c, puede observarse que en cualquier estadio larval, las mandíbulas son de un tamaño considerable y robustas (Fotografía No. 9); en la larva del primer estadio miden 115.3 μ de largo y 123 μ de ancho en la base, mientras que en la larva del último estadio llegan a medir 150 μ de largo y 185 μ de ancho en su base. Las mandíbulas claramente armadas de filosos incisivos están esculpidas delicadamente en su base, aptas para rasgar y arañar el alimento a su alcance. Las mandíbulas se hallan fusionadas lateralmente hacia la base de la cabeza sin una división clara con ésta.

En la misma fotografía No. 7, puede observarse el gran desarrollo de los palpos maxilares (130.7 μ de largo) con cuatro segmentos (fotografía No. 9), así como la notable prolifera

ción de cerdas y sensilias distales tanto en palpos maxilares - como en palpos labiales. Es interesante también hacer notar el gran desarrollo de la placa clypeal (150 μ de longitud) que ocupa prácticamente toda la región frontal de la larva.

El primer par de patas, un poco más largas que las posteriores y dirigidas hacia la parte gnatal, dan la idea de intervenir en los procesos alimenticios (fotografías No. 7 y 10), de hecho se ha observado como la larva dentro del maíz cacahuazintle, desgaja pequeñas partículas de harina del interior del grano con ayuda de estas patas anteriores, las cuales además poseen una uña fuerte y ligeramente recurvada (fotografía No.10), sin segmentación, que también le facilita el acceso al alimento para llevarlo hacia los apéndices gnatales y de éstos hacia la boca. De hecho, el movimiento tan particular de patas, cuerpo y apéndices bucales de la larva, dan la sensación de delicadeza y voracidad aunadas.

Por otra parte, es importante hacer notar como posiblemente los procesos de evolución adaptativa de la especie han permitido que la larva viva, se desarrolle y se alimente en el interior de túneles y cavidades de granos (fotografía No. 71), tubérculos o madera (aunque a veces cae accidentalmente fuera del producto) lo que se manifiesta en diversas particularidades morfológicas de las larvas, tales como la ausencia de ojos, pequeñas antenas (30.7 μ de longitud) de tres segmentos, con dos sedas apicales pequeñas y una sensilia lateral, manifestación clara de espiráculos en el primer segmento torácico, el más grande de to

dos (Fotografía No. 7 y Lámina A, figura b) y en los segmentos abdominales I, II, IV, V, V, y VII (Fotografía No. 8), los cuales incluso, debido a la textura y gran movimiento muscular del delicado cuerpo de la larva, le permiten cerrarlos y hundirlos en el cuerpo cuando las condiciones externas no le son favorables, como se puede apreciar en la citada fotografía.

Si la larva atraviesa por tres o cinco estadios de desarrollo será tema de polémica en la discusión de esta tesis, ya que de acuerdo a las condiciones de temperatura y humedad ambiental parece haber variaciones no sólo en la duración del ciclo de vida sino en el número de mudas de acuerdo a nuestras observaciones experimentales en el laboratorio.

El desarrollo y tamaño del último estadio larval puede observarse en la Lámina A, figura c, en donde se vé que la estructura morfológica conserva el mismo patrón básico que desde el primer estadio larvario. Sus hábitos alimenticios también son similares y lo único que ha cambiado aparentemente es el tamaño de la larva.

En la lámina A, figura d, se puede observar el aspecto de la prepupa vista en el microscopio estereoscópico. Aunque no es un estado de desarrollo, constituye un estado de transición entre la larva del último estadio y la pupa, en donde seguramente el aumento de ecdysona y disminución de hormona juvenil han provocado una manifestación morfológica con caracte-

res larvarios y pupales hacia la transformación de una verdadera pupa que después será adulto. Durante esta etapa, la larva deja de alimentarse y entra en una especie de letargo; el cuerpo como se observa en dicha lámina, deja de tener la forma característica de "C" de la larva y el abdomen tiende a ser más distendido aunque no completamente. La cabeza y el tórax comienzan a presentar esbozos de las estructuras ya más diferenciadas en la pupa para concurrir en el adulto. Esta etapa de prepupa prosigue su desarrollo en el interior del grano o producto infestado y se encuentra inmerso en una frágil celdilla pupal - construida por el último estadio larvario con material harinoso del grano y alguna substancia cementante secretada por la boca de la larva. Durante esta etapa, el organismo entra en una especie de letargo.

Observaciones sobre la Pupa.

En el estado de pupa (Lámina A, figura e y fotografía No. 11) se inicia la manifestación de todos los esbozos estructurales del adulto, cabe mencionar que las pupas son de color blanco lechoso inicialmente y conforme van madurando hacia el imago se tornan de un color amarillo-pajizo hasta pardo-rojizo en el imago. Las alas y los élitros aún no se hallan unidos hacia la región notal media (fotografía No. 12) y el mesonotum y metanotum aún son placas de gran tamaño (longitud del mesonotum y metanotum, 250 μ y 466.6 μ , respectivamente) que en estado de adulto llegarán a ser muy pequeñas e imperceptibles, quedando solo evidente el escutellum como una pequeña placa se

micuadrada de 133.33 μ de largo por 66.66 a 125 μ de ancho.

Los segmentos abdominales en la pupa aún se pueden contar en nueve (Fotografía No. 11) y los espiráculos son claramente visibles en la región pleural de los segmentos I-IV (Fotografías No. 11 y 13), presentando hacia la región esternal, pequeñas microtriquias (Fotografía No. 13) con longitudes de 3.3 a 5.3 μ . Es interesante observar que aparentemente los espiráculos de las pupas (Fotografía No. 14) no tiene mecanismos de cierre y que poseen un peritrema muy ancho y evidente (diámetro interno 14.4 μ y diámetro externo de 23.8), de manera que el orificio atrial está permanentemente abierto a la entrada de aire exterior.

Las pupas permanecen en su estado de profundos cambios histológicos dentro de la frágil celdilla pupal construida dentro del producto infestado, tal como ya se había mencionado anteriormente en la prepupa.

Observaciones sobre el Adulto.

Una vez emergido el imago que ya tiene todas las características morfológicas del adulto pero que aún no entra en funcionamiento por hallarse en el interior del grano o del producto infestado (Fotografía No. 78), éste se abre paso hacia el exterior, dejando tras de sí un grano o producto muy dañado (Fotografías No. 79 y 82) debido a la intensa barrenación que ejercieron sus padres y a la voraz alimentación del interior.

del grano durante su desarrollo en estado larvario.

El adulto que puede apreciarse en vista dorsal (Lámina A, figura f), vista ventral (Lámina A, figura g) y vista lateral (Lámina A, figura h y fotografía No. 15) mide unos 3.90 ± 0.6 mm de largo, (de acuerdo a varios autores de 3.5-4.0 mm) y 1.25 mm en promedio de ancho. Es de color rojizo en cuanto acaba de emerger y va tornándose pardo-rojizo a rojizo-oscuro y finalmente pardo oscuro conforme va envejeciendo.

Posee una cabeza hipognata de unas 582 μ de diámetro, en realidad el segmento correspondiente a la cabeza es muy angosto de unos 181.1 μ de largo pero de 833.3 μ de ancho (fotografía No. 18). La cabeza posee un margen anterior bien marcado con pocas cerdas cortas y una superficie ligeramente punteada y plana; hacia la parte posterior posee una textura membranosa de la cutícula que le permite girar en un ángulo de 10 a 30 grados la cabeza y además moverla protusiblemente, no posee márgenes laterales claros que marquen un límite, antes bien encontramos los ojos compuestos (fotografías No. 15 y 17) y hacia el frente y por arriba de éstos, la base de las antenas.

Los ojos compuestos (fotografía No. 25) tienden a ser ligeramente alargados (fotografía No. 15) y ojivales (fotografía No. 25), midiendo unos 422.5 μ de largo por 333.3 μ de ancho y sobresaliendo de la cabeza a una altura de unas 280 μ , ya que el diámetro del ojo es de 205 μ aproximadamente. Como todos los ojos compuestos de los insectos, éstos se hallan formados por unidades hexagonales llamadas omatidias que en

Prostephanus truncatus miden más de 11.53 μ de diámetro aproximadamente. Cada omatidia (fotografía No. 26) con su forma ligeramente convexa y perfectamente hexagonal mide unos 21.1 μ de largo por 23.4 μ de ancho.

Las antenas (fotografía No. 24 y Lámina B, figura e) poseen como en toda la familia Bostrichidae diez segmentos en total, con la particularidad de que los últimos tres segmentos se encuentran más ensanchados y grandes, formando una maza o clava muy característica (anchura máxima de cada segmento del 8 al 10 de 127.6 μ , 143.6 μ y 159.5 μ respectivamente) de manera que los segmentos restantes son pequeños y tienden a ser más bien en forma de pequeños barriles; si se observan las medidas que aparecen en la sección C, los segmentos del primero al cuarto tienden a disminuir en anchura, después del 5 al 7 segmentos son paulatinamente más gruesos y ensanchándose abruptamente del 8 al 10. La longitud del primero al quinto segmentos tienden a acortarse sucesivamente para alargarse poco a poco el 6º y 7º segmentos (Ver datos de la Página LXII) siendo los tres últimos segmentos abruptamente más largos. La longitud total de la antena es de unos 936.17 μ , ocupando la mayor longitud los últimos segmentos de la clava, los cuales miden unos 521.27 μ en total. Es interesante observar como las antenas se hallan ornamentadas por sedas de diferentes longitudes, siendo más abundantes en los últimos tres segmentos (fotografía No. 24). En estado de reposo o cuando se molesta al insecto, éste suele plegarlas por debajo de los ojos hacia el prosternum, mientras que en estado activo las suele llevar hacia

el frente, acodadas, con movimientos palpatorios.

El clypeus es una placa pequeña (fotografía No. 18) que mide 136.36 μ de largo en el eje mediano, el cual es más corto que en los extremos con 242.42 μ , los cuales se abren hacia la parte lateral anterior, de manera que en vista frontal semeja una media luna, así que esta placa es fuertemente convexa y está ornamentada con pequeñas puntuaciones de donde emergen pequeñísimas sedas que hacia los costados se tornan - más largas. Al frente, en la parte media, se hallan los tubérculos clypeales pareados (fotografía No. 16), cuya distancia en el macho fotografiado es de unas 100 μ entre cresta y cresta, con una altura de 25 μ en promedio.

Enseguida, hacia el frente, hallamos el labrum (fotografías No. 16 y 18) que mide unas 323 μ de ancho por 169.23 μ de largo, tiene una forma semiovoidal y es casi liso y plano en el centro, con solo pequeñas puntuaciones de las que emergen microtriquias en el borde posterior y lateral pero con abundantes sedas de diversos tamaños (7.6-93.3 μ de largo) y borde más recto hacia la parte frontal.

Las mandíbulas del adulto (fotografías No. 17, 18, 19 y 23, Lámina B, figura c) son a simple vista muy grandes y poderosas, semejan verdaderos alicates con puntas agudas o tendientes a una forma cónica general, midiendo 407.69 μ de largo - aproximadamente, con una anchura en la base de 200 μ , de 107.69 μ hacia la mitad del apéndice y apenas 11.53 μ de grosor en el ápice

ce. Como puede observarse en la Lámina B, figura c, de los dibujos de la anatomía de las mandíbulas, se pueden observar dos biseles con tres puntas, una dirigida exactamente al frente y dos laterales, lo que le permite excavar perfectamente al producto, esto aunado a sus incisivos y fuerte musculatura le proporcionan al insecto una eficiente herramienta semejante a un cincel adaptado para la barrenación, masticación y molienda del material dañado. Hacia la base de las mandíbulas podemos observar microtriquias y cerdas, y una reminiscencia de palpo mandibular hacia la parte media superior de la cara externa de las mandíbulas como remembranza de su carácter apendicular primitivo.

Continuando con los apéndices gnatales, podemos observar en vista ventral (fotografía No. 23) por abajo de las mandíbulas, parte de las maxilas y el labio inferior o labium. De las maxilas son evidentes el estipe de forma triangular (75 μ de largo x 56.2 μ de ancho), la lacinia con forma de oreja de conejo (137.5 μ de largo) y la punta de la galea con largas sedas de 71.87-212.50 μ de longitud. Hacia la parte lateral externa haciendo frontera con el estipe, se halla el palpifer con una longitud de 93.75 μ y anchura de 18.75 a 53.12 μ , de donde surge el palpo maxilar que es lo más evidente de las maxilas con cuatro artejos (fotografías No. 21 y 23), el primero es pequeño de forma caliciforme (fotografía No. 21) de unas 25 μ de largo por 21.87-31.25 μ de ancho y el segundo más grande y de forma semejante de 62.5 μ de largo por 18.75-65.62 μ

de ancho; el tercer artejo de los palpos maxilares semejan en su forma a una "gladiola", midiendo unos 90.62 μ de largo por unos 59.37 μ de ancho en su parte más gruesa, finalmente el cuarto segmento semeja a una tuna alargada de 137.5 μ de largo y 62.5 μ de ancho en la parte media; el ápice lleva unas 32 sensilias de forma cilíndrica y de diferentes longitudes y grosores (fotografía No. 22) que van desde apenas 1.34 μ de altura, hasta más largas y gruesas de 4.42 y 2.88 μ respectivamente, todas ellas contenidas en una cavidad apical de este último segmento maxilar. Con excepción del primer segmento maxilar, todos poseen largas sedas en todas sus caras excepto en la parte distal del cuarto segmento.

El labium que se halla ventralmente y hacia el centro de los apéndices gnatales es poco visible en varias de sus partes por hallarse profundamente cubierto de largas sedas, sin embargo, es posible (fotografías No. 20 y 23) observar las placas del submentón y mentón hacia la base de los apéndices gnatales y exactamente por abajo y al centro de las mandíbulas; pareados y al centro se ven dos segmentos de los palpos labiales recubiertos en toda su superficie con largas sedas.

En el tórax hay una de las estructuras más grandes y globosas que corresponde al pronoto (longitud de 1.4 mm, ancho de 770 μ y diámetro aproximado de 687.5 μ), el cual se halla ornamentado en toda su superficie, sobre todo hacia la región anterior media por numerosos dientecillos y sedas (fotografía No. 16) arreglados en líneas más o menos ojivales.

Los dientecillos anteriores medios que son los más sobresalientes, llegan a tener una altura de 100-116.6 μ promedio, equidistando entre sí unas 125 μ , mientras que la altura de los dientecillos más pequeños del pronoto llegan a medir unas 37.5 μ . La región lateral posterior del pronoto también se halla ornamentado por una serie de dientecillos que en vista lateral semeja una carina.

En la línea central, exactamente por detrás del pronotum se encuentra el escutelo o scutellum que es una placa casi perfectamente cuadrada, con sus extremos laterales más anchos y al centro con una ligera muesca, de aquí parte hacia atrás el surco o línea media de los élitros, los cuales en su borde central interno, hacia la región basal, presentan una superficie marmoleada de crestas y surcos muy vistosos (fotografías No. 31 y 32) que funcionan como goznes a manera de cierre, como sistema de ensamblaje de un élitro con el otro. A primera vista, lateralmente, el élitro (Lámina B, figura b) tiene un aspecto de una microscópica cáscara de cacahuete (fotografías No. 15 y 27), los cuales vistos con más detalle tienen una forma de estuches alargados (2.53 mm de longitud y 583.33 μ a 1 mm de ancho) con una base tan amplia como el pronotum, margen subapical o sutura media perfectamente rectilínea, mientras que el margen epipleural posee una amplia escotadura media apical que termina en punta hacia el extremo distal. Lo más notable de la especie es su declive posterior como si estuviera truncado, con una carina semicircular ventral (fotografía No. 28) de élitro a élitro, con un diámetro del área truncada de

1.1 mm. El borde costal o epipleural forma también un declive lateral con respecto a la región dorsal del élitro, de manera que éstos cubren como estuche esclerotizado a las alas posteriores triplegadas debajo de éstos. El metanotum parte así de las metapleuras y la región dorsal lateral del abdomen (Lámina A, figura h y fotografía No. 15), dejando al descubierto solamente la región pleural y esternal del tórax, patas y la región ventral del abdomen. De hecho, la placa metaesternal es tan amplia que da la apariencia de que los primeros y segundos pares de patas se vean más cercanos entre sí, mientras que el tercer par de patas aparecen más retiradas, colindando con el primer segmento abdominal (fotografía No. 15).

La superficie externa de los élitros se halla ornamentada a todo lo largo por hileras de fosetas y pelos (fotografía No. 29), estos últimos delante de las primeras, de longitudes variables según la región (34.61 a 92.3 μ de largo) y que conforme se llega al declive posterior, los pelos son acompañados de gránulos que se disponen al frente de éstos (fotografía No. 30), de forma que se tiene gránulo, pelo, foseta, etc. Los pelos en esta región son recurvados (fotografía No. 34) llegando a ser más delgados y abundantes a manera de fleco unilineal en la cara interna de la región apical, en donde también se observan algunos pliegues y arrugas de la cutícula. Haciendo una anatomía de los élitros, podemos observar (fotografía No. 33) los escleritos articulares o axilares como goznes de inserción en el cuerpo del insecto.

El ala posterior o ala propiamente para el vuelo activo del insecto, aparece en la lámina B, figura a, es de textura membranosa y aspecto hialino, con manchas correspondientes principalmente a las venas costal, subcostal y mediana 1, que son las más claramente representadas en el ala, con algunas transversas como la vena radial-mediana que le dan a las venas de esta área una apariencia en cruz. Algunas venas incompletas e inconexas están representadas, como la vena radial 1 y la radial 2 + 3 hacia el ápice del ala y la cubital 2 hacia el margen externo. Las venas anales están representadas someramente en la 1 y 2, además de la 3 y 4 fusionadas, las cuales forman una celdilla anal. En general, como todo coleóptero, posee escasa venación en las alas posteriores y presentan dos dobleces principales, uno transverso y definido, y otro corto con una serie de pequeños y variables pliegues bajo el élitro.

Las patas (Lámina B, figura d) son aproximadamente similares en longitud y le permiten apoyarse en su amplia base de seis patas, desplazarse y empujarse dentro del maíz u otro producto barrenado de manera perfecta, ya que los ángulos de abertura de cada pata con respecto al eje del cuerpo son de 30, 55 y 125° respectivamente; de esta forma poseen seis puntos de apoyo sobre los cinco segmentos tarsales de cada pata, que aunado al ángulo de reposo del fémur y la dinámica de soporte de las largas tibias, así como los puntos de apoyo, agarre y empuje de uñas, empodium y espinas tarsales proporcionan a P. truncatus una adecuada anatomía de soporte y locomoción.

Las coxas posteriores de P. truncatus no dividen el primer segmento abdominal (fotografía No. 35) tal como ocurre en el Orden Polyphaga, al cual pertenece este insecto. Las coxas son como pequeños muñones en forma de "c" con una sutura latero-posterior que sujeta y da juego a las cabezas esféricas, basales del trocánter también pequeño (187.5 μ de largo). El fémur es largo, ancho y fuerte (708.33 μ de longitud por 208.33 μ de anchura) con tres dientecillos apicales quitinizados en la pata posterior.

La tibia es larga presentando dientecillos y espinas (fotografía No. 36) hacia el borde exterior distal y un gran espolón recurvado (128.12 μ de largo y 29.68 μ de ancho en promedio) hacia el ápice externo de la tibia, acompañado éste de numerosas cerdas fuertes y largas. En general, las sedas de la tibia están dirigidas hacia abajo, mientras que las sedas de la coxa, trocánter y fémur son transversales al eje de la pata.

Los tarsos (fotografías 36 y 37) también poseen largas y numerosas sedas fuertes, inclinadas hacia la región apical (54.16-89.58 μ de largo). Los cinco segmentos tarsales son similares en longitud y grosor, excepto el último que tiende a ser más largo y cubre a la base de las uñas (fotografías 37 y 38) que poseen una superficie finamente aserrada en el borde interno, en donde apicalmente y en el punto de apoyo, presentan un par de empodias largos (30.83 μ de longitud). Las uñas (fotografía No. 37) pareadas y en forma de cuernos (longitud

112.5 μ y anchura en la base de 31.25 μ) presentan una superficie esculpida, escamosa y terminada en un pequeño botón distal. La cara interna de estas uñas esta ahuecada.

El abdomen (fotografía No. 39) es de forma rectangular, más o menos (longitudinal 1.07 mm y ancho variable en cada segmento), con cinco segmentos ventrales visibles, telescópicos, aunque la realidad es que los segmentos I y II se hallan fusionados formando una espina central dirigida hacia la parte anterior (227.27 μ de longitud) que se interna junto a las cavidades coxales del último par de patas. Todos los esternitos son ligeramente arqueados hacia el centro y estan recubiertos de una moderada pilosidad de diferentes longitudes. El último segmento abdominal en forma ojival es el pygidium. La anchura de cada esternito es similar y va de 1.17 mm a 1.34 mm, aunque ocasionalmente pueden acortarse como un fuelle; el VI esternito es más corto (954.54 μ) cuando deja al descubierto el orificio genital (fotografía No. 41) en donde ocasionalmente se pueden ver los genitalia externos, que en el caso del macho (fotografía No. 42) esta formado por un pene o aedeago grueso (41.66 μ) un par de placas convexas en forma de pinzas (58.33 μ de largo por 29.16 μ de ancho) a los lados del aedeago, y un par de parámetros transversos como estiques en la base (261.11 μ de largo por 44.44 μ de ancho). La placa anal (fotografía No. 40) del último segmento abdominal se puede observar más claramente cuando se disectan a los adultos; ésta tiene forma cónica distalmente con una doble escotadura en la base; posee muchísimas sedas y microtriquias que son más bien pequeñas en la región basal y muy largas hacia la región apical

(2.77 μ y 155.55 μ respectivamente).

Los espiráculos (fotografía No. 43) en el adulto son semejantes en tamaño y forma (36.6 a 50.8 μ de largo y 27.5 a 40 μ de ancho), se presentan tres torácicos y cinco abdominales, presentando característicamente el peritrema y el orificio atrial. En la fotografía No. 43 que corresponde al espiráculo del pronoto se puede ver parte del aparato filtrador dentro del atrio y una pequeña bolsa atrial (4.16 μ de diámetro) en la cara interna inferior lateral anterior del peritrema que actúa en el mecanismo de cierre del espiráculo cuando las condiciones externas del aire pudieran ser nocivas para el insecto, como por ejemplo durante la aplicación de un fumigante o insecticida volátil.

Observaciones sobre la morfología interna del adulto.

Sobre la morfología interna de P. truncatus adulto, solo fue posible ilustrar algo del sistema respiratorio, el aparato digestivo, el aparato reproductor femenino y algunos otros órganos asociados al aparato digestivo como son los micetomas y los túbulos de Malphigio, éstos últimos también parte del sistema excretor.

Del sistema respiratorio tenemos primeramente la porción externa que son los espiráculos. Después están las tráqueas y traqueolas que como en la fotografía No. 44 se logró captar una parte de la rama terminal del tronco visceral del abdomen, el cual se triplica para formar la red longitudinal de traqueolas (fotografía No. 49) que se internan en el estómago, ventrículo o mesenteron (fotografía No. 50) y que le dá ese aspecto tan característico (fotografía No. 45) similar a una red.

El aparato digestivo de P. truncatus está formado como todo insecto (fotografías No. 45 y 48) del intestino anterior o stomodeum; un intestino medio, mesenteron, ventrículo o estómago; y un intestino posterior o proctodeum (Lámina C, figura a). El estomodeo comienza por la boca, sigue por la faringe y el esófago y termina en el ~~proventrículo~~, que en P. truncatus posee un buche con dientecillos en el interior, posiblemente para remasticar y tamizar el alimento. Posteriormente continúa el mesenteron o ventrículo (fotografías No. 45 y 46) (longitud de 1 mm) con su característica reticulación -

de músculos y traqueolas externas, no se observó ningún ciego gástrico. En la fotografía No. 47 podemos ver la parte terminal del mesenteron y el inicio del proctodeum con su clásica inserción de túbulos de Malphigio, que en Prostephanus truncatus parecen ser un número de cuatro, dos dorsales y dos ventrales. Se puede de aquí también observar la diferencia en textura dada por los músculos circulares del íleon en el proctodeo y los longitudinales del estómago en el mesenteron. Los túbulos de Malphigio (fotografía No. 51) presentan un recubrimiento o lumen y el orificio del tubo, teniendo un diámetro interno aproximado de 11.53 μ y un diámetro del lumen de 15.38 a 23.07 μ . El proctodeum (fotografía No. 48 y Lámina C, figura a) está formado por el íleon (1.07 mm de longitud), que posee fuertes paquetes de músculos circulares y que termina en un engrosamiento hacia su extremo posterior para dar entrada al colon (1.27 mm de longitud) con un más fino y secuencial orden de músculos circulares en donde adosado hacia la cara interna, como engrapado por pequeñas bárbulas, se halla el micetoma (307.6 μ de largo por 176.9 μ de ancho) (fotografía No. 53) que es un órgano (fotografía No. 54) muy especializado con numerosas criptas bacterianas (9.2-10.7 μ de ancho) (fotografía No. 55) en donde de acuerdo a Arnett, Jr. (1971), suelen hallarse simbiosis que le ayudan al insecto a aprovechar ciertos nutrientes que él por sí mismo no podría transformar. Hasta ahora, se desconoce el tipo de microorganismos que habitan en los micetomas de P. truncatus, aunque pruebas hechas en el laboratorio demuestran que son capaces de desdoblar enzimáticamente varios productos.

El aparato reproductor femenino (fotografía No. 52 y Lámina C, figura d) parece tener 5 ovariolas y el aparato reproductor masculino (Lámina C, figuras b y c) está formado también de los mismos órganos que cualquier otro insecto coleóptero, - con la particularidad de que Prostephanus truncatus posee cinco tubos espermáticos en cada testículo.

Se han realizado también algunas observaciones del sistema nervioso, el cual es blanco opaco, hallando los tres - característicos ganglios del cerebro, el protocerebro, deutocerebro y con más dificultad el tritocerebro y el ganglio conectivo frontal. Los conectivos periesofágicos son fáciles de detectar al extraer la parte anterior del aparato digestivo y el ganglio subesofágico es claramente visible. Se ha observado un solo ganglio a nivel del protórax y cinco ganglios abdominales, aunque en esto último no se tiene la certeza de que sean todos, éstos con su respectivo cordón nervioso ventral, pareado, que conecta a un ganglio con otro, sin embargo no ha sido posible fotografiar o dibujar el mencionado sistema nervioso por las dificultades para extraerlo del insecto.

No fue posible dibujar el corazón y la aorta de P. truncatus aunque se han observado dichas estructuras en vivo.

INFESTACION Y DAÑOS

Observaciones y análisis.

El análisis de los datos y de las radiografías, especialmente los detalles que se observan en las ampliaciones, revelan tres etapas de daños por Prostephanus truncatus en las mazorcas de maíz cacahuazintle con un contenido de humedad entre 11-13%, a $31 \pm 1^{\circ}\text{C}$ de temperatura, $78 \pm 5\%$ de humedad relativa con 8 horas de luz y 16 de obscuridad.

La primera fase (Histograma No. 1 y gráfica No. 1) - se le ha denominado etapa inicial de infestación o ciclo de vida en secuencia ordenada, que incluye desde el primer día de la infestación por 400 adultos sin sexar de siete días de edad hasta los 31 días de infestación en que aparecen los primeros adultos de la generación F1. La segunda fase de daños, se le ha llamado etapa de desfasamiento o mezcla de diversos estados de desarrollo y la tercera fase de daños, se le ha calificado como etapa de proliferación o daño completo de los granos, caracterizado por una abundancia casi exclusiva de adultos.

En la primera fase, la infestación de los adultos sobre el grano parece tener una etapa crítica de adaptación al grano, se caracteriza por una profusa barrenación si la variedad de maíz es susceptible y una intensa oviposición desde los tres hasta los 11 días en el interior de los granos, posteriormente las larvas (13-21 días después de la infestación inicial)

y las pupas (23-35 días después) presentan muchas dificultades para lograr su desarrollo, ya que existe una alta mortalidad durante tales estados de desarrollo, hasta lograr una primera generación de adultos de escasa población a los 37 días. Durante este período el porcentaje de maíces dañados fue desde nulo en el primer día, a un 36.6% a los 3 días, un 40% a los 5 días de infestación, 48.6% a los 7 días y 62% a los 11 días de infestación, período en que finaliza la oviposición más intensa; el nivel más alto de daños a los 21 días de infestación con 86% de granos deteriorados y que coincide con la presencia de larvas del cuarto y quinto estadios que es la etapa de alimentación más activa del estado de desarrollo más destructivo del insecto. En los períodos de pupación de los insectos, por ser estados de transformación, el daño directo a los granos disminuye, como se puede apreciar en la gráfica No. 1 e histograma No. 1, sin embargo, el nivel de daños se mantiene constante por la presencia de otros estados de desarrollo destructores del grano.

En la segunda fase de daños que van de los 27 días de iniciada la infestación hasta los 47 días, existe una mezcla de diversos estados de desarrollo de los insectos, desde huevo a adultos, con una gran cantidad de celdillas pupales e imagos en el interior de los granos, así que se presenta una emergencia continua de adultos de una primera generación ya perfectamente adaptados para perforar y devorar granos, de forma que a los 51 días, aparecen los imagos de la segunda generación, que al emerger como adultos en los días sucesivos, terminan por

hacer literalmente polvo el interior de los granos junto con los adultos parentales, dejando casi exclusivamente pequeños trozos del pericarpio del maíz. A partir de los 59 días en adelante, so lo encontraremos adultos deteriorando los posibles sobrantes de granos y buscando nuevos granos para infestar. Los pocos estados inmaduros se hallarán por ahora en el fondo de los frascos, entre la harina producida por la barrenación de los adultos en los gra nos, la cual, si esta compactada por la humedad microambiental - producida por el metabolismo de los insectos, granos y algunas - colonias establecidas de microorganismos, contribuirán al desarrollo de tales estados inmaduros; no así en la harina suelta y deyecciones, que contribuyen a la alta mortalidad principalmente de las larvas. El medio de cultivo, para entonces, adquiere un olor muy característico, pero finalmente bajo estas condiciones ambienta les de laboratorio la harina de barrenación en el fondo de los frascos comienza a enmohecerse más rápidamente, y los adultos en grandes poblaciones tienden a apiñarse en los estratos superiores del frasco y tratan de una forma más activa de abandonar el cul tivo, mientras que las larvas y pupas mueren entre las hifas de los hongos del fondo.

Si ocasionalmente alguno de los cultivos fue atacado por ácaros de la especie Pyemotes tritici (Lagraze), para esta etapa serán muy abundantes en el medio y diezmarán notablemente la población de P. truncatus. El cultivo para este momento, ya está totalmente echado a perder y el grano está absolutamente deteriorado con una sobrepoblación de adultos, los cuales se autotomizan de -

las patas y antenas con frecuentes actos de canibalismo y carroñerismo entre ellos; algunos volando impetuosamente a toda hora, aunque prefieren hacerlo entre los minutos del amanecer o del crepúsculo. Claro está que en condiciones de mayor humedad, el grano deteriorado por hongos en los cultivos de P. truncatus es más alto, por ello es que en humedades relativas de 90% hacia arriba, es difícil lograr al menos una generación. En cambio en humedades relativas más bajas como entre el 50 y 60%, los cultivos de insectos permanecen más tiempo, sin altas poblaciones y con periodos de desarrollo más espaciados y lentos, aunque con menos problemas de infestación por hongos. Las humedades abajo del 40% parecen no ser condiciones adecuadas para el desarrollo de P. truncatus como será analizado en el siguiente capítulo sobre el ciclo de vida.

Manejo de datos

De las tablas obtenidas por el conteo de granos dañados en cada placa radiográfica tomada generalmente cada tercer día, se obtuvieron el total de granos de maíz cacahuazintle dañados por Prostephanus truncatus, los cuales fueron un total de 2828 granos (67.3%) y no dañados un total de 1372 granos (32.6%) (tabla No.2), lo que significa que fueron observados un total de 4200 granos. Asimismo, se obtuvo el porcentaje de daños por días, la desviación estándar de los datos y el coeficiente de variación en porcentaje (Tabla No.1), además de las observaciones directas en las radiografías del estado de desarrollo de los insectos en

el interior de los granos. Estos resultados originaron la gráfica No.1 que muestra el promedio de granos dañados por Prostephanus truncatus en función del tiempo y los eventos del desarrollo de la población de los insectos.

Posteriormente, los datos se ajustaron a una ecuación, utilizando el programa "Curve fitting (ajuste de curva)" HP-41 CV. Se obtuvieron las ecuaciones lineal y logarítmica. La ecuación lineal arrojó una r (coeficiente de correlación producto-momento) de 0.78, se obtuvo el grado de significancia en las tablas, siendo éste de $p < 0.001$, ó sea de 99.9% por lo que los datos son significativos. El resultado de la curva de la ecuación lineal fue de:

$$Y = 2.55 + 0.03 X$$

En donde:

Y = promedio de granos dañados por P. truncatus en cada placa radiográfica.

X = tiempo en días

Para el caso del ajuste logarítmico se tuvo una r de -0.087. Se obtuvo el grado de significancia en las tablas, siendo este de $p \ll 0.001$, por lo que los datos en este caso resultaron altamente significativos. El resultado de la curva de la ecuación logarítmica fue de:

$$Y = 1.04 + 0.76 \ln X$$

siendo "Y" y "X" los mismos ejes que antes se mencionaron.

Por otra parte, para obtener los límites inferior y superior de cada dato que se representan en la gráfica No. 1, se le aplicó a cada punto la siguiente fórmula:

$$Li = Y - t_s S/n$$

En donde:

Li = límite de cada punto.

Y = promedio de granos dañados.

t_s = valor "T" en tablas con riesgo de 0.05%.

S = Desviación estándar

n = número de datos.

n-1= número de grados de libertad.

Así mismo, se aplicó a los datos una prueba de "F" o Análisis de la Varianza (ANOVA). La tabla obtenida de ANOVA se puede ver en la tabla 3. De donde los datos también resultaron altamente significativos.

Posteriormente se aplicó una prueba de Tukey para comparaciones múltiples entre las muestras radiográficas y saber si existían diferencias significativas entre los diferentes granos dañados en diversos tiempos; lo que está en función del grado de desarrollo del insecto en el interior del grano. La tabla No. 4 presenta tales resultados.

En donde:

$a(a-1)/2$ = Número de comparaciones múltiples
o de diferencias entre "a" muestras.

Así que:

$$27 (26)/2 = 351$$

CICLO DE VIDA.



Pruebas sobre dietas para propósitos de cultivos.

BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA

De las tres temperaturas y humedades probadas con diez diferentes dietas se presentan los resultados en el histograma - No. 12, en donde podemos observar las distintas condiciones de - alimentos y el tiempo que tardó en desarrollarse cada estado bajo diferentes condiciones ambientales. Esta prueba preliminar, - nos permitió elegir el medio de cultivo apropiado para estudiar el ciclo de vida del insecto que de acuerdo con los resultados del histograma No. 12, el maíz cacahuazintle y toluca a $29 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ respectivamente, resultaron más convenientes para - Prostephanus truncatus por presentar ciclos cortos de 32, 33 y 34 días respectivamente para llegar al estado adulto. Sin embargo, dado que los granos resultan más difíciles de manejar para extraer los estados inmaduros, se halló que la mezcla de harina y trigo en proporción de 1:1 resultaba tener el ciclo más corto a $29 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y $60 \pm 7\%$ de H.R. en tan solo 35 días para llegar al estado adulto.

Como la harina de maíz y trigo es fácil de compactar para ayudar a la oviposición y desarrollo del insecto, y es fácil de desmenuzar para extraer los estados inmaduros, se eligió como medio apropiado para realizar el estudio del ciclo de vida de P. truncatus. Se hicieron comparaciones con barrenadores desarrollándose en maíz cacahuazintle.

Registro de temperaturas y humedades relativas.

De los registros llevados a cabo por los termohidrógrafos desde el 15 de junio de 1978, fecha en que se inició el experimento para el ciclo de vida de Prostephanus truncatus, hasta el 18 de septiembre del mismo año, se obtuvieron los valores de temperatura y humedad relativa graficadas cada dos horas, a las que se les sacó la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación con el objetivo de conocer las características ambientales reales a las que estuvo sometido cada lote experimental en cada cámara de incubación (Tabla No. 5).

Ciclo de vida.

El desarrollo del insecto se llevó a cabo en cada condición ambiental que se presenta en el histograma No. 2 y en la figura No. 2. En ellos se observa que las temperaturas y humedades relativas en las que los ciclos de vida fueron más cortos son: 32°C y 40% de H.R. y 32°C y 70% de H.R., en los que el período de desarrollo desde huevecillo hasta adulto tardó 64 días y en 27°C y 70% de H.R. 69 días, el subsecuente fue en 22°C y 90% de H.R. en el que tardó 77 días pero con algunos problemas de infestación por hongos.

En la misma figura No. 2 se puede observar que los periodos más largos en el desarrollo se presentaron en 27°C y 40% de H.R. con 93 días, 22°C y 40% de H.R. con 100 días y 22°C

y 70% de H.R. que fue el tiempo más largo de desarrollo con 105 días. 27 y 32°C a 90% de H.R. no concluyeron su desarrollo porque la infestación por hongos impidió la sobrevivencia de Prostephanus truncatus .

Oviposición

Los resultados que muestran la frecuencia de oviposición probadas en cada temperatura y humedad relativa, se presentan en los histogramas 3 al 11, en los que después de hacer el estudio de la distribución de frecuencias entre el número de huevecillos puestos por día en cada factor ambiental, se observa que existe una regularidad en todos los histogramas en cuanto a que la mayor parte de los días las hembras no ponen muchos huevecillos, pero cuando lo hacen, ovipositan un máximo de 6 a 8 por día. A altas temperaturas y humedades como son 32°C y 90% de H.R. (histograma 11) la más alta frecuencia de oviposición es de 4 días. La más alta frecuencia de oviposición que fue de 12 huevecillos por día se presentó en 22°C y 40% de H.R. (histograma 3) y 27 °C y 40% de H.R. (histograma 6); sin embargo, en donde hubo mayor número de huevecillos (30), aunque con menor frecuencia (1-9 huevecillos por día) fue en 27°C y 70 % de H.R. (histograma 7).

Es interesante también observar que la temperatura y humedad relativa afectan el tiempo en que dejan de ovipositar las hembras (ver tabla 6), por ejemplo en 32°C y 90% de H. R., así como en 27°C y 90% de humedad relativa es en donde las

hembras dejan de ovipositar más rápido, 10 y 16 días respectivamente, mientras que a 22°C y 40% de H.R. es en donde duran las hembras más tiempo ovipositando, 95 días. En 22°C y 70% de H.R. y 27°C y 40% de H.R. es en donde las hembras ovipositan durante 55 y 53 días respectivamente. Muy cerca en tiempo de oviposición está el ambiente de 32°C y 40% de H.R. en donde por 50 días las hembras ovipositan en la mezcla de harina de maíz y trigo.

Mortalidad y sobrevivencia

Para los estudios realizados sobre la simulación numérica de la dinámica poblacional de Prostephanus truncatus en las nueve condiciones ambientales probadas, nos basamos en el modelo matemático desarrollado para la estructuración por edades del ciclo de vida del insecto (histograma No. 2) y al cual se le aplicó el modelo de Gurney, Nisbet y Lawton (1983), trabajando con los datos de mortalidad per cápita de cada estadio en cada ambiente (gráfica No. 2).

Los resultados nos indicaron que las condiciones más favorables para la sobrevivencia y desarrollo completo de P. truncatus son las de 32°C \pm 0.5 y 40 \pm 6% de H.R. en el que la mortalidad global fue de apenas un 36% y la probabilidad de que un huevecillo llegue a la etapa de adulto es de 0.64, en el que el ciclo de vida se completa en 64 días (Gráfica No. 2); en contraste con 27 y 32°C a 90% de H.R. en los que el desarrollo no se completa pero el modelo matemático y la gráfica No. 2 nos muestran que la mortalidad en este ambiente es la más alta de -

todas con un 80% y la probabilidad de que el huevecillo llegue al estado adulto es de tan solo 0.2, en donde la población se vio grandemente afectada en el segundo estadio larvario.

El modelo matemático también demostró que el factor limitante en Prostephanus truncatus es la humedad relativa alta como se puede apreciar en el desarrollo incompleto de 27 y 32°C a 90% de H.R., que aunado a la mortalidad de larvas en 22°C y 90% muestran, evidentemente que las altas humedades no son propicias para la sobrevivencia de P. truncatus.



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA

D I S C U S I O N

Morfología y Anatomía

Aunque la descripción original fue mejorada por Lesne (1897) y Fisher (1950), las anotaciones de Horn (1878) nos fueron útiles en su mayoría para el estudio morfológico del adulto. Estos autores no describieron los estados inmaduros de desarrollo y Horn contó con sólo dos organismos adultos mutilados, lo que se reflejó en la carencia absoluta de información morfológica sobre las patas.

Es hasta Spilman en 1984 cuando se hace una descripción detallada de la larva y pupa de Prostephanus truncatus aunque no con claras ilustraciones. Por su parte Shires (1976) y Subramanyam et al. (1985) publicaron información sobre algunos caracteres morfológicos que permiten identificar el sexo del adulto y los estadios larvarios respectivamente.

Los primeros dibujos del adulto, larva, pupa y daños presentados por Chittenden (1911) fueron por mucho tiempo la única evidencia gráfica del insecto como se puede constatar en la repetición de estos dibujos por el USDA en publicaciones que llegan hasta 1979.

Parece ser que Golob y Hodges (1982) no pretendieron hacer un estudio anatómico detallado, sino una diferenciación de los caracteres morfo-taxonómicos más evidentes, como son el

declive de los élitros que le dan a Prostephanus truncatus un aspecto truncado y la apariencia del pronotum, y sus fotografías proporcionan un panorama parcial de algunas estructuras.

En cuanto a la morfología interna del adulto, se lograron por vez primera imágenes y descripciones del aparato digestivo, reproductor y túbulos de Malphigio. El hallazgo más interesante fue la demostración de la presencia de micetomas (foto No. 53) en el último tercio del intestino posterior, lo que hace suponer la participación de simbiosis en el proceso digestivo de P. truncatus.

Ahora bien, para destacar la modificación de la conducta de P. truncatus para realizar precisamente la función de barrenar y desarrollarse en el maíz, debemos consultar a Thorpe, 1956, quien dice que la manera más sencilla y filogenéticamente más antigua de modificar adaptativamente la conducta es la disminución y finalmente la cesación de la respuesta a un estímulo biológicamente repetido durante un proceso prolongado, denominado a este fenómeno de habituación. En P. truncatus es fácil comprender este fenómeno de habituación, evolutivamente reciente hacia el maíz, si recordamos que la domesticación de esta planta se hace en América (Iltis, 1986), precisamente en las regiones de donde P. truncatus parece ser originario y frecuente como son México y Centroamérica. El estímulo biológico repetido, probablemente se dió y se sigue dando, en el momento en el que los antiguos domesticadores y cosechadores de maíz guardaban sus excedentes para autoconsumo en estructuras de ma

dera (Hernández, 1949). Probablemente los bostríquidos que en aquel entonces estaban adaptados a barrenar y vivir en la madera de los almacenes, incidían o caían accidentalmente con la masa de granos o mazorcas presentes, especialmente los adultos que son activos caminadores, voladores y barrenadores, así que con el tiempo, las larvas y adultos que poseían la morfología adecuada para alimentarse, desarrollarse y vivir en el maíz, se fueron habituando al nuevo producto; tal vez por ello si actualmente se coloca a P. truncatus en condiciones de laboratorio con maíz y madera mezclados, prefieren aún la madera.

Recalco lo de la adquisición de hábitos recientes de barrenación en el maíz, debido a que P. truncatus tiene la actual capacidad de barrenar y vivir en madera de pino y nogal negro (Fisher, 1950) y su morfología interna aún refleja sus hábitos xilócolas y xilófagos como lo demuestran la presencia del mictoma en el último tercio del tracto digestivo (fotografía No.53), lo que le ayuda a aprovechar ciertos alimentos que no serían de otra manera digeribles como la celulosa de la madera y del olote o el totomoxtle del maíz. Otra conducta que refleja tales hábitos xilócolas son su manera de barrenar el olote del maíz con trayectorias y cámaras de oviposición similares a las que produce en la madera, así como sus poderosas mandíbulas y fuertes espolones y espina de las tibias para penetrar y desplazarse entre las hileras de granos de las mazorcas (fotografía No. 36) o en la madera.

La función principal del cambio de conducta la supervivencia de la especie, que depende de la adecuada respuesta a una

particular situación o estímulo que origina la habituación. Probablemente esta misma circunstancia de habituación se halla dado para Rhyzopertha dominica en las antiguas civilizaciones dependientes del trigo (Walters, 1973).

Se han basado parcialmente estas observaciones y experimentos con P. truncatus con el segundo postulado de Uexk'ull sobre la armonía preestablecida entre el organismo y el medio - que Konrad Lorenz (1971) sustenta bajo los experimentos de privación, los cuales consisten en que si la información que está claramente contenida en la adaptación de la conducta a un medio ambiente dado, se hace inaccesible a la experiencia de los individuos, y si en tales circunstancias, la adaptación en cuestión se mantiene inalterada, podemos afirmar que la información de esa conducta está contenida en el genoma. En el caso de P. truncatus que tiene como ambiente preferencial al maíz, cuando se le priva de éste, se adapta perfectamente a barrenar otros productos - (Shires, 1977), así que no es extraño que esté facultado para barrenar maderas, plásticos, otros cereales, yuca, etc. aunque en algunos de éstos no sea capaz de desarrollarse, sin embargo, su conducta de barrenación es muy similar a otras especies de la familia Bostrichidae, por lo que la potencialidad de fabricar túneles en diferentes productos, se fijó en el genoma mediante un proceso filogenético muy temprano (Tinbergen, 1970) en el que - por fenómenos más o menos recientes de habituación (Thorpe, 1956), P. truncatus ha logrado adaptarse a barrenar varios productos, entre ellos el maíz.

¿Por qué Prostephanus truncatus como especie, se adaptó a barrenar maíz y no permaneció en la madera, bambú o ramas secas de algunos vegetales semileñosos como las demás especies de su familia? Para hallar una respuesta posible tenemos que entrar a aspectos etológico-adaptativos de la especie y para ello nos referimos a Tinbergen (1970) quien dice que si abandonamos el término de "innato" que la mayoría de las veces no explica gran cosa desde el punto de vista biológico, existen mecanismos para explicar como se afecta la adaptación de la conducta de un organismo; uno de ellos, de acuerdo a Tinbergen es el proceso de filogenia que consiste en una conducta fundamentada en la organización estructural y funcional de la especie y los procesos de modificación adaptativa de la conducta durante la vida de los individuos. De esta forma podemos asegurar que la adaptación de P. truncatus a barrenar maíz se dió por un proceso de filogenia que es característico para la estructura y función de la conducta de barrenar al grano.

De las fotografías por medio de Rayos X sobre la conducta de daño en maíz y los de morfología mediante el uso de microscopia electrónica de barrido se seleccionaron las más ilustrativas del ciclo de vida de P. truncatus y del daño que producen, éstas nos permitieron demostrar fotográficamente los hechos observados y desterrar algunas ideas equivocadas o inferidas, tales como las de que el desarrollo de P. truncatus es similar al de Rhyzopertha dominica por el hecho de pertenecer a familias cercanas y ser ambos barrenadores de granos. Otra idea inexacta que se había venido aceptando era sobre la oviposición de P.

truncatus en el exterior del grano, demostrando con la fotografía No. 70 que los huevecillos son colocados en el interior del maíz. En este estudio también se muestra por vez primera una se cuencia de la forma de eclosión del huevecillo (fotografías 1-6).

En realidad, las diferencias de organización morfológica de los insectos han tomado un cause evolutivo tan distinto al nuestro, que podemos comprender hasta que punto los insectos que viven cerca de nosotros, están alejados en realidad (Chauvin, 1967). No ven los mismos colores, no "oyen" los mismos sonidos, no sienten la misma temperatura ni de la misma manera y su comportamiento está guiado por ciertos estímulos que nosotros no sentimos ni comprendemos del todo.

En esta tesis no intentamos descifrar a través de P. truncatus la sensación de los insectos, pero se hizo una aproximación a su morfología y comportamiento que en términos de Chapman, 1982, implican una interpretación morfo-fisiológica de la conducta de barrenación, daños, reproducción y desarrollo de P. truncatus bajo un cause adaptativo.

Durante varios años de investigación, Darwin (1969) ob servó que cualquier especie guarda un equilibrio en su densidad poblacional a través del tiempo, este hecho contribuyó en parte a que concluyera -que los géneros con mayor número de especies - varian más frecuentemente que las especies de los géneros que ti enen menor número de especies; 83 especies son las hasta ahora

descritas en la Familia Bostrichidae a la que P. truncatus pertenece, su tribu Dinoderinae tiene 4 géneros, y el género Prostephanus apenas tiene cuatro especies (Arnett, 1971), que comparado con otras familias y géneros de coleópteros, Prostephanus es un género con muy pocas especies y por lo tanto de acuerdo a Darwin con variaciones menos frecuentes y esporádicas que otros grupos de coleópteros como los Curculiónidos en donde está el género Sitophilus. Esto tiene una estrecha relación con la ley de Hardy y Weimber en la que las mayores probabilidades de cambio en el "pool genético" se presentan en las poblaciones con mayor número de especies, que en una con menor número de especies. Los neodarwinistas añaden que quien crea en la lucha por la existencia y el principio de la selección natural, sabrá que todo ser orgánico se está esforzando continuamente por aumentar el número de individuos -y así perpetuar la especie- y que si una especie cualquiera, presenta en algunas poblaciones, aunque sea unas pocas variaciones en costumbres o morfología, obtendrá de ese modo, ventaja sobre otros individuos que habitan el mismo nicho ecológico, apropiándose así el sitio de éstos y entrando en competencia con éstos, que en el caso de P. truncatus y Rhyzopertha dominica habituados al cambio de vivir y alimentarse de granos, han obtenido una ventaja para la reproducción de sus crías y perpetuación de la especie sin cambios morfológicos substanciales de los de los otros miembros de su familia barrenadora de maderas, así mismo, P. truncatus y R. dominica son ahora fuertes competidores de otros insectos que habitan en granos y productos alimenticios como son Sitophilus zeamais Motsch, Sitotroga

cerealella (Oliver), Tribolium castaneum Jack duVal y otras especies de almacén.

Siguiendo los pasos de las teorías evolutivas sintéticas modernas como las de Levins y Lewontin (1985) quienes han caracterizado a la evolución sintética como la expresión de un programa panglosiano o adaptacionista, mostraremos como la conducta de barrenación de los bostríquidos ha quedado en diferentes peldaños evolutivos hacia la adaptación para barrenar maderas y granos dentro de la misma familia. Así tenemos el caso de Prostephanus apax Say que es barrenador estricto de maderas (Fisher, 1950), después los géneros Sinoxylon, Stephanopachys y Apate que siendo barrenadores de maderas pueden accidentalmente perforar a los granos pero no desarrollarse ni vivir dentro de ellos (Dobie et al., 1984). En el siguiente peldaño se hallan las especies del género Dinoderus en donde tenemos a Dinoderus minutus (F.) que siendo barrenador de madera y bambú puede ocasionalmente atacar y desarrollarse en ciertas variedades de maíz y de soya negra de Indonesia (Fisher, 1950). Finalmente, tenemos a los barrenadores de granos como P. truncatus (Horn) y Rhyzopertha dominica (F.) en el que el primero, todavía, tiene cierta preferencia por la madera, sin menospreciar al maíz, y el segundo casi exclusivo del trigo; tal vez aún falta en el recorrido evolutivo de esta familia, la o las especies que sean estrictos barrenadores de granos que hallan abandonado completamente sus hábitos xilófagos.

Griffin (1965) menciona en su libro sobre estructura animal y función, que nada de lo que conocemos actualmente, puede compararse con la complicada maquinaria que constituyen los animales vivos -y que la biología es intrínsecamente más difícil que otras ciencias porque nuestro cuerpo y formas de vida están grandemente condicionados por sus ordenadas complejidades- de manera que ninguna otra idea desde la revolución de Copernico, alteró tan profundamente el pensamiento humano como la del concepto biológico de la evolución. Al mencionar el proyecto del cuerpo de un artrópodo, Griffin añade que un cuerpo segmentado, conteniendo órganos especializados para todas las funciones importantes, probó ser de gran valor adaptativo para un soporte muy efectivo, agregado al proyecto de cuerpo de un anélido, un exoesqueleto duro, segregado alrededor del exterior de cada segmento, por un aumento en la longitud y complejidad de los apéndices con un similar exoesqueleto, único, alrededor de cada segmento de cada pata o antena para el caso de los escarabajos, con un par de élitros duros, de la misma naturaleza que el exoesqueleto y sirviéndole como un gran caparazón de protección; son los "Tanques pesados" del mundo de los insectos y pasan gran parte de su tiempo en el suelo, a través de lechos vegetales, caminando sobre la tierra o royendo madera; tales actividades dañarían fácilmente a unas alas delicadas, los escarabajos han evolucionado hacia un primer par de gruesas y duras cubiertas que encajan sobre la parte superior del abdomen, mientras que las alas frágiles para volar están guardadas debajo, dobladas cuidadosa e ingeniosamente. Cuando se levantan los élitros delanteros, las alas posteriores

se desdoblán y se abren, entonces el escarabajo se desplaza pesadamente en el aire(Attenborough, 1981). Prostephanus truncatus como artrópodo y como coleóptero que es, así se comporta y así es. Por todo ello, entre otras adaptaciones, los artrópodos y enfáticamente los coleópteros, son el grupo de animales más numerosos que en cualquier tiempo hallan existido, y por cierto, nuestros más serios competidores por los recursos como son los granos y productos almacenados que son nuestros principales recursos alimenticios y culturales.

Volviendo a citar a Griffin (1965), este menciona que la quitina del exoesqueleto de los insectos y en general de los artrópodos, está íntimamente unida a moléculas de proteína y esta combinación proporciona al exoesqueleto de estos organismos, las propiedades de fortaleza única, pero al mismo tiempo de flexibilidad y elasticidad. Las placas esclerosadas no son uniformes en todos los puntos, sino que están contorneadas para formar una coraza eficiente, más delgada donde se producen uniones, más gruesas y reforzadas por espinas y arrugas donde se requiere más firmeza, si observamos el diseño general de Prostephanus truncatus, veremos que en el protórax, especialmente hacia el frente (fotografía No.19 y Lámina A, figura f), y la tibia, especialmente hacia la región apical (fotografía No.36) se hallan ornamentados por tubérculos y espinas que seguramente le ayudan a reforzar el empuje entre los granos de las mazorcas (Cowley et al. 1980), así como el desplazamiento por los túneles que va fabricando dentro del producto barrenado.

Además, añade Griffin (1965), a intervalos del exoesqueleto, se encuentran pequeños orificios a través de los cuales salen pelos córneos, tiesos, que no están rígidamente fusionados al exoesqueleto, sino que son más bien libres de moverse lentamente en una cuenca formada por una o más células especializadas que rodean a las que forman el pelo. A menudo, las células nerviosas, íntimamente asociadas con la base de un pelo, son sensitivas a los menores movimientos de éste, a veces hasta para las desviaciones submicroscópicas causadas por ondas sonoras o vibraciones del ambiente; podemos deducir que la gran variedad de tamaños y formas de pelos en Prostephanus truncatus tienen diversas acciones sensitivas de acuerdo a la región del cuerpo donde éstos se hallen, así tenemos que la abundante pilosidad en los órganos gnatales (fotografía No. 20), seguramente proporcionan al insecto información sobre textura, sabor y otras sensaciones inimaginables sobre la calidad del alimento. La pilosidad sobre el protórax y élitros, posiblemente le dan información al barrenador sobre las características microambientales del entorno, así como la sensación táctil del túnel que va socavando el adulto en el grano o madera, o el espacio alimenticio que rodea a la larva, en fin, una cantidad y calidad de sensaciones que aún nos es difícil comprender y explicar, ya que de acuerdo a Rowel, (1961), la percepción animal se halla determinada por su dotación sensorial, el análisis cuantitativo de sus órganos de los sentidos nos permiten formarnos una idea de su universo, pero es preciso considerar estos criterios con cierta reserva, así cuando dirigimos nuestra atención a los artrópodos, cuya organización esta regida por la existencia de su esqueleto exter-

no, a través del cual deben "filtrar" las informaciones -como podrían ser el caso de los pelos y las cerdas- nuestra experiencia sensorial no nos permite más que un razonamiento por analogía y tenemos que juzgar empíricamente su comportamiento. El insecto -añade el autor- tiene un conocimiento exacto de su ambiente, superior al conocimiento humano en muchos puntos, dada la complejidad de percepciones que un insecto puede registrar en su sistema nervioso.

La textura blanda de la cutícula o exoesqueleto que recubre el cuerpo de las larvas de Prostephanus truncatus, aunque esclerosada fuertemente en la cabeza, sobre todo en las mandíbulas (fotografías No. 17 y 18), nos dan información de la capacidad adaptativa que la larva ha adquirido dentro de su microhabitat, sea grano, tubérculo o madera, ya que la cabeza y mandíbulas fuertes, le permiten roer y alimentarse activamente con una gran cantidad de sensores para detectar el tipo de alimento, como lo demuestran la presencia de cerdas y sensilias de palpos maxilares y labiales (fotografía No. 9), mientras que el cuerpo delicado y protractil, le permite crecer y expandirse conforme come vorazmente su alimento, así hallándose protegida dentro de los túneles y cámaras (fotografías No. 71 y 72) construídos por sus padres en un ambiente menos agresivo que el exterior, y con alimento suficiente para su tamaño, las pequeñas larvas pueden crecer y desarrollarse abundantemente (fotografía No. 73) hasta alcanzar su madurez, de manera que la aseveración generalizada en cuanto a que la larva es el estado de alimentación y crecimiento de los insectos holometábolos se cumple cabalmente de

acuerdo a las evidencias morfológico-adaptativas que la vida en el interior del producto barrenado le han conferido a la larva de Prostephanus truncatus, sin embargo, y paradójicamente, es el estado de mayor mortalidad durante el desarrollo del insecto, como se demuestra en la gráfica No. 2 y Fig. 2, lo que prueba su reciente incursión adaptativa en el maíz.

El abundante material fotográfico sobre la morfología, infestación y daños de P. truncatus durante su ciclo de vida, demuestra la complejidad de su anatomía, fisiología (forma-función) y conducta, de lo que pudiéramos calificar como un simple gorgojo, sin embargo demuestra como la selección natural ha actuado sobre P. truncatus para utilizar ciertas estructuras especializadas y adaptarse a dañar, sobrevivir y desarrollarse en el maíz, al igual que en la madera, lo que en términos biológicos recientes se ha calificado como evolución puntual de las poblaciones de una especie (Olea, 1986).

En cuanto a las medidas anatómicas (Pág. XLVIII) realizadas sobre las fotografías tomadas en microscopio electrónico de barrido, éstas no son tan exactas como cuando se llevan a cabo en una pequeña población de ejemplares conservados en alcohol, o mejor aún en vivo, ya que cualquier tratamiento llevado a cabo en los especímenes, debe alterar de alguna forma su configuración original, a pesar de la dura cutícula que poseen los adultos, más aún, en los estados juveniles de cutícula blanda, se optó por considerar tales medidas, ya que muchas estructuras serían imposibles de medirse por los métodos convencionales de re

glillas en el microscopio óptico o en el estereoscópico, debido a los mayores aumentos que pueden lograrse con el electrónico. Para tener mayor certeza de la validez de las medidas realizadas, se consideraron los tamaños obtenidos por otros autores, tales como crestas clypeales (Shires, 1977), longitud del adulto completo (Fisher, 1950 y Hodges, 1982), tamaño de la larva (Spilman, 1984) y todas estas coincidieron con las medidas obtenidas en nuestras fotografías. Muchas de las medidas aquí presentadas (sección C) están reportadas por vez primera y consideramos que pueden ser útiles para un patrón comparativo de los diversos estados de desarrollo de Prostephanus truncatus, pudiendo aportar algunas medidas morfológicas útiles para la taxonomía del insecto.

Desde la descripción original de Horn (1878) y después redescrita e ilustrada por Lesne (1897) para colocar a truncatus en el género Prostephanus, no se han vuelto a realizar descripciones importantes del insecto, a excepción del trabajo de Fisher en (1950). Tal vez, el acopio actual de conocimientos morfológicos y evolutivos del insecto, además de las aportaciones sobre el ciclo de vida de Bell y Watters, (1982) y Shires (1979 y 1980), los detallados estudios taxonómicos de pupas y larvas de Spilman, (1984) y la síntesis de datos de Hodges, (1986), y McFarlane, (1988), podrían facilitar una redesccripción taxonómica más actualizada, incluyendo las variaciones morfológicas que ya se están presentando entre las poblaciones de Prostephanus truncatus de Africa, Centroamérica y México.

En esta tesis se ha enfatizado el descubrimiento de uno de los órganos más interesantes hallados durante la investigación morfológica de P. truncatus, el micetoma (fotografía 53-55), localizado en el intestino posterior del insecto; estas disecciones fueron realizadas en el laboratorio de Evolución de los Organismos de Les Eyzies, en la Dordogne, Francia, con la ayuda de la Dra. Bernadette Delaguen-D'Archen. La presencia del micetoma en P. truncatus pone de manifiesto, estructuralmente, las suposiciones y evidencias que se han venido manejando acerca de la conducta de barrenación del insecto en algunas maderas, que Lesne (1897), Chittenden (1911) y Fisher (1950) ya habían publicado. Aunque Arnett (1971) menciona la presencia de estos órganos conteniendo bacterias simbióticas en larvas de otras especies barrenadoras de maderas de la familia Bostrichidae, no se conocían hasta ahora, la presencia de éstos en P. truncatus.

Acerca de los micetomas y sus simbioses, hay menciones generales en coleópteros de las familias Anobiidae, Cerambicidae, Curculionidae, Lyctidae y Bostrichidae por Grassé (1949); Caullery (1950), menciona que ya habían sido observados, aunque no definitivamente interpretados por Huxley y muchos otros autores desde 1858 hasta 1910 en el que Sulc' propone el término de micetoma, refiriéndose a la estructura u órgano que aloja intracelularmente a microorganismos o simbioses, Amouriq (1973), también menciona entre otros trabajos las aportaciones de Wigglesworth en 1953 sobre micetomas en Anopluros, Hymenópte

ros, Afidos y Coleópteros; Steinhaus, (1947) habla sobre la presencia de micetocitos en el cuerpo y gónadas de algunos insectos que dañan productos almacenados como Sitophilus granarius y S. oryzae, Rhyzopertha dominica, Stegobium paniceum y Orizaephilus surinamensis. En Rhyzopertha dominica se han hallado los micetomas en la parte anterior del proctodeum, en P. truncatus los hemos visto en la parte media y posterior del mismo (Lámina, C, - figura a).

Los estudios más interesantes de ultraestructura de estos órganos han sido los realizados por Lum y Baker (1982) y los de Nardon (1978) en Sitophilus oryzae (L) y Sitophilus sasakii respectivamente. El hallazgo del micetoma en P. truncatus no solo tiene una importancia morfológica, sino también fisiológica y evolutiva del insecto, que de acuerdo a la Dra. D'Archen* podrían involucrarnos en un estudio importante para el control fisiológico de la plaga.

* Dra. Bernadette Delaguen D'Archen. 1981. Lab. de Evolución de los Organismos, Les Eyzies. Universidad P. el M. Curie, Francia.

Infestación y Daños.

De acuerdo al manejo de resultados presentados anteriormente, los datos de granos dañados en función del tiempo y evidenciados por las radiofotografías, se ajustan mejor a una ecuación logarítmica que a una lineal, debido a que r (coeficiente de determinación) es mayor en el caso de una ecuación logarítmica. Al hacer el ajuste de la curva, se demuestra en los resultados, que en ambos casos, tanto en la curva lineal como en la logarítmica; los datos recopilados sobre el daño de Prostephanus truncatus en maíz cacahuazintle bajo las condiciones probadas de laboratorio son significativas.

Por otra parte, de acuerdo a las 31 plantillas de maíz cacahuazintle fotografiadas durante 63 días, de 10 lotes experimentales, con sus respectivas tres repeticiones, que fueron infestados con adultos de P. truncatus (Horn) a $31 \pm 1^\circ\text{C}$ y $79 \pm 5\%$ de humedad relativa con 8 horas de luz y 16 de obscuridad, en granos con contenidos de humedad entre 11 y 13%, se observó que los daños en este maíz van desde una infestación inicial por barrenación (fotografías 59-66) y oviposición (fotografía 70) de los adultos hasta el daño total del grano, dejando tan solo el pericarpio del mismo (fotografía No. 84), pasando a las sucesivas infestaciones de larvas (fotografías No. 71-75), pupas (fotografía No. 77) e imagos (fotografías No. 78 y 79) durante el desarrollo de los insectos en el interior del grano. Esto significa que el daño de P. truncatus hacia los granos, incluye la barrenación por parte de los adultos, la presencia y el desarro

llo de la nueva generación y el abandono del grano cuando este ya ha sido utilizado por los insectos como alimento e incubación de los huevecillos (gráfica No. 1 e histograma No. 1).

Las barrenaciones suelen presentarse en cualquier nivel del grano, desde el embrión hasta las celdillas almidonosas y de aleurona del interior del grano (Fotos 59-66); y pueden ser horizontales (fotografía No. 60), verticales (fotografía No. 62), transversales (fotografía No.66) o incluso erráticamente alrededor del grano (fotografías 62 y 63), principalmente cuando los granos están fijos en las hileras de la mazorca.

Durante este tiempo se lleva a cabo el desarrollo del huevecillo hasta el adulto (imago), al cual le hemos denominado el periodo de infestación, el cual en la primera etapa se va sucediendo el desarrollo ordenadamente por los estados de huevecillo, larva, prepupa, pupa hasta imago y adulto emergente (Ver primer segmento del histograma No. 1) pero que posteriormente se desfasa en diversos estados de desarrollo dentro del mismo grano y se presentan prácticamente todos los estados de desarrollo en un mismo tiempo (fotografías No. 80 y 81). El resultado final siempre será el mismo, granos huecos, rotos, abandonados por los adultos emergentes de una primera y segunda generación, que buscarán la forma de infestar a otros granos cercanos (Ver tercer segmento del histograma No. 1).

Resulta muy interesante desde el punto de vista evolutivo que el daño de P. truncatus siempre sea intensivo más que

extensivo, a diferencia de otras especies de insectos que atacan al maíz como suele suceder con Sitophilus zeamais Motsch y Sitotroga cerealella (Oliver) que extienden su desarrollo y daños en la masa de granos. En P. truncatus, de hecho, existen granos de maíz que han estado en las mismas condiciones ambientales y pertenecen a la misma variedad y que nunca son dañados por el insecto (fotografía No. 57, primer grano de la izquierda) o si acaso son barrenados ligeramente pero no se establece el desarrollo del insecto (fotografía No. 57, segundo grano de la izquierda a derecha) por lo que el daño es relativo o nulo. Esto ha llamado la atención de muchos experimentadores sin que hasta ahora se pueda dar una explicación muy clara, sin embargo, en base a nuestras observaciones, se deduce que el hacinamiento de P. truncatus en unos cuantos granos de una mazorca de maíz se debe a una conducta adaptativa por sus feromonas de agregación que se inicia desde la barrenación intensiva de los adultos en unos cuantos granos, que son los que ovipositan y en donde se desarrollan y alimentan los estados juveniles, facilitándose el ciclo de vida. Posiblemente las feromonas de agregación deben actuar de forma muy eficiente e intensa en estos insectos de hábitos xilocolas.

Magally Albores e Irma Jauregui (1982) en sus estudios de daños por P. truncatus al maíz cacahuazintle en condiciones de experimentación similares a los realizados en esta tesis, hallaron que en un total de 35 placas radiográficas, con los granos fotografiados por todos los ángulos, habían 47 zonas de oviposición diferentes, de forma que la frecuencia de oviposición por P.

truncatus en maíz era de un 34% en la base, 25% en la región media y 17% en la zona del ápice; asimismo, 14% se hallaba en las regiones laterales y solo un 8% en el embrión.

También hallaron que el porcentaje de granos dañados en 69 días a $22 \pm 9^\circ\text{C}$ y $47 \pm 12\%$ de humedad relativa, seguía un crecimiento de tipo logarítmico. De manera que a los 51 a 53 días se alcanzaba el 50% de granos dañados y a los 71 días era del 99%, sin embargo el daño total de granos fue de un 76.6% y sin dañar 23.3%.

El análisis de la varianza (tabla No.3) demostró que el daño presentado por Prostephanus truncatus y evidenciado por las radiofotografías en esta teís es altamente significativo. También se observaron diferencias significativas por medio de una prueba de Tukey (tabla No.4) entre diversos estados de desarrollo del insecto de acuerdo a los diferentes tiempos de aparición, en días, dentro del maíz. Las diferencias fueron significativas entre huevecillos jóvenes de 3 días de edad y huevecillos maduros de 11 días de edad, también entre larvas de los primeros estadios y larvas de los últimos estadios, así como entre larvas de los estados intermedios y de los últimos estadios y obviamente entre huevecillos y adultos. Era de esperarse no significancia entre adultos parentales de la primera y de la segunda generación, así como entre prepupas, pupas e imagos, ya que los tiempos de diferenciación entre estos estados son muy pequeños. La no significatividad entre las larvas de los primeros estadios y los intermedios, tal vez se debe a la alta morta

lidad larvaria, la sobreposición de estados que se presentan durante este periodo y el promedio de granos infestados y dañados que suelen ser muy similar durante esta etapa, como puede verse en la gráfica 1.

Adaptaciones climáticas y geográficas

Los datos que se muestran en la tabla 6, exponen una relación directa entre las condiciones ambientales y el tiempo de oviposición por las hembras, de forma que a menor temperatura y humedad relativa, existe mayor tiempo de ovipostura (22°C y 40% de H.R.). En términos de sobrevivencia y adaptación del insecto a ambientes secos y templados, (40% de humedad relativa, 22 y 27°C) podría significar que existen más probabilidades de infestación y éxito de los barrenadores en tales condiciones que en los tropicales (32°C) y húmedos (90% de humedad relativa) (gráfica 2), en donde el tiempo de ovipostura es menor (10 días) (Tabla 6) y el desarrollo del insecto es incompleto (figura 2).

La frecuencia de la oviposición no se vé afectada por el ambiente, como se observa en los histogramas 3 al 11, ya que la cantidad de huevecillos está determinado por mecanismos fisiológicos internos como la longevidad (Shires, 1980), que no dependen directamente de la temperatura y humedad relativa, pero el tiempo que una hembra puede durar ovipositando es más largo en climas secos (40% de H.R.) (histogramas 3, 6 y 9) o subhúmedos (70% de H.R.) (histograma 7) y templados (22 y 27°C) (histograma 3, 6 y 7) que en cálido-húmedos (32°C y 90% de H.R.) (histograma

11). Por supuesto que en los climas fríos (12 y 16°C) húmedos (arriba de 90% de H.R.) o secos (por abajo de 40% de H.R.) -- Prostephanus truncatus no puede ni ovipositar, ni desarrollarse, ni sobrevivir (Figura 1), al igual que en climas muy cálidos por arriba de los 36 y 40°C (Shires, 1979 y 1980) (Bell y Watters, 1982).

Así que cuando Shires (1979) se extraña -según él mismo alude en su discusión- que Prostephanus truncatus pueda vivir y desarrollarse abundantemente en las tierras altas del centro de México, su admiración no tiene nada de extraño si se considera que el macroclima en esta zona tiene en promedio temperaturas máximas de 23.4°C, sin considerar las temperaturas microclimáticas de los almacenes y masa de granos que suelen ser algo más altas. La humedad relativa en la Ciudad de México suele ser 58% en promedio anual, variando de 54 a 72% de agosto a enero (SARH, 1982). Esto si se considera una ciudad del centro sur, alta, en donde existe P. truncatus como lo es México D.F.. Si observamos los datos climáticos de una ciudad del centro norte, donde también vive P. truncatus como es Aguascalientes, encontramos que la temperatura media anual ambiental es de 18.4°C - con variaciones de 13.8 a 20.5°C en los meses de agosto a enero y humedad relativa media promedio anual de 57% con variaciones de 57 a 69% de agosto a enero (Datos climáticos de la SARH, 1982). En ambas ciudades, P. truncatus se encuentra abundantemente, causando graves daños al maíz y a objetos de madera y plástico. Lo que indica que la humedad relativa del ambiente suele

ser más determinante que las bajas temperaturas cercanas al límite de desarrollo del insecto. De hecho, la fluctuación poblacional que P. truncatus presenta durante el año en el campo es más alta en agosto y septiembre que el resto del año según se observó durante cinco años en un trapeo de luz y registro en el CIFAP de Aguascalientes a 32 km de la capital del Estado en donde las temperaturas promedio de 25 años de agosto a enero suelen ser de 12 a 19.3°C con una humedad relativa de 57.7 a 90.19% (México, 1986).

De acuerdo con nuestros resultados, es posible explicar porque no se le ha encontrado en zonas tropicales húmedas de México (ver mapa No. 2) como lo demuestran los estudios realizados en Tabasco (Kokubu y Herrera, 1982), Campeche y Chiapas (Pérez y Rodríguez, 1985 y Rojas-León, 1988) y los de Mills y Rodríguez (1977) que sólo lo encontraron en cuatro localidades al este del Edo. de Yucatán. Hasta ahora no se ha hallado en el Edo. de Quintana Roo a pesar de haberse realizado varios muestreos (Canul, 1986); sin embargo, habrá que esperar los resultados de trampas con feromonas que actualmente Rees y Rodríguez están realizando en Yucatán (Rees, 1988).

Si se observa el patrón de distribución que este insecto ha seguido en América (Mapa No. 2), se verá que frecuentemente bordea la serranía, se asienta en los valles y planicies templadas y frescas, secas y moderadamente húmedas sembradas con maíz. Esporádicamente se le llega a observar en las zonas costeras y tropicales muy húmedas, y es raro hallarlo en las

regiones de climas extremos.

El éxito que ha tenido para establecerse en Tanzania, se explica por su adaptación a las áreas templadas, cálidas y secas del este africano (Hodges et al. 1983), más difícil es entender porque se halla en el oeste subsahariano, especialmente en la zona costera de Togo a los alrededores de Lomé que es un clima húmedo-tropical; aunque su establecimiento es tan reciente (Krall, 1984) que habrá que estudiar la capacidad de adaptación de P. truncatus a estos ambientes, ya que también se ha reportado en zonas costeras del este africano como Dar es Salaam (Golob, P. 1892) y Tanga (Magazani, 1982). El éxito o no del insecto en estos nuevos climas pueden ser favorables o desfavorables para el desarrollo de esta plaga, sin embargo, la realidad es que P. truncatus les ha devorado literalmente alimentos, ropa, casa y utensilios a los productores de estos países.

El hecho es que mientras exista maíz y un hospedero intermediario en el campo, que hasta ahora desconocemos, P. truncatus se hallara muy bien adaptado a climas que no sean demasiado fríos, ni demasiado húmedos, lo que explica en parte que su avance en América no halla llegado más allá del sur de los E.U.A. a pesar de ser éste gran productor de maíz más al nor

te, ni en América del sur invadir al Brasil por las altas humedades de la cuenca amazónica ecuatorial, y aunque pudiera seguir el corredor andino hacia el sur, el insecto se ve limitado en su distribución hacia Chile por el desierto de Atacama - al norte de ese país y el frío austral más hacia el sur, hacia las cumbres de los Andes; de forma tal que Arias y Dell'Orto (1983) no reportan a P. truncatus en este país sudamericano. Es decir, que la distribución de P. truncatus en América se ha visto limitada al norte por las temperaturas frías de los Estados Unidos de América y al sur por las altas humedades en la cuenca del Brasil y los climas extremos del norte de Chile.

Mortalidad

Acerca de la mortalidad durante el ciclo de vida de Prostephanus truncatus, hemos encontrado que nuestros resultados no concuerdan con los reportados por Shires en 1979 y 1980, ya que el autor menciona mortalidades más bajas en sus experimentos que van de 15.5% en 32°C y 80% H.R., a 59.2% de mortalidad en 22°C y 80% H.R., y concluye que las mortalidades más altas se presentaron en 22°C y 35°C y las más bajas en 27, 30 y 32°C. Sin embargo, Bell y Watters en 1982, calificaron de inconsistentes los datos de Shires, ya que ellos encontraron mayor porcentaje de sobrevivencia puesto que la mortalidad en 32°C y 80% de H.R. fue apenas de un 24% en la variedad de maíz Spancross y de un 18% en la Pride 1108. Para Shires y Watters, 1982, las mortalidades más altas fueron en 30 y 32°C a 70 y 80% de H.R. en las variedades Spancross, Pride 1108 y Goldon Beauty, y de

las más bajas con un 65% de mortalidad en la Pionner 3993 a 30°C y 70% de humedad. Haciendo un análisis de mortalidad en la variedad de CVS Spancross a 70% de H.R. encuentran que la mayor cantidad de muestreos se halla en 35°C con 40% de mortalidad y en 22°C solo con un 12% de mortalidad, y observa que existe un claro decremento en la mortalidad conforme decrece la temperatura de 32 a 22°C. Haciendo además notar que la mortalidad de los estados inmaduros fue menor en las temperaturas más bajas. Así - que mientras nuestros experimentos indican que en 32°C y 40% de H.R. hubo apenas 38% de mortalidad (tabla No. 8), Bell y Watters (1982) obtuvieron en maíz molido CV Golden Beauty un 100% de mortalidad, Shires (1980) obtuvo un 28.1% de mortalidad en 32°C y 50% de H.R. pero en las temperaturas 22, 27 y 3°C al 90% de H.R. obtuvo en todos los casos los más altos grados de mortalidad de 98-100% (tabla No. 8), mientras que Bell y Watters (1982) en maíz quebrado CV Golden Beauty obtuvieron en 32°C y 90% de H.R. 80% de mortalidad, en 27-90, 48% y en 22-90, 40% de insectos muertos, lo cual no coincide con nuestros resultados. Shires (1980) obtiene los más altos grados de mortalidad en 35°C a 50, 60 y 70% de H.R., así como 59% de mortalidad en 22°C y 80% de H.R. por lo que sus datos son muy discrepantes aún entre sí.

Desde el punto de vista de sobrevivencia, y para efectos de obtener una buena cantidad de individuos en cultivos de laboratorio, nuestra opinión sería que 32°C y 40-70% de H.R. es un buen ambiente debido a la baja mortalidad de insectos, esto llevado a cabo en harina de maíz y trigo compactada (1:1),

mientras que para Bell y Watters (1982) en maíz dulce, molido CV Golden Beauty, empacado en pequeños viales en ambiente ideal, de acuerdo a la menor mortalidad lo constituirían 25°C y 70% de H.R., y 27°C, 70 y 80% de H.R. como óptimos para el desarrollo de P. truncatus (Watters, 1983). Para Shires, 1979, la menor mortalidad en 30°C y 70% de H.R. sería el ambiente más apropiado pero de acuerdo al periodo de desarrollo y a sus índices calculados, sostiene que 32°C y 80% de humedad relativa serían las condiciones óptimas de desarrollo para el barrenador.

Pensamos que las diferencias se deben a las distintas condiciones de experimentación.

Ciclo de vida

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta tesis, considero que los datos recopilados para el ciclo de vida de P. truncatus son altamente consistentes ya que en 32°C, 40 y 70% de H.R. se encuentra el menor tiempo de desarrollo (64 días), un moderado tiempo de oviposición por parte de las hembras, 50 días en 40% de H.R. y 32 días en 70%, y se dan las mayores cantidades de huevecillos con el menor porcentaje de mortalidad - en 32°C y 40% de H.R., por lo que desde cualquier perspectiva consideramos este último ambiente como el más apropiado para cultivar y desarrollar a P. truncatus en el laboratorio, seguido de 32°C y 70% de H.R. que sería el punto de coincidencia con Watters (1983) y solo en cuanto a la temperatura con Shires (1979).

Estas discrepancias pueden deberse a lo que Hodges (1986) explicó como "ligeras" diferencias en el método experimental y a lo que Bell y Watters (1982) calificaron como variaciones en el grado de embalaje del alimento molido, ya que según Cowley et al. (1980), existen notables diferencias en la conducta y desarrollo entre los barrenadores que tienen el alimento fijo en una mazorca como están los granos de maíz originalmente y a granel, en los que P. truncatus tiene más dificultades de apoyo para penetrar a los granos. Valdría la pena considerar que el estudio del ciclo de vida realizado por Bell y Watters en 1982, usó cepas de insectos obtenidas de la ciudad de México en 1975, los cuales fueron mantenidos en el Canadá con maíz Spancross y Golden Beauty a 30°C y 70% de H.R. para experimentar posteriormente con ellos en 50 mg de maíz dulce molido, así como en cuatro variedades de maíz de campo; el material fue empacado y presionado con corcho en pequeños viales, los cuales se colocaron en ambientes logrados con incubadoras y soluciones de KOH y agua de acuerdo al método de Solomón (1951), Shires (1979 y 1980) utilizó insectos obtenidos de Nicaragua, mantenidos en Inglaterra en maíz amarillo americano, el cual fue hecho de harina sin comprimirla como medio alimenticio para experimentación. Para las humedades ambientales usó una gran diversidad de soluciones salinas pero ninguna con hidróxido de potasio. Bajo esta perspectiva, nuestras experiencias en México, con maíz cacahuazintle, harina de maíz y trigo en proporciones de 1:1 están más cercanas a la realidad gránivora de P. truncatus que a los maíces y métodos utilizados por Bell y Watters (1982) y que a la experimentación hecha por

Shires (1979).

Así para Bell y Watters (1982) el ciclo de vida en 32°C y 70% de H.R. en granos de Canadá enteros y harina compactada, se lleva a cabo en 22-25 días; para Shires (1979, 1980) en harina de maíz amarillo americano sin compactar se lleva a cabo en 35.4 días. Nuestras experiencias demuestran que la harina de maíz y trigo compactada en el ciclo de vida tarda 64 días al igual que en 32°C y 40% de H.R. con la diferencia de que en este último ambiente existe menos mortalidad que en 32°C y 70% de H.R. como ya se discutió anteriormente. Demianyk y Sinha (1988) trabajando en cultivos de laboratorio con maíz Pioneer 3995, encontraron que el ciclo de vida de P. truncatus se lograba a los 24 días cuando el 55% de la población había alcanzado el adulto y a los 30 días todos los insectos habían llegado a su madurez en 30°C y 70% de H.R.

Estas interesantes diferencias que se presentan entre los distintos investigadores sobre el tiempo que se requiere para completar el desarrollo de huevecillo a adulto de P. truncatus, nos hace pensar que el ciclo de vida no solo se ve afectado por las temperaturas y humedades relativas ambientales, sino que también por el tipo de alimento (Bell y Watters, 1982), (Cowley et al., 1980) y aquí es en donde las variedades de maíz usadas (Howard, 1983), tipos de harinas, tal vez hasta grado de molienda y la forma en que son colocados estos medios, es decir en mazorca, en trozos, a granel o compactados, deben jugar un

un papel muy importante en esta discrepancia de resultados entre los investigadores. Así en las pruebas piloto que se desarrollaron para conocer la dieta más adecuada para P. truncatus (histograma No. 12) se demuestra que el ciclo de vida del insecto varía de acuerdo al tipo y forma de alimento, de manera que a 28°C y 60% de H.R. el desarrollo en maíz toluqueño y harina de maíz y trigo (1:1) dura 35 días, en maíz cacahuazintle 30 días y en maíz quebrado y harina de maíz hasta 40 días.

Parece ser que el grado de oviposición varía de acuerdo a la cantidad de alimento disponible por las hembras (Hodges, 1986), así, Bell y Watters (1982) reportan un promedio de 1.4 y 3.9 huevecillos por día; Shires (1980) obtuvo 6.6 por día y Nyakunga (1982) en yuca obtuvo 1.1 y 2.3 huevecillos por día. En nuestro estudio, debieron haber estado muy bien alimentadas las hembras, ya que obtuvimos un promedio de 6-8 huevecillos por día.

Estos puntos sobre la alimentación pueden ser muy importantes para el establecimiento y mantenimiento de los cultivos en el laboratorio. Para las condiciones ambientales fluctuantes en el campo y para futuros estudios de resistencia de variedades al daño de P. truncatus, los conocimientos que hasta ahora tenemos del ciclo de vida de P. truncatus volverán a ser tema de discusión, ya que cada variedad de granos (Ramírez y Silver, 1983), (Bell y Watters, 1982), (Howard, 1984), incluso cada textura del maíz (entero, quebrado, molido o hecho ha-

rina) (Howard, 1983) y hasta la cantidad de alimento disponible en relación a la población confinada en un frasco (Bell y Watters, 1982) puede presentar diferentes microambientes y distintas conductas de reproducción, alimentación y desarrollo en P. truncatus y seguramente lo que él hace en el campo y en el almacén, no es lo mismo que en las condiciones controladas del laboratorio. Es probable que aún no hallamos llegado a la comprensión final, completa y exacta de la biología de P. truncatus.

El punto más difícil de discusión al momento de comparar nuestros resultados con los de Bell y Watters (1982) y Shires (1979 y 1980) fue lo relacionado con el número de estadios larvarios que para la mayoría de los autores es de tres por el método de medición de cápsulas cefálicas. Bajo la misma técnica, Subramayam et al. (1985) y Demianyk y Sinha (1988) llegan a las mismas conclusiones, sin embargo, durante estos años, en múltiples repeticiones experimentales con P. truncatus, siempre hemos observado cinco estadios correspondientes a cuatro mudas que se han visto directamente bajo el microscopio. Aún Bell y Watters (1982) reconocen que algunas pocas larvas en sus experimentos sobre el ciclo de vida, requirieron más de tres estadios para alcanzar su máximo tamaño, así que excepcionalmente aceptan cuatro estadios. Sin embargo, considero que el hacer preparaciones de cápsulas cefálicas de larvas para luego ser medidas en micrómetro y aplicar estadísticas para determinar los estadios de desarrollo, me parecen sistemas más sofisticados, en el sentido literal de la palabra, que el contar directamente las mudas con cápsula cefálica que va dejando cada estadio larval.

C O N C L U S I O N E S

1. Las características morfo-fisiológicas y conductuales que Prostephanus truncatus exhibe, no han cambiado substancialmente durante su proceso adaptativo al barrenar maíz y otros productos comerciales, la evidencia es que aún conserva múltiples rasgos similares en la forma de barrenar, presencia de micetomas, la forma y hábitos alimenticios de la larva, así como otras características similares a las demás especies de la familia Bostrichidae, que en la que la mayor parte de ellas, aún son barrenadoras de maderas. De hecho, cuando P. truncatus es sometido a una presión selectiva libre, entre granos, tubérculos y maderas, el barrenador prefiere a estas últimas. Parece ser que existe un gran potencial adaptativo y una plasticidad conductual de la familia, que le ha permitido infestar toda una variedad de productos, entre los que están los granos de almacén. Así, P. truncatus ha presentado ligeras variaciones en sus costumbres y morfología con respecto a los demás miembros de su familia y ha obtenido una ventaja competitiva sobre las demás especies xilófagas y granívoras de la familia Bostrichidae, así, la voracidad y eficiencia con que daña a diversos productos en muy corto tiempo, se debe principalmente a un conjunto de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y evolutivas, derivadas de su nicho ecológico natural, esto es a la madera, donde la familia Bostrichidae normalmente vive y a la cual P. truncatus pertenece, sin embargo, en algún momento de su evo

lución éste último se adaptó a vivir en los granos de maíz.

2. De acuerdo a los resultados obtenidos en esta tesis y conforme a los estudios que otros investigadores han realizado sobre P. truncatus bajo condiciones controladas de laboratorio, se concluye que el daño que este barrenador produce en el maíz cacahuazintle es muy alto debido a que es una raza de maíz harinoso, opaco y no duro. De hecho, el éxito que P. truncatus tiene para desarrollarse y alimentarse de medios harinosos para efectos de cultivo e investigación, quedó demostrado en este trabajo, siempre y cuando este medio suelto sea comprimido o compactado suficientemente para que adultos y larvas puedan aprovecharlo. Sin embargo, se recomienda el uso de rebanadas de mazorca de maíz cacahuazintle para la adecuada reproducción, desarrollo y alimentación de los insectos en estudios de laboratorio.

Se presentaron tres etapas de infestación por P. truncatus en los granos, una inicial o de establecimiento en el medio, en la que el desarrollo sigue una secuencia ordenada desde huevecillo a adulto, la segunda etapa en la que la generación emergente continua el daño de los granos con un consecuente desfasamiento de diversos estados de desarrollo dentro del maíz y una tercera etapa en la que los granos están totalmente dañados con presencia de solo adultos que buscan la forma de emigrar a otra fuente de alimento. Esto en sólo 59 días a $31 \pm 1^\circ\text{C}$ y $78 \pm 5\%$ de H.R. con granos de maíz cacahuzintle a

un contenido de humedad entre 11-13%. De hecho, Prostephanus truncatus presenta una conducta de infestación de tipo intensiva más que extensiva, es decir que la población se concentra inicialmente en unos pocos granos, para posteriormente, en una segunda etapa de emergencia de adultos de primera y segunda generación, extender su daño a otros granos, hasta que los insectos terminan por pulverizar casi todos los maíces.

3. Existe una relación muy estrecha entre el desarrollo del insecto, que se lleva a cabo en el interior del grano y el grado de daño en éstos, determinado por las condiciones ambientales externas bajo las cuales se encuentran granos e insectos. De esta forma, se encontró que el desarrollo más propicio para los insectos, pero deteriorante para el grano o contaminante para el medio harinoso, suele estar en ambientes secos o semihúmedos de 40-70% de H.R. y a temperaturas de 26-32°C con contenido de humedad del grano de 11-13%. Desconocemos aún con certeza el efecto de la luz sobre Prostephanus truncatus, pero sabemos que las horas crepusculares y del amanecer propician la dispersión de los adultos, y que los granos opacos contribuyen mejor a la reproducción de los insectos.
4. Se presentan por vez primera, muchas evidencias morfológicas, de desarrollo, conductuales y de daño por Prostephanus truncatus, ilustradas mediante fotografías, dibujos, tablas y gráficas. Se pretende con ello, aclarar diversas dudas que

prevalecen sobre la biología y conducta acerca de este insecto, y contribuir con ello a la búsqueda de métodos más eficientes para controlar o combatir a esta plaga de América y Africa. Se han presentado resultados que demuestran la estrecha relación entre el alto grado de adaptación de Prostephanus truncatus al maíz de acuerdo a su estructura morfológica y conductual.

Los detallados estudios de anatomía y morfología externa e interna del insecto, y las evidencias radiofotográficas del daño que produce al maíz cacahuazintle, demuestran que P. truncatus es una especie de insecto que por selección natural y accidentalmente comercial, presenta una amplia distribución; su oligofagia sobre diversos materiales le han otorgado un notable éxito como plaga, además de su notable adaptación a diversos ambientes secos de temperaturas cálidas a templadas en el maíz de América y en forma silvestre en las selvas del continente, pero recientemente adaptado a las zonas tropicales de Africa, que determinan su distribución geográfica, en donde, en tiempos relativamente cortos, son capaces de producir prolíficas generaciones, a pesar de las altas mortalidades que en estados inmaduros se presentan en ciertos ambientes; factores que en su lucha por sobrevivir como especie y como individuo, lo hacen interesante para su estudio no sólo desde el punto de vista económico, sino más aún como un ente biológico en evolución.

Así, las adaptaciones que la especie ha obtenido son entre -
otras, un aparato bucal con palpos muy sensibles para perci-
bir el tipo de alimento, con unas mandíbulas adecuadas para
la masticación, un aparato digestivo con un sistema enzimá-
tico para transformar y aprovechar almidones y carbohidratos
conservando los micetomas característicos de la familia, un
ciclo de vida acorde a las condiciones de temperatura y hume-
dad ambiental en que se almacenan los granos, una conducta -
muy eficiente para penetrar, desarrollarse y reproducirse en
el maíz, una alta capacidad de infestación intensiva en el -
grano, que después se torna extensiva y un notable avance -
geográfico en su distribución, que en los últimos diez años -
se ha propiciado debido al intercambio comercial del maíz en
el mundo.

CONSIDERACIONES FINALES

1. Los factores ambientales de la temperatura y la humedad relativa son determinantes en el tiempo en que tarda en desarrollarse el insecto desde huevecillo a adulto, pero en Prostephanus truncatus, contrario a lo que sucede en la mayoría de los insectos de granos almacenados, la humedad relativa parece ser más decisiva tanto en el período de desarrollo como en la sobrevivencia del mismo. Bajo esta pauta ecológica, el insecto se ha ido distribuyendo y estableciendo en diversas regiones de América y África, no impidiéndole establecerse en temperaturas ambientales tan abajo como de 22°C ó tan altas como de 32°C, más aún, según otros autores puede sobrevivir y desarrollarse a un rango de temperaturas de 18.5 a 37°C, pero el factor limitante suele ser la humedad relativa del entorno, en el que abajo del 40% y arriba del 90%, no logra sobrevivir ni desarrollarse adecuadamente. Se sospecha que la intensidad de la luz debe jugar también algún papel destacado en la vida del insecto, ya que se ha observado que al amanecer y a la hora del crepúsculo, P. truncatus suele ser más activo y vuela torpemente hacia los últimos o primeros rayos de luz solar en una fototaxia frenética.
2. Se abren perspectivas para el estudio con más detalle de los factores críticos que limitan la oviposición, el desarrollo y la duración del ciclo de vida bajo condiciones estresantes de

temperatura, humedad y alimento, ya que esto permitiría buscar métodos sencillos de control ambiental, uso de variedades resistentes a su ataque, combate fisiológico, así como la comprensión del porqué su gran distribución y daños en Africa y su conducta y biología en términos de evolución adaptativa.

3. La temperatura y la humedad relativas no afectan cuantitativamente a las hembras en su frecuencia de oviposición, por lo que parece ser que existe un mecanismo fisiológico interno de ovipostura, que no se ve afectado por las condiciones ambientales antes mencionadas, sin embargo, habría que realizar un estudio del efecto de la luz en la oviposición de P. truncatus. Por otra parte, la relación directa, que se probó en esta tesis, entre la temperatura y humedad relativa, con respecto al tiempo en que duran ovipositando las hembras en un medio de cultivo harinoso, y confirmado con las pruebas realizadas en maíz cacahuazintle (grano harinoso por excelencia), demuestran que P. truncatus se halla con mayor oportunidad de sobrevivencia y adaptación en ambientes secos y templados (22 y 27°C / 40% H.R.) que en tropicales-húmedos (32°C y 90% de H.R.), también oviposita y se desarrolla en menor grado en ambientes tropicales secos (32°C y 40% H.R.) y tropicales subhúmedos (27 y 32°C, 40 y 70% de H.R.) pero nunca fríos (18°C) ni muy secos ni muy húmedos.

4. Surgen indudablemente, muchas otras interrogantes de lo que

este insecto provoca en el campo y en el almacén, que serían temas de interés para llevarlos a cabo en estos sitios o en el laboratorio.

Ante las plagas que nos afectan, siempre surge la pregunta y el interés de ¿Cómo combatirlos y las investigaciones sobre este enfoque no se han dejado esperar entre los diversos investigadores del mundo, para tratar de resolver el problema económico y de combate de Prostephanus truncatus. Si esta tesis, con observaciones, experimentaciones y resultados sobre la biología del insecto, sirve de base para tales ensayos, habrá tenido alguna utilidad, y si todo este esfuerzo conjunto, mundial, para detener los daños que produce el gran barrenador de los granos, entre los productores de Africa y América, se logra, entonces estaremos cumpliendo con nuestra responsabilidad de profesionistas al bienestar y alimentación de nuestra sociedad, ya que nuestro lema latinoamericano de Vasconcelos, universal, de "Por mi Raza Hablara el Espíritu" vive, piensa y trabaja dentro de mí.

LITERATURA CONSULTADA

- ADAMS, J. M. and SHIRES, S.W. A comparison of the weight loss caused by development of Sitophilus oryzae L. in wheat and Prostephanus truncatus (Horn) in maize. Artículo mecanografiado. 6 p. 1977.
- ADEM, E., URIBE, R.M. and WATTERS, F.L. Responses to Prostephanus truncatus (Coleoptera: Bostrichidae) and Tribolium castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae) to gamma radiation from Co. The Canadian Entomologist. no. 111:1111-1114. 1979.
- ADEM, E. y BOURGES, H. Cambios en la concentración de algunos componentes del grano de maíz infestado por Prostephanus truncatus (Horn); Sitophilus zeamais Mots. y Sitotroga cerealella Oliver. Archivos Latinoamericanos de Nutrición (México). 31(2):270-286. 1981.
- AGUILAR, J. Como cuidar nuestro maíz. Grupo de Estudios Ambientales, A.C. (México, D.F.). 1987. 19 p.
- AGUILERA PEÑA, M. Evaluación de daños por insectos al maíz almacenado en mazorca en San Luis Taximay, Edo. de México. In Reunión Nacional sobre la problemática postcosecha de granos y semillas. 1a., Irapuato, Gto., 1985. Resúmenes. CINVESTAV IPN, 1985. E-2, p.2.

- AGUILERA PEÑA, M. Evaluación de resistencia en genotipos de maíz, Zea mays (L.) al barrenador Prostephanus truncatus (Horn): (Coleoptera: Bostrichidae). Tesis de Lic. en Biología. UNAM, Fac. de Ciencias. 96 p. 1987.
- AGUILERA PEÑA, M. Entomofauna de maíz almacenado en bodegas rurales del Estado de Guanajuato. In Congreso Nacional de Entomología, 23 avo., Morelia, Mich., 1988. Resúmenes. Sociedad Mexicana de Entomología. 1988. p. 331.
- ALBORES GAMBOA, M. y FERNANDEZ DE JAUREGUI SALGADO, I. Dinámica de poblaciones de insectos de granos almacenados, especialmente referido al maíz y a Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Seminario de Investigación, Depto. de Biología. México, D.F., UAM-Iztapalapa. 1982. 54 p.
- AL-SOUSI, A.J., EL-HAIDARI, H. and AL-ANI, J.N. Larger grain borer on maize. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Plant Protection Bulletin. no.18:93-94.1970.
- AMOURIQ, L. Repports entomologo-Cryptogamiques; éléments sur les relations entre insectes et champignons. Paris, Hermann, 1973.230p.
- ARIAS VELAZQUEZ, C. y DELL'ORTO TRIVELLI, H. Distribución e importancia de los insectos que dañan granos y productos almacenados en Chile. Food and Agriculture Organization of the United Nations e Instituto de Investigaciones Agrope-

cuarias, Santiago de Chile. 1983.67p.

ARNETT JUNIOR, R.H. "Bostrichidae (Latreille, 1802), the bostrichid powder-post beetles". In _____, the Beetles of the United States. Ann Arbor, Michigan, USA. The American Entomological Institute. 1971. Fascicle No. 63. pp.581-588.

ARNETT JUNIOR, R.H. Present and future systematics of the Coleoptera in North America. Ann. Ent. Soc. Am. 60(1):162-170.1967.

ATTENBOROUGH, D. La vida en la Tierra; una historia natural. New York, USA. Fondo Educativo Interamericano. 1981. 320p.

AUTRY, H.V. and CUTKOMP, L.K. Report to the United Republic of Tanzania on a mission on the larger grain borer (Prostephanus truncatus) in the country. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1982.40p.

BACK, E.A. and COTTON, R.T. Stored-grain pests. U.S. Department of Agriculture. Farmers' Bulletin no.1260.1922.13p.

BACK, E.A. Conserving corn from weevils in the Gulf coast states. U.S. Department of Agriculture. Farmers' Bulletin no.1029. 1931. pp. 18-19.

BELL, R.J. and WATTERS, F.L. Environmental factors influencing the development and rate of increase of Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) on stored maize. J. stored. Prod. Res. 18:131-142. 1982.

- BENIN, SERVICE NATIONAL DE LA PROTECTION DES VEGETAUX. Attention! nouveau parasite du maïs; Le capucin du maïs (Prostephanus truncatus). Porto Novo. Ministère du développement rural et de l'action cooperative, Direction de L'Agriculture. 2p. 1985.
- BENIN, INTL. INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. Biological control of the larger grain borer, Prostephanus truncatus. A proposal prepared for the United Nations Development Programme. 1989. 12p. (texto mecanografiado).
- BORROR, D.J., DeLONG, D.M. and TRIPLEHORN, C.A. An Introduction to the study of insects. 4a. ed. New York, USA, Holt, Rinehart and Winston, 1976. pp. 6-37, 335-344 y 398-399.
- BOURGES, H. y ADEM, E. Efecto de la infestación por Prostephanus truncatus, Horn., Sitophilus zeamais, Mots, y Sitotroga cerealella, Oliver, en la concentración de aminoácidos en la proteína del maíz. Archivos Latinoamericanos de Nutrición (México). 33(1):83-95. 1983.
- BÖYE, J. Autökologische Untersuchungen zum Verhalten des Grossen Kornbohrers Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) in Costa Rica. Tesis Lic. Agr. Kiel, Alemania Occidental, Cristian-Albrechts- Universität Kiel. 1988. 195p.
- BÖYE, J. et al. The possibilities for biologically integrated control of the larger grain borer (Prostephanus truncatus) in Africa. Workshop on control and containment of the larger

- grain borer. 1a. Arusha, Tanzania, Mayo 16-21, 1988.
v. 1, s.p. (texto mecanografiado)
- BRUCE, W.A. Mites as biological control agents of stored products pests. In _____ Conference at the University of California, Berkeley, 1982. Proceedings. Hoy, M.A., Cunningham, G.L. and L. Knutson Ed. 1982. pp.74-78.
- CALDERON, M. and DONAHAYE, E. Israel first record of Prostephanus truncatus in stored grain. Food and Agriculture. Organization of the United Nations. Plant Protection Bulletin. 10(2):43. 1962.
- CANUL GONZALEZ, O.R. Insectos asociados al maíz almacenado en zonas rurales del Estado de Quintana Roo. In _____ Congreso Nacional de Entomología, 21 abo, Monterrey, Nuevo León, 1986. Resúmenes. Sociedad Mexicana de Entomología. 1986. pp.188 y 189.
- CASTRO GARRIDO, M.G. Evaluación de tres insecticidas como protectores de granos almacenados contra el ataque de Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) y Prostephanus truncatus Horn. (Coleoptera: Bostrichidae). Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas, Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados. 64p. 1970.
- CAULLERY, M. Le parasitisme et la Symbiose. 2a. ed. Paris, Doin, 358p. (encyclopédie Scientifique). 1950.

- COLOQUIO INTERNACIONAL SOBRE CONSERVACION DE SEMILLAS Y GRANOS ALMACENADOS, OAXTEPEC, MOR., MEXICO, 1980. Memorias, MORENO MARTINEZ, E. y RAMIREZ MARTINEZ, M. (Comp.), UNAM, Instituto de Biología, 510p. 1983.
- COTTON, R.T. and GOOD, N.E. Annotated list of the insects and mites associated with stored grain and cereal products, and of their arthropod parasites and predators. U.S. Department of Agriculture. Miscellaneous Publication. No.258.pp.26 y 57. 1937.
- COTTON, R.T. Pests of stored grain products. 2a. ed. s.l., Burgess,pp.31-34. 1963.
- COWLEY, R.J., HOWARD, D.C. and SMITH, R.H. The effect of grain stability on damage caused by Prostephanus truncatus (Horn) and three other beetle pests of stored maize. J. Stored Prod. Res.16:75-78. 1980.
- CHAPMAN, R.F. The insects, structure and function. 3rd. London, Hodder and Stoughton, 919p. 1982.
- CHAUVIN, R. El mundo de los insectos. Trad. de la 1a. ed. francesa por Gregorio Ochoa. New York, Mc Graw-Hill,256p. 1967.
- CHITTENDEN, F.H. On the distribution of certain imported beetles. Insect Life. 7:326-332. 1895.

_____. Insects affecting stored and other products in Mexico. U.S. Department of Agriculture, Division of Entomology. Tech. Ser. Ent. Bull. No.4.pp.27-30. 1896.

_____. Papers on insects affecting stored products, the Lesser grain-borer, the Larger grain-borer. U.S. Department of Agriculture, Bureau of Entomology. Bull. no.96, Part.III.pp.48-52. 1911.

DARWIN, C. El origen de las especies por medio de la selección natural. Editado por la UNAM, Cd. Universitaria. 2a.ed. México,D.F., UNAM, Dirección General de Publicaciones, Tomo I. 276p. 1969.

DELGADO M., N. y HERNANDEZ LUNA, R. Control del gorgojo de la semilla del maíz (Prostephanus truncatus (Horn)). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México. Folleto Misceláneo No.4.pp.26-29. 1951.

DEMIANYK, C.J. and SINHA, R.N. Bioenergetics of the larger grain borer, Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae), feeding on corn. Ann. Ent. Soc. Amer. 81(3):449-459. 1988.

DICK, K. A review of insect infestation of maize in farm storage in Africa with reference to the ecology and control of Prostephanus truncatus. Overseas Development - Natural Research Institute, Bulletin no.18.42p. 1988.

- DOBIE, P. A simple curve describing the development pattern of some beetles breeding on stored products. J. Stored Prod. Res. 14:41-44. 1978.
- DOBIE, P., HAINES, C.P. HODGES, R.J. and PREVETT, P.F. Insects and arachnids of Tropical Stored Products, their biology and identification (a training manual). United Kingdom. Tropical Development and Research Institute, Storage Departmente. pp.31, 34-36, 85 y 120. 1984.
- FISHER, W.S. "Prostephanus truncatus (Horn)". In _____. A revision of the North American species of beetles belonging to the family bostrichidae. U.S. Department of Agriculture. Miscellaneous Publication. No. 698. pp. 26 y 36-40. 1950.
- FLORES Y BERMUDEZ, R. Análisis radiográfico de infestación interna de maíz almacenado. Tesis Lic. Física. México, D.F. UNAM. Fac. de Ciencias. 165p. 1975.
- FLORES VEGA, M. Distribución de los insectos de almacén en México. In _____ Simposio Nacional de Parasitología Agrícola, México, D.F. 1977. Memorias. México, D.F. pp. 141-166. 1977.
- FRANCO GAONA, A. Identificación de la entomofauna de importancia económica en un ejido de la región de Atoyac de Alvarez, Guerrero. In _____ México, D.F. UNAM. Facultad de Ciencias. Informe de Biologías de Campo 1984. México

- D.F., 65p. (texto mecanografiado). 1984.
- FREUDE, H., HARDE, K.W. und LOHSE, G.A. Die Käfer Mitteleuropas; Familie: Bostrichidae (Bohrkäfer). Krefeld, Alemania, Goecke & Everts, s.f. no. 69:13-27.
- GARDUÑO HERNANDEZ, L. y CABRERA RODRIGUEZ, J. Fluctuación poblacional de la entomofauna asociada al maíz almacenado en un almacén rústico en Xococotla, Morelos. In _____ Congreso Nacional de Entomología, 23avo, Morelia, Mich., 1988. Resúmenes. Sociedad Mexicana de Entomología. p.333. 1988.
- GARZA GARCIA, R. Diagnóstico entomológico y fitopatológico en el cultivo de maíz, Zea mays L., en la región de Huichapan, Hgo. In Congreso Nacional de Entomología, 23avo, Morelia, Mich., 1988. Resúmenes. Sociedad Mexicana de Entomología. p.308. 1988.
- GILES, P.H. and LEON V., O. Infestation problems in farm-stored maize in Nicaragua. In _____ International Working Conference on Stored-Products Entomology, 1st., Savannah, Georgia, USA, 1974. Proceedings. US Department of Agriculture. pp.68-76. 1974.
- GILES, P.H. Summary of information on Prostephanus truncatus (Horn) in Nicaragua obtained during a four years assignment at SEPRAL, La Calera, Managua, 1972-1976. In _____ GASGA Workshop on the larger grain borer Prostephanus

truncatus, Slough, U.K. TPI, February 1983. Proceedings. Eschborn, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. GmbH. pp.133-136. 1984.

GOLOB, P. A practical assessment of food losses sustained during storage by small holders farmers in the Shire Valley Agricultural Development Project area of Malawi 1978/79. Tropical Product Institute. Report G. 154.47p. 1981.

_____ and HODGES, R. Study of an outbreak of Prostephanus truncatus (Horn) in Tanzania. Tropical Products Institute. Report G 164. 23p. 1982.

_____ et al. Preliminary field trials to control Prostephanus truncatus (Horn) in Tanzania. Tropical Stored Products Information No. 45:15-17. 1983.

_____. Prostephanus truncatus (Horn) the larger grain borer, in East Africa, the development of a control strategy. In _____ International Working Conference on Stored Product - Entomology, 3rd. Manhattan, Kansas, USA, 1983. Abstracts. Kansas State University. pp.711-721. 1983.

_____. Preliminary field and laboratory trials to control Prostephanus truncatus infestations of maize. In _____ GASCA Workshop the Larger Grain Borer Prostephanus truncatus (Horn), Slough, U.K. TPI, 1983. Proceedings. Eschborn, Deutsche GTZ. 1984. pp.62-70.

GONZALEZ HERNANDEZ, H. y SANCHEZ H., A. Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) y Sitophilus zeamais Mots. (Coleoptera: Curculionidae) en la mazorca de maíz e insectos del elote en Montecillos, Texcoco, Edo. de México. In _____ Congreso Nacional de Entomología, 21avo. Nuevo León, Monterrey, 1986. Resúmenes. Sociedad Mexicana de Entomología. pp.191-192. 1986.

GRIFFIN, D.R. Estructura y función animal. Trad. de la 1a. ed. inglesa por Raúl J. Blaisten. México, D.F., Continental, marzo 1965. 175p. (Serie Moderna de Biología).

GRUPO DE ESTUDIOS AMBIENTALES. Búsqueda de alternativas tecnológicas para la conservación del maíz y el chile en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca. Informe correspondiente al Subproyecto III. México, D.F. Grupo de Estudios Ambientales, A.C. (Texto mecanografiado) 95p. 1989.

GUARINO RODRIGUEZ, G. Aspectos sobre almacenamiento de granos en el medio rural en México. In _____ Coloquio Internacional sobre conservación de semillas y granos almacenados, Oaxtepec, Mor., 1980. Memorias. UNAM, Instituto de Biología. pp.130-146. 1980.

GURNEY, W.S.C., NISBET, R.M. & LAWTON, J.H. The systematic formulation of tractable single-species populations models incorporating age structure. J. Anim. Ecol. 52: 479-495. 1983.

- HALFFTER, G. La entomofauna americana, ideas acerca de su origen y distribución. In _____ Congreso Latinoamericano de Zoología, 2o, Sao Paulo, Brasil, 1962. Memorias. Sociedad Latinoamericana de Zoología. 95p. 1962.
- HARRIS, K.L. and LINDBLAND, C.J. Postharvest grain loss assessment methods; A manual of methods for the evaluation of postharvest losses. American Association of Cereal Chemists. 193p. 1978.
- HALSTEAD, D.G.H. Changes in the status of insect pests in storage and domestic habitats. In _____ International Working Conference on Stored Products Entomology, Ist, Savannah, Georgia, USA. Proceedings. pp.142-153. 1974.
- HAUB, C. and KENT, M.M. World population data sheet; Population Reference Bureau. Washington, D.C. p. irr.
- HERNANDEZ LOPEZ, A. y ROJO ORTIZ, G.M. Estimación de los daños producidos por las principales plagas de insectos en los granos almacenados de maíz y trigo en San Mateo Capulalpan de Méndez, Dto. de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. México D.F., UAM - Xochimilco, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Proyecto de Servicio Social. (trabajo mecanografiado) 157p. 1985.

- HERNANDEZ-X., E. Maize granaries in Mexico. Cambridge, Mass., Harvard University. Botanical Museum Leaflets. 13(7): 153-192. 1949.
- HODGES, R.J. A review of the biology and control of the greater grain borer Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Tropical stored Products Information. No.43:3-9. 1982.
- _____, HALL, D.R., GOLOB, P. and MEIK, J. Responses of Prostephanus truncatus to components of the aggregation pheromone of Rhyzopertha dominica in the laboratory and field. Ent. Exp. & Appl. No. 34:266-272. 1983.
- _____, DUNSTAN, W.R., MAGAZINI, I. and GOLOB, P. An outbreak of Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) in East Africa. Protection Ecology. 5:183-194. 1983.
- _____. Field ecology and monitoring of Prostephanus truncatus (Horn). In _____ GASGA Workshop on the Larger Grain Borer Prostephanus truncatus (Horn), Slough, U.K., TPI, february 1983. Proceedings. Eschborn, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. GmbH. 1984. pp.32-48.
- _____ and MEIK, J. Infestation of maize cobs by Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) aspects of biology and control. J. Stored Prod. Res.20: 205-213. 1984.

_____, MEIK, J. and DENTON, H. Infestation of dried cassava (Manihot esculenta Crantz) by Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 21(2): 73-77. 1985.

_____. The biology and control of Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) a destructive storage pest with an increasing range. J. Stored Prod. Res. 22(1): 1-14. 1986.

HONDURAS, MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES. Insectos de almacenamiento de granos básicos alimenticios en Honduras. "Proyecto Postcosecha", Tegucigalpa, Honduras, 1984. 5p. (texto mecanografiado).

HOLLINGS, C.S. The components of predation as revealed by a study of small mammal predation of the pine sawfly. Can. Ent. 91:293-320. 1969.

HOPPE, T. Storage insects of basic food grains in Honduras. Trop. Sci. 26: 25-38. 1986.

HORN, G.H. Revision of the Bostrichidae of the United States. Proceedings of the American Philosophical Society. 17:540-555. 1878.

HOWARD, D.C. The population biology of Prostephanus truncatus (Horn). Ph. D. thesis. Reading. U.K., University, Depart-

ment of Zoology. 1983. p.s.n.

_____. The ability of Prostephanus truncatus to breed on different maize varieties. In _____ GASGA Workshop on the Larger Grain Borer Prostephanus truncatus (Horn), Slough, U.K., TPI, february 1983. Proceedings. Eschborn Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. GmbH. 1984. pp. 17-31.

HOWE, R.W. A parameter for expressing the suitability of an environment for insect development. J. Stored Prod. Res. 7:63-65. 1971.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA. Re dacción de referencias bibliográficas; normas oficiales del IICA. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Bibliotecología y Documentación No.4. 1964. 24p.

ILTIS, H.H. Domestication of maize and the origins of agricul ture. In _____ Botany Colloquium, Madison, Wisconsin, University, Department of Botany, 1986. abstracts. 1p.

JAUREGUI, E. Aspectos climáticos de almacenamiento de granos en México. In _____ Annual Meeting of the Pacific Divis ion, AAAS, 64th, Logan, Utah, USA, 1983. Proceedings - Utah State University. 1983. pp. 19-23.

- JIMENEZ-VILLACORTA, A.M.M. y RUIZ-MANDUJANO, L.M. Estimación de los daños producidos por las principales plagas de insectos en los granos almacenados de frijol (Phaseolus vulgaris L.) y haba (Vicia faba L.) en San Mateo Capulpan de Méndez, Oaxaca. México, D.F., UAM-Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Proyecto de Servicio Social. 141p. 1986. (trabajo mecanografiado).
- KAREL, A.K. and MPHURU, A.N. Bionomics and control of the larger grain borer. Bull. Res. Inf. 1(3):3-5. 1981.
- KHARE, B.P. and Mills, R.B. Development of Angoumois grain moths in kernels of wheat, sorghum, and corn as affected by site of feeding. J. Econ. Ent. 61(2):450-452. 1968.
- KOKUBU, H. y R.J. HERRERA. Reconocimiento de los insectos de productos almacenados en el Estado de Tabasco. Folia Entomol. Mex. No.54:66. 1982.
- KRALL, S. A new threat to farm-level maize storage in West Africa: Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Trop. stored Prod. Inf. 50:26-31. 1984.
- KULASH, W.M. Save stored grain from insect pests. Bulletin of the North Carolina Agricultural Experimental Station. No. 389:1-24. 1954.

LABORIUS, G.A., LELIVELDT, B. und KEIL, H. Der große Kornbo-
rer, Prostephanus truncatus (Horn); ein neuer
Vorratsschädling in Afrika. Der Praktische Schadlings-
bekämpfer. 9:179-186. 1985.

LEPPICK, E.E. Evolutionary relationship between entomophilous
plants and intophilous insect. Evolution. 11:466-481.
1957.

LESNE, P. Revision des Coleopterés de la famille des Bostry-
chides. Annales de la Société Entomologique de France.
66:319-350. 1897.

LESNE, P. Contribution a l'étude des bostrychides de L'Amérique
Centrale. Revue Française d'Entomologie. 6:91-123. 1939.

LEVINS, R. and LEWONTIN, R. The dialectical biologist. Cam-
bridge, Harvard University. 1985. pp.32-44.

LIMA, C.P.F. DE. Appropriate techniques for use in the assess-
ment of country loss in stored produce in the tropics.
Trop. Inf. 38. 1979. pp.21-26.

LIMON MARQUEZ, M.A. y CARMONA WALKUP, G. Desinfestación de
maíz por radiación a escala piloto. VIII Técnica radio-
gráfica para la observación de infestación interna en -
granos. Instituto Nacional de Energía Nuclear. PT-F-7
4-11. 10p. 1974.

- LOAIZA M., V. Biología y pruebas preliminares en el combate de Ephestia cautella. Fitófilo, México. 35:48p. 1962.
- LORENZ, K. Evolución y modificación de la conducta. Trad. de la 3ed. inglesa por Carlos Gerhard. México, Siglo veintiuno, 1971. 120 p.
- LUEVANO ESCUDERO, R. Entomofauna de los sistemas de almacenamiento de granos de Almacenes Nacionales de Depósito Sociedad Anónima en el Estado de Michoacán. Tesis Lic. Biol. Morelia, Michoacán, México, Escuela de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1985. 84p.
- LUM, P.T.M. and BAKER, J.E. Ultraestructure of accessory cells in Sitophilus oryzae (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Ann. Ent. Soc. Amer. 75(6): 665-667. 1982.
- McGUIRE, J.V. and CARANDALL, B.S. Survey of insect pests and plant diseases of selected food crops of the Mexico, Central America and Panama. U.S. Department of Agriculture. 1967. pp.51 y 96.
- McFARLANE, J.A. Pest management strategies for Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) as a pest of stored maize grains: present status and prospects. Trop. Pest. Man. 34:121-132. 1988.

- MANGELSDORF, P.C. Corn, its origin, evolution and improvement. Cambridge, Mass. The Belknap Press of Harvard University, 1974. 262 p.
- MEXICO, CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS DEL NORTE-CENTRO, CAMPO AGRICOLA EXPERIMENTAL PABELLON, PROGRAMA DE AGROCLIMATOLOGIA. Boletín agrometeorológico. SARH, INIFAP, Zona Centro. 1(1-6):p.s.n. 1986.
- MEXICO, DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL. Principales plagas de los granos almacenados. México D.F., Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1980. pp.25-28.
- MEXICO, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS, CAMPO EXPERIMENTAL PABELLON. Guía para la asistencia técnica agrícola área de influencia del campo agrícola experimental Pabellón. México, SARH, INIA, 1980. pp.143-176.
- MEXICO, SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. Normales climatológicos, período 1941-1970. México D.F., SARH. 1982. pp. 3 y 21.
- MEXICO, SISTEMA NACIONAL PARA EL ABASTO. Inventario nacional, almacenes y bodegas; granos y oleaginosas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. (s.f.) (s.p.).

- MILIMO, J.M. Seminar on the larger grain borer (Prostephanus truncatus). In _____ Seminar on the larger grain borer, Manhattan, Kansas State University, 1984. 3p. (artículo mecanografiado).
- MILLS, R.B. and RODRIGUEZ R, R. Stored grain insects attacking maize on the Yucatan Peninsula. J. Kans. Ent. Soc. 50: 580. 1977.
- MORALES MURGUIA, V.M. Formas de almacenamiento y fluctuación de las poblaciones de insectos que dañan al maíz almacenado en Corupo, Michoacán. Tesis Lic. Biol. UNAM, ENEP-Iztacala, 1985. 132p.
- MORENO MARTINEZ, E. Los problemas de conservación de granos y semillas en México. Ciencia y Desarrollo, México. 9(58): 1-20. 1984.
- MORENO MARTINEZ, E. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM, Instituto de Biología, 1984. 383 p.
- MPHURU, A.N. Larger grain borer Prostephanus truncatus (Horn): (Bostrichidae: Coleoptera): a review. Kansas State University, Department of Entomology, Stored Products Insects Library, (s.a.). no. A3-3: 6p. (texto mecanografiado).
- MUSHI, A.M. The larger grain borer (Prostephanus truncatus (Horn) problems in Tanzania. In _____ GASGA Workshop on the Larger Grain Borer Prostephanus truncatus, Slough,

U.K., TPI, february 1983. Proceedings. Eschborn, Deutsche, GTZ. GmbH., 1984. pp. 71-87.

NARDON, P. Etude des interactions physiologiques (Poids, fertilité, durée de développement) et genetiques entre l'hôte et les symbiotes chez le coleoptere curculionide Sitophilus sasakii (=S. oryzae). Thèse Docteur D'Etat es-Sciences Naturelles Lyon, France, Université Claude Bernard, INSA, 1978. 2 Fascicules. 171p. +Annexes.

NYAKUNGA, B.Y. The biology of Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) on cassava. Sc.M. Thesis. Reading University, U.K., 1982. 76p.

OLEA FRANCO, A. La teoría del equilibrio puntuado; una alternativa al neodarwinismo. Ciencias.México, UNAM, 1986. pp. 46-59.

OKUMURA, G.T. and STRONG, R.G. Insects and mites associated with stored foods and seeds in California. Part. II. The California Department of Agriculture. Bull. no.54:13-23.

PEDERSEN, J.R. and BROWN, R.A. X-Ray microscope to study behavior of internal-infesting grain insects. J.Econ. Ent. 53(4):678-679. 1960.

PEREZ MENDOZA, J. y RODRIGUEZ RIOS, R. Incidencia de plagas de almacén y daños ocasionados por infestaciones en cam

po al maíz en Campeche. In _____ Congreso Nacional de Entomología, 20avo., Cd. Victoria, Tamps., 1985. Resúmenes. Sociedad Mexicana de Entomología. 1985.p.s.n.

PIXTON, S.W. The importance of moisture and equilibrium relative humidity in stored products. Tropical Stored - Products Information. No.43:16-29. 1982.

PLANK, H.K. Biology of the bamboo powder-post beetle in Puerto Rico. Puerto Rico Federal Agricultural Experimental Station. Bulletin No.44. 1948. p.s.n.

POSADA O., L. et al. Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia. 3a. ed. Boletín Técnico. No.43.484p. 1976.

QUINTANA, R.R., WILBUR, D.A., y YOUNG, W.R. Insectos de granos almacenados que infestan al maíz en el campo. Agricultura Técnica en México. 10:40-43. 1960.

RAMIREZ GENEL, M. y BARNES, D. Los insectos y sus daños a los granos almacenados. México, Secretaría de Agricultura y Ganadería, Oficina de Estudios Especiales. Folleto Misceláneo No.6. 39p. 1958.

_____. Protectores de granos; Toxicidad comparativa de - cuatro materiales. Agricultura Técnica en México. 10: 36-38. 1960.

_____. Dos nuevos protectores de granos para zonas templadas y tropicales. Agricultura Técnica en México. 12:25-27. 1961-1962.

_____. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. 7a. México, D.F., Continental, 1980. 300p.

RAMIREZ MARTINEZ, M. y RAMOS ELORDUY DE CONCONI, J. Oviposición y emergencia de Prostephanus truncatus (Horn) según la dosis aplicada con rayos gamma. In _____ Congreso Nacional de Entomología, XIV, Nuevo León, Monterrey. marzo, 1979. Resúmenes. Folia Entomológica Mexicana. No. 43: 9. 1980.

RAMIREZ MARTINEZ, M. Ciclo del barrenador del maíz, Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). In _____ Congreso Nacional de Entomología, XVI, Cholula, Puebla. Resúmenes. Folia Entomológica Mexicana. No. 48: 11-12. 1981.

_____. Insectos y almacenamiento de granos. Naturaleza, México. 12(2):92-102. 1981.

RAMIREZ, M.M. and SILVER, B.J. Deterioration and damage produced in corn grains in Mexico by Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). In _____ International Biodeterioration Symposium, 5th., Aberdeen, Scotland, U.K., 1981. Papers. Chichester, U.K., John

Wiley & Sons, Oxley, T.A. and Barry S. (Ed.), 1983.
pp. 582-591.

RAMIREZ MARTINEZ, M. Biología e identificación de insectos de granos almacenados. In _____ PROGRAMA UNIVERSITARIO DE ALIMENTOS, UNAM. Manejo y conservación de granos y semillas. México, D.F., 1986. 47 p. (apuntes para curso).

RAMOS-ELORDUY DE CONCONI, J. y RAMIREZ MARTINEZ, M. Efecto de la razón de la dosis de los rayos gamma sobre la oviposición y emergencia de Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Anales del Instituto de Biología, Serie Zoológica. 50(1):363-373. 1979.

RAMOS-ELORDUY DE CONCONI, J. et al. Comparative effects on life cycle and reproductive degree of Oryzaephilus surinamensis L. and Prostephanus truncatus H. provoked by the action of a laser light. In _____ International Biodeterioration Symposium, 5th, Aberdeen, Scotland, U.K., 1981. Papers. Chichester, U.K., John Wiley and Sons, Oxley, T.A. and Barry S. (ed.), 1983. pp.592-608.

REES, D.P. Life history of Teretriusoma nigrescens Lewis (Coleoptera: Histeridae) and its ability to suppress populations of Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). J. stored Prod. Res. 21(3):115-118. 1985.

- REES, D.P. Observations of the ecology of Teretriusoma nigrescens and its prey Prostephanus truncatus infesting farm stored maize in Yucatan, Mexico. U.K., Overseas Development Natural Resources Institute, Project No.A 1728. Reporte interno de su visita de Jul-Agos. 1988. 32p. (Trabajo mecanografiado).
- RIOS IBARRA, R.M. Caracterización del sistema postcosecha del cultivo de maíz e insectos de almacén que lo infestan en dos agrosistemas del distrito de desarrollo rural integral 078 de Atlacomulco, Edo. de México. In _____ Congreso Nal. de Entomología, 22avo. Morelia, Mich., 1988. Resúmenes. Sociedad Mexicana de Entomología, 1988. p. 330.
- RILEY, C.V. The insects occurring in the foreign exhibits of the World's Columbian Exposition. *Insect Life*. 6:213-227. 1894.
- RODRIGUEZ LAGUNES, D.A. Evaluación de polvos vegetales y minerales para el combate del barrenador mayor de los granos Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) en maíz almacenado. Tesis de Ing. Agrónomo, Universidad Veracruzana, UDIBAC., Fac. de Ciencias Agrícolas. Córdoba, Ver. 69p. 1987.
- ROJAS-LEON, J.C. Notas sobre los insectos que dañan al maíz almacenado en "La frailesca", Chiapas, México. *Folia Entomol. Mex.* No.76:187-193. 1988.
- ROWELL, H.F. Los sentidos de los animales. In _____ René Kister-Genève ed. *La Vida*. Barcelona, Enciclopedia del mundo viviente, T. II, Mundo Animal. 1961. pp.65-68.

SANCHEZ ARROYO, H. y LAGUNES TEJEDA, A. Actividad de polvos minerales para el combate de Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) en maíz almacenado. In _____ Congreso Nacional de Entomología, 23avo., Morelia, Mich., 1988. Resúmenes. Sociedad Mexicana de Entomología. 1988. p. 343.

SHARIFI, S. and MILLS, R.B. Radiographic studies of Sitophilus zeamais Mots. in wheat kernels. J. stored Prod. Res. 7:195-206. 1971.

SHIRES, S.W. and McCARTHY, S. A character for sexing live adults of Prostephanus truncatus (Horn) (Bostrichidae, Coleoptera). J. stored Prod. Res. 12:273-275. 1976.

SHIRES, S.W. Ability of Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) to damage and breed on several stored food commodities. J. stored Prod. Res. 13:205-208. 1977.

_____. Influence of temperature and humidity on survival, development period and adult sex ratio in Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera, Bostrichidae). J. stored Prod. Res. 15:5-10. 1979.

_____. Life history of Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) at optimum conditions temperature and humidity. J. stored Prod. Res. 16:147-150. 1980.

- SILVA BOHORQUEZ, I. Resistencia de 10 variedades de maíz, al ataque de Prostephanus truncatus (Horn), (Coleoptera: Bostrichidae). Tesis de Lic. Biol. UNAM, Fac. de Ciencias. 1981. 46 p.
- SNODGRASS, R.E. Principles of insect morphology. New York, N.Y., MacGraw - Hill, 1935. 667p.
- SOLOMON, M.E. Control of humidity with potassium hidroxide, sulphuric acid, or other solutions. Bull. Ent. Res. 42: 543-554. 1951.
- SPILMAN, T.J. False powderpost beetles of the genus Dinoderus in North America (Coleoptera: Bostrichidae). The Coleopterist Bull. 36(2): 193-196. 1982.
- SPILMAN, T.J. Identification of larvae and pupae of the larger grain borer, Prostephanus truncatus (Coleoptera, Bostrichidae) and the larger black flour beetle, Cynaues angustus (Coleoptera, Tenebrionidae). In _____ Working Conference on Stored- Product Entomology, 3th., Manhattan, Kansas State University. 1984. Proceedings. 1984.pp44-54.
- STEINHAUS, E.A. Insect Microbiology; an account of the microbes associated with insects and ticks special reference to - the biological relationship involved. Ithaca, New York, USA, Comstock, 1947. 763 p.

- SUBRAMAYAM, Bh., CUTKOMP, L.K. and DARVEAUX, B.A. A new - character for identifying larval instars of Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). J. stored Prod. Res. 21(2):101-104. 1985.
- SUKHAPRAKARN, CH. Insect pests of stored products found - in Thailand (artículo en thailandés, con resumen en inglés). J. Agr. Sci., Thailandia. 1:501-504. 1976.
- SWEETMAN, H.L. Recognition of structural pests and their damage. Dubuque, Iowa, USA, Brown, 1965. 371p.
- TENA MORELOS, C.A. Resistencia del maíz almacenado al ataque de insectos en una zona rural del Valle de Tarímbaro, Michoacán, México. Tesis Lic. Biol. Morelia, Michoacán, Universidad de "San Nicolás de Hidalgo". Esc. de Biología. 1985. 171p.
- TENA MORELOS, C.A. Resistencia de cuatro variedades de maíz al ataque de Sitotroga cerealella (Oliver) (Lepidoptera: Gelechiidae); Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) y Sitophilus zeamais Mots. (Coleoptera: Curculionidae) en condiciones de laboratorio. In _____ Congreso Nacional de Entomología, 23avo., Morelia, Mich., 1988. Resúmenes. Sociedad Mexicana de Entomología. 1988. pp.285 y 286.

- THORPE, W.H. Learning and instinct in animals. Cambridge, Mass., USA, Harvard University, 1956. 65-76 p.
- TINBERGEN, N. El estudio del instinto. Trad. 1a. ed. en inglés de JUAN ALMELA. 2a. ed. esp. México, D.F., siglo veintiuno, 1970. 123p. (Ser. nueva ciencia, nueva técnica).
- TOGO, SERVICE NATIONAL DE LA PROTECTION DES VEGETAUX.
Capucin du maïs, Prostephanus truncatus. Fiche technique de la Protection des Végétaux No.51. p.s.n. 1984.
- TROPICAL PRODUCTS INSTITUTE. Storage Department, GASGA Workshop, Slough, U.K., february 1983. The larger grain borer Prostephanus truncatus (Horn). Eschborn, Deutsche, Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. GmbH., 1984. 139p.
- TORREBLANCA, A., BOURGES, H. y ADEM, E. Efecto de la infestación del maíz con Prostephanus truncatus (barrenador de los granos) en el contenido de humedad del grano. Revista de Tecnología en Alimentos (México). 17(1):14-20. 1982.
- UNITED KINGDOM, TROPICAL PRODUCTS INSTITUTE. TPI team tackles First Recorded Infestation by Prostephanus truncatus in Africa. TPI Newsletter, 1981. 2p.

- UNITED KINGDOM, TROPICAL PRODUCTS INSTITUTE. A guide to the greater grain borer Prostephanus truncatus (Horn) a pest of stored produce. TPI (Tropical Stored Products Centre), 1982. 3p.
- UNITED KINGDOM, TROPICAL DEVELOPMENT RESEARCH INSTITUTE. TDRI scientists continue battle against grain pest in Africa. TDRI Newsletter 4p. 1985.
- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. U.S. Department of Agriculture Cooperative Economic Insect. Report 16:18. 1966.
- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Stored-Grain Insects. USDA, Science and Education administration, Agriculture Handbook No.500:8-9 p. 1979.
- WALTERS, A.H. Ecology, food and civilisation. London, U.K., Charles Knight, 1973. 216p.
- WATTERS, F.L. Biology and control of Prostephanus truncatus (Horn). In _____ GASGA Seminar, Slough, Berks, England, Tropical Stored Products Centre, 1983. 14p.
- WRIGHT, V.F. and SPILMAN, T.J. An annotated bibliography on Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae): a pest of stored grain. Tropical Stored Products Information no. 46:27-30. 1983.

WRIGHT, V.F. World distribution of Prostephanus truncatus.

In _____ GASGA Workshop on the larger grain borer
Prostephanus truncatus, Slough, U.K., TPI, february
1983. Proceedings. Eschborn, Deutsche, GTZ. GmbH.
1984. pp.10-16.

YOUNG, W., CANDIA, D. y SMITH, D. Almacenamiento de maíz
en el trópico bajo grados diferentes de humedad. Agri-
cultura Técnica en México. 12:13-17. 1961.

ZACHER, F. Schädlinge in Guatemala-Mais. Mitteilungen der
Gesellschaft für Vorratsschutz 2(5):45-47. 1926.

Abstract in Rev. Appl. Ent. 14:506.

ZACHER, F. Haltung und Zuechtung von Vorratsschädlingen.

In _____ E. Abderhalden, Handbuch der biologischen
Arbeits methoden 9(7):389-592. 1933.

ZAMBIA LARGER GRAIN BORER WORKSHOP, Lusaka, Zambia, 1985.

Jensen, J. (ed.), 1985. 11p.

I N D I C E

Contenido	Página
Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Resumen	vi
<u>INTRODUCCION</u>	1
Generalidades	1
Nicho ecológico y la capacidad adaptativa de <u>Prostephanus truncatus</u> a diversos medios.....	3
<u>ANTECEDENTES</u>	9
Publicaciones realizadas sobre métodos de combate...	11
Morfología y Anatomía	15
Ciclo de vida	20
Condiciones de desarrollo	21
Mortalidad durante el desarrollo	23
Estados y estadios de desarrollo	24
Oviposición	25
Desarrollo larvario	27
Desarrollo pupal	27
Duración total del ciclo de vida	27
Longevidad	28
Infestación y daños	28
Forma de daño y ciclo de vida del insecto.....	31
Daños en México	37
Daños en Centroamérica	44
Infestaciones en Africa	44
<u>OBJETIVOS</u>	48
<u>MATERIALES Y METODOS</u>	49
A. Preparación de cultivos masivos	52
B. Preparación de lotes experimentales	56
C. Diseño experimental	58
D. Amplificaciones de las radiografías	60
E. Medición del contenido de humedad	60

Método para el estudio del ciclo de vida.....	61
Condiciones ambientales	61
Medio de oviposición	62
Diseño experimental	63
Registro de datos	63
Experimentos colaterales	64
Obtención de resultados	65
Análisis de los datos	66
Pruebas preliminares en el estudio del	
ciclo de vida	68
Estudio del ciclo de vida	69
<u>RESULTADOS</u>	70
Morfología	70
Observaciones sobre el desarrollo del	
huevecillo y la eclosión	70
Observaciones sobre la larva	72
Observaciones sobre la pupa	75
Observaciones sobre la morfología	
externa del adulto	76
Observaciones sobre la morfología	
interna del adulto	88
Infestación y daños	91
Observaciones y análisis	91
Manejo de datos	94
Ciclo de vida	97
Resultados de las pruebas sobre dietas	
para propósitos de cultivo	97
Registro de temperaturas y humedades	
relativas	98
Ciclo de vida	98
Oviposición	99
Mortalidad y sobrevivencia	100
<u>DISCUSION</u>	102
Morfología y anatomía	102
Infestación y daños	118
Adaptaciones climáticas y geográficas	122

	Página
Mortalidad	126
Ciclo de vida	128
<u>CONCLUSIONES</u>	133
Consideraciones Finales	138
<u>LITERATURA CONSULTADA</u>	141
<u>INDICE</u>	172

I N D I C E

Contenido	Página
INDICE	I
MATERIAL GRAFICO DE LOS RESULTADOS	III
A. <u>Láminas</u> sobre la morfología de <u>Prostephanus truncatus</u> (Horn).....	IV
B. <u>Fotografías</u> de la morfología y anatomía de <u>Prostephanus truncatus</u> tomadas en el microscopio electrónico de barrido	XIV
C. <u>Datos morfofotométricos</u> obtenidos en el MEB	XLVIII
D. <u>Fotografías</u> tomadas por medio de rayos-X para evidenciar daños, conducta de barre- nación y desarrollo en maíz cacahuazintle	XIX
E. <u>Tablas</u> sobre:	LXXXV
1. Daños, desarrollo y conducta en maíz cacahuazintle	LXXXVI
2. Daños en maíz cacahuazintle durante 63 días.....	XC
3. ANOVA de los datos de daño	XCI
4. Prueba de Tukey de los datos de daños	XCII
5. Registro promedio de condiciones ambientales en las cámaras de cultivo durante el estudio del ciclo de vida	XCIII
6. Tiempo de ovipositura en medio harinoso	XCIV
7. Ciclo de vida en diferentes condiciones ambientales	XCV
8. Resultados comparativos del ciclo de vida	XCVII
F. <u>Histogramas</u> sobre:	XCVIII
1. Porcentaje de granos dañados durante el desarrollo (Evidencias por medio de foto- grafías con rayos X)	XCIX
2. Ciclo de vida en diferentes condciones ambientales en medio harinosos	C

3. Frecuencia de oviposición en medio harinoso a 22°C/40% H.R.	CI
4. Frecuencia de oviposición en medio harinoso a 22°C/70% H.R.	CII
5. Frecuencia de oviposición en medio harinoso a 22°C/90% H.R.	CIII
6. Frecuencia de oviposición en medio harinoso a 27°C/40% H.R.	CIV
7. Frecuencia de oviposición en medio harinoso a 27°C/70% H.R.	CV
8. Frecuencia de oviposición en medio harinoso a 27°C/90% H.R.	CVI
9. Frecuencia de oviposición en medio harinoso a 32°C/40% H.R.	CVII
10. Frecuencia de oviposición en medio harinoso a 32°C/70% H.R.	CVIII
11. Frecuencia de oviposición en medio harinoso a 32°C/90% H.R.	CIX
12. Ciclo de vida en diferentes ambientes y dietas	CX
G. <u>Gráficas</u> sobre:	CXI
1. Daños durante el desarrollo en maíz cacahuazintle	CXII
2. Mortalidad durante el ciclo de vida en diversos ambientes en medio harinoso.....	CXIII
H. <u>Figuras</u> sobre:	CXIV
1. Desarrollo en maíz molido (Según Bell y Watters, 1982).....	CXV
2. Desarrollo en harina	CXVI
I. Modelos matemáticos del ciclo de vida de <u>P. truncatus</u>	CXVII
<u>ANEXOS</u>	CXXI
1. Distribución geográfica conocida de <u>P. truncatus</u>	CXXII
2. Descripciones y claves	CXXVI

MATERIAL GRÁFICO DE LOS RESULTADOS

A. LAMINAS SOBRE LA MORFOLOGIA DE Prostephanus truncatus (Horn).

Lámina A. Estructura morfológica externa de huevecillo, estadios larvarios, prepupa, pupa y adulto.

Lámina B. Anatomía y morfología de élitro, ala posterior, mandíbula, pata y antena.

Lámina C. Morfología interna del aparato digestivo y reproductor.

Lámina A. Estructura morfológica externa y desarrollo del gran barrenador de los granos, Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). (a) Huevecillo; (b) Primer estadio larvario; (c) Ultimo estadio larvario; (d) Prepupa; (e) Pupa; (f) Adulto en vista dorsal; (g) Adulto hembra en vista ventral; (h) Adulto macho en vista lateral.

Abd - Abdomen

Ant - Antenas

C - Cabeza

Ce - Cerdas, Setas o Sedas

cla - Clava

cue - Cuello

CX1 - Coxas del primer par de patas

CX2 - Coxas del segundo par de patas

CX3 - Coxas del tercer par de patas

dc - Dientecillos

Dpost - Declive posterior de los élitros

EAnt - Esbozo antenal

Ec - Esbozo de la cabeza

Ecly - Esbozo clypeal

EE1 - Esbozo de los élitros

E1 - Elitros

Elbr - Esbozo del labrum

Em2 - Epimeron del mesosternum

Em3 - Epimeron del metasternum

Epl - Región Epipleural de los élitros

EpMx - Esbozo de los palpos maxilares.

- EPro - Esbozo del pronotum
- Es3 - Episternum del metasternum
- Eoc - Esbozo ocular
- Fe - Fémur
- Lbr - Labrum o labio superior
- Ms - Mesosternum
- Mt - Metasternum
- O - Ojos compuestos
- pMx - Palpos maxilares
- PLb - Palpos labiales
- Pro - Pronotum
- Pst - Prosternum
- Pt1 - Primer par de patas
- Pt2 - Segundo par de patas
- Pt3 - Tercer par de patas
- S - Sutura de los élitros
- Sct - Scutellum o escutelo
- StAbd - Esternitos abdominales
- TAbd - Terguitos abdominales
- tb - Tibia
- ts - Tarso
- tub - Tubérculos
- tubclyp - Tubérculos clypeales
- tubPro - Tubérculos pronotales
- Uñ - Uñas
- I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX - Segmentos abdominales
- I + II - Fusión del primero y segundo segmento abdominal

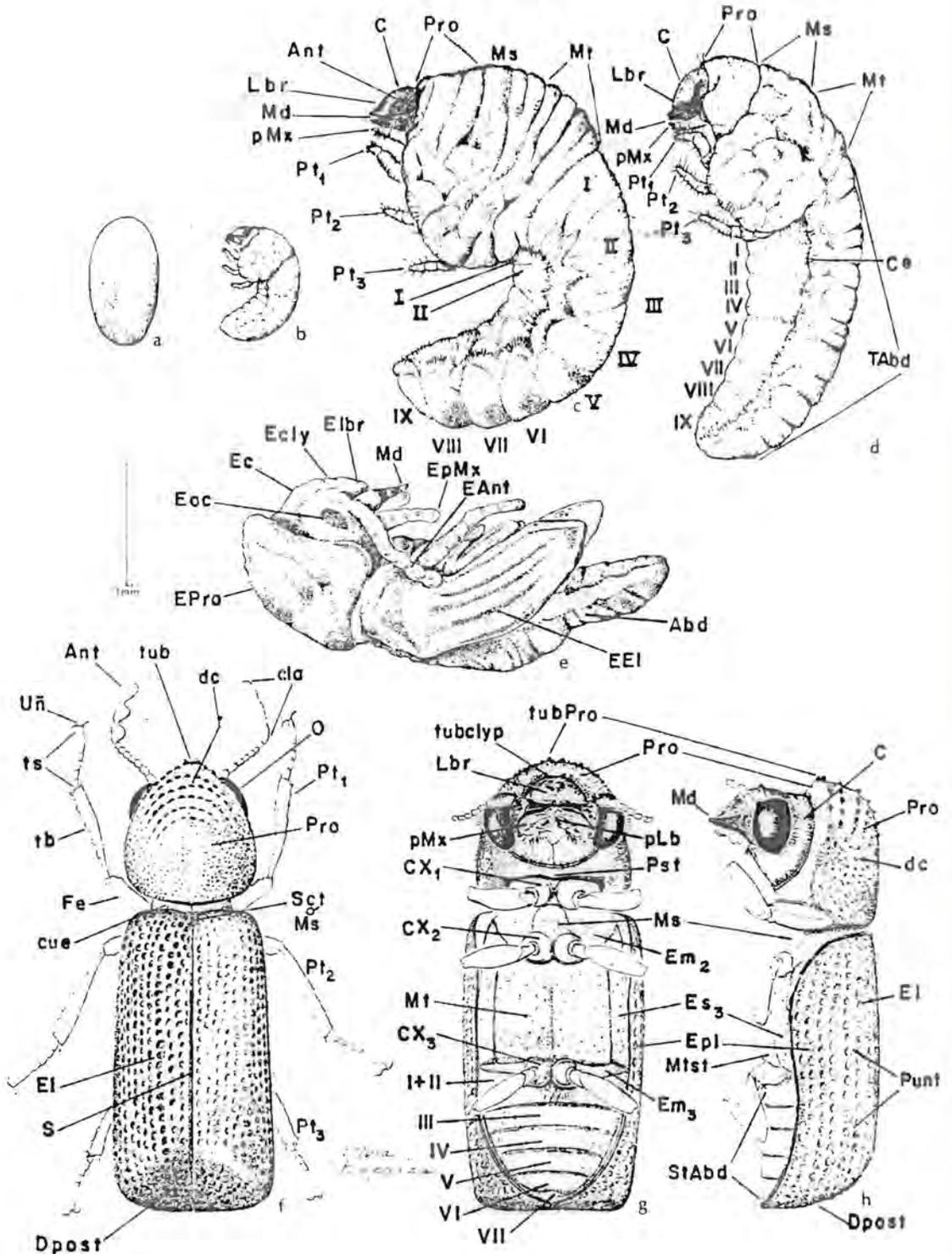


Lámina A. Estructura morfológica externa y desarrollo postembrionario del gran barrenador de los granos, *Prosthepanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae).

Lámina B. Anatomía y Morfología de algunos apéndices del adulto de Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae).
 (a) Ala posterior; (b) Elitro; (c) Mandíbula en vista adoral; (d) pata I; (e) Antena.

- Aa - Zona de articulaciones del ala
- Ai - Area de los incisivos
- A1 - Vena Anal 1
- A2 - Vena Anal 2
- A3+4 - Vena Anal 3 y 4
- C - Vena Costal
- Ca - Celdilla anal
- Cap - Cepillo apical
- Cla - Clava
- cost - Costado
- Cu - Vena cubital
- Cu2 - Vena cubital 2
- Cx - Coxa
- di - Dientecillos
- Dpost - Declive posterior de los élitros
- Ep1 - Epipleura de los élitros
- Espi - Espinas
- Espo - Espolón
- Fe - Fémur
- Iap - Incisivo apical
- Iext - Incisivo externo
- Iint - Incisivo interno
- Lm - Lóbulo molar

- mb - Margen basal
- m-cu - Vena mediana-cubital
- mEp1 - Margen epipleural de los élitros
- Msap - Margen subapical
- Mt - Microtriquias
- MuMd - Músculos mandibulares
- M1 - Vena mediana 1
- Uñ - Uñas
- Punt - Puntuaciones
- R - Vena Radial
- R1 - Vena Radial 1
- R2+3 - Vena Radial 2 y 3
- RAp - Región apical
- RB - Región de la base
- r-m - Vena radial-mediana
- Sc - Vena subcostal
- ta - Tarso
- tb - Tibia
- tro - Trocanter
- tron - Trocantin
- I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX y X - Segmentos antenales

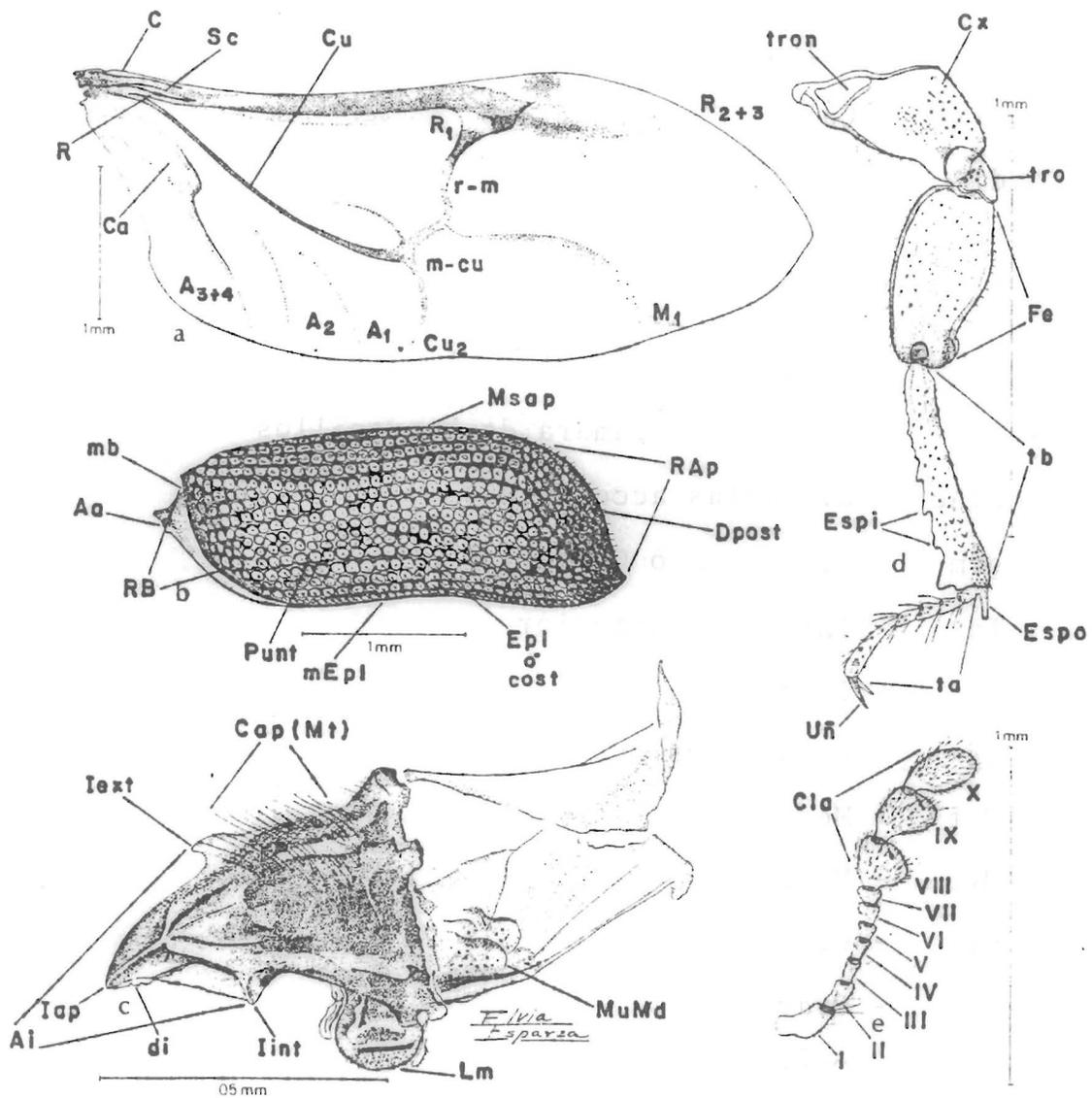


Lámina B. Anatomía y Morfología externa de algunos apéndices del adulto de *Prosthenanthus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae).

Lámina C. Morfología interna. Aparatos Digestivo y Reproductor de Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera : Bostrichidae).

(a) Aparato digestivo; (b) Porción media del aparato reproductor masculino; (c) Testículo del aparato reproductor del macho; (d) Aparato reproductor femenino.

Bc	-	Boca
Cln	-	Colon
clx	-	Cáliz
di	-	Dientecillos
E	-	Esófago
Est	-	Estómago
F	-	Faringe
fol	-	Folículo o cámara de huevecillos
GlAc	-	Glándulas accesorias
grm	-	Germarium o Germario
Ia	-	Intestino anterior
Il	-	Ileon
lg	-	Ligamentos suspensores
Mst	-	Mesenteron
Myc	-	Micetoma
O1	-	Oviducto lateral
Ov	-	Ovario
Ov1	-	Ovariolas
pla	-	Placas
plan	-	Placa anal
Proc	-	Proctodeum

ProV - Proventrículo
Rec - Recto o Intestino posterior
Sto - Stomodeum o Estomodeo
Tesp - Túbulos espermáticos
Tra - Tráqueas
V - Vagina o Cámara genital
ve - Vaso o Conducto eferente
Vent - Ventrículo
vd - Vaso o conducto deferente
VRec - Válvula rectal
vsm - Vesícula seminal



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA

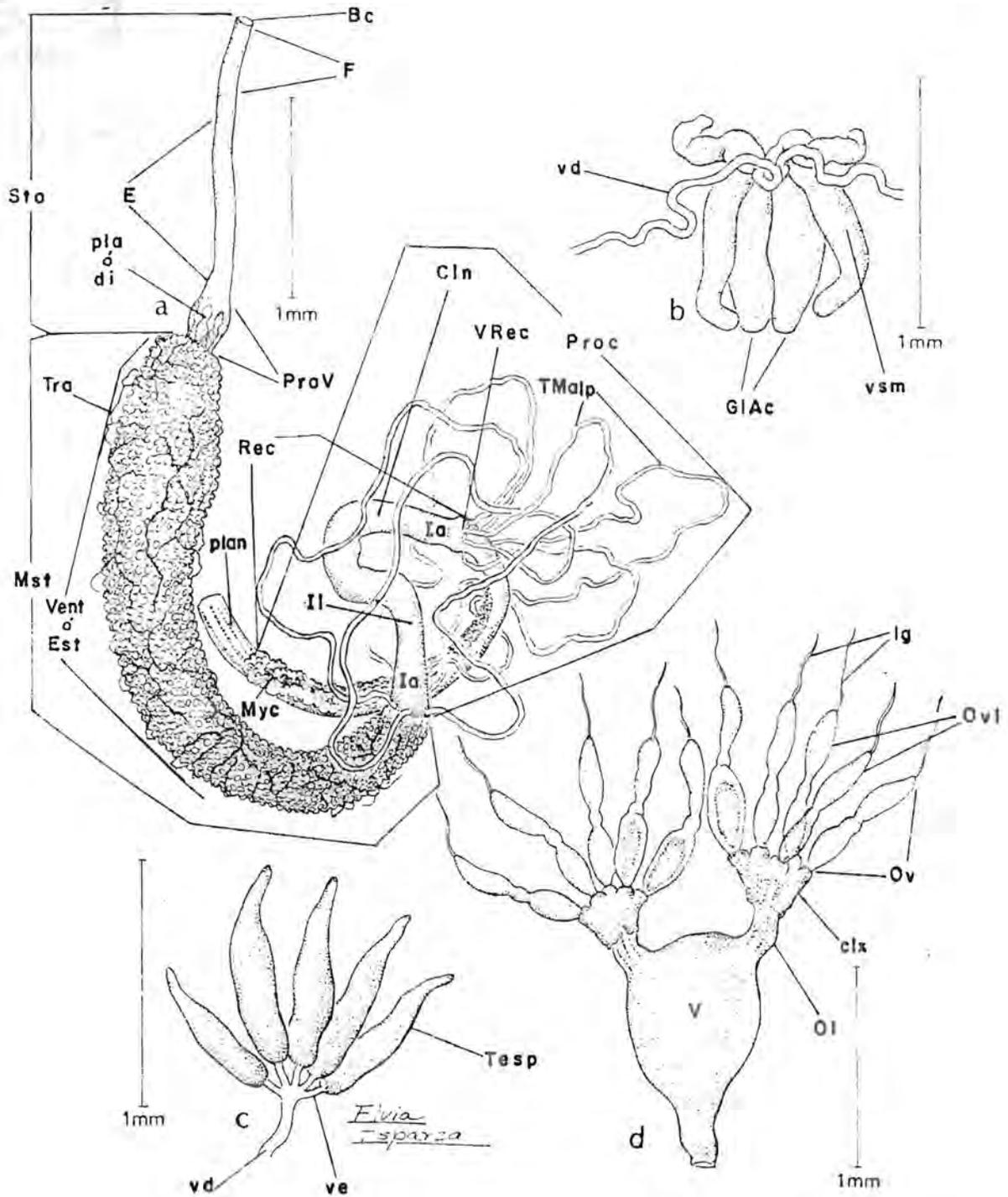


Lámina C. Morfología interna. Aparatos Digestivo y Reproductor de Prostephanus truncatus (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae).

B. FOTOGRAFÍAS EN MICROSCOPIO ELECTRONICO DE BARRIDO

Clave de la simbología que aparece en las fotografías
tomadas en microscopio electrónico de barrido

- A - Abdomen
- Aar - Area articular
- Abl - Abultamiento lateral
- Abp - Abultamiento polar
- An - Antenas
- Apf - Aparato filtrador
- at - Atrio
- B - Boca
- bat - Bolsa atrial
- Bco - Borde costal o costado
- C - Cabeza
- Ca - Cardo
- Cal - Cáliz
- car - Carina
- CCx - Cavidad coxal
- Ce - Cerdas, sedas o setas
- CiEl - Cara interna del Elitro
- Cla - Clava
- cly - Clipeo o clypeus
- CMu - Células musculares = paquetes
- CMupv - Células musculares de la pared externa del ventrículo
- CrMyc - Criptas de los micetomas
- Co - Corion
- Col - Colon
- Cx - Coxas
- Dep - Declive posterior

di	- Dientecillos
EAl	- Esbozos alares
EAn	- Esbozos antenales
ear	- Escleritos articulares
EEl	- Esbozos de los élitros
El	- Elitros
em	- Empodium
EOc	- Esbozo ocular
EPT	- Esbozo de las patas
Es	- Espiráculos
esp	- Espinas
Espo	- Espolón
Est	- Estipe
Fe	- Fémur
FMus	- Fibras musculares
fo	- Fosetas
fu	- Funículo antenal
Gal	- Galea
GlAx	- Glándulas anexas
gr	- gránulos
Il	- Ileon
La	- Lacinia
Lb	- Labium o labio inferior
Lbr	- Labrum o labio superior
LeoS	- Línea de eclosión o surco
Lu	- Lumen
μ	- Micras

Md	- Mandíbulas
Me	- Mesonotum
mtn	- Mentón
Mep	- Margen epipleural
Mes	- Mesenteron
MSa	- Margen supraapical o sutura media
Mst	- Metasternum
Mt	- Metanotum
mt	- Microtriquias
Mulv	- Músculos longitudinales del ventrículo
Myc	- Micetoma
Mz	- Maza
No	- Nódulos del pronotum
Oat	- Orificio atrial
Oc	- Oviducto común
Oj	- Ojos compuestos
O1	- Oviducto lateral
om	- Omatidias
OSMyc	- Organos de sujeción del micetoma
Otu	- Orificio del túbulo
Ov	- Ovariolas
P1	- Patas 1 ó primeras patas
P2	- Patas 2 ó segundas patas
P3	- Patas 3 ó terceras patas
Pan	- Placa anal
Par	- Parámetros
Pe	- Peritrema
pe	- pelos

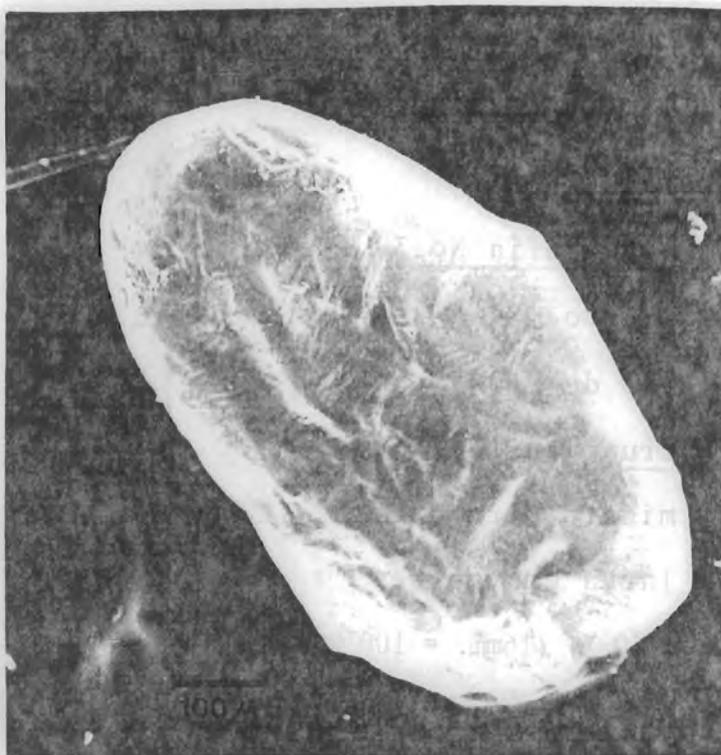
Pen	-	Pene
Pla	-	Placa anal
Plb	-	Palpos labiales
Plc	-	Placas convexas
Ple	-	Pleurum
plf	-	Palpifer
PMx	-	Palpos maxilares
Prem	-	Prementón
Pro	-	Pronotum
Proc	-	Proctodeum
pu	-	puntuaciones
Py	-	Pygidium
RAp	-	Región apical
RBa	-	Región basal
Rec	-	Recto
Se	-	Sensilias
Smt	-	Submentón
Ss	-	Superficie serrada
Sst	-	Suturas externas
SstA	-	Suturas externas del abdomen
St	-	Esternum
Sto	-	Stomodeum
Stp	-	Estipe
Su	-	Sutura
Tar	-	Tarso
Tb	-	Tibia
tb-ts	-	Tibia-tarso

- tcly - Tubérculos clipeales
- tg - Tergos
- tgA - Terguitos abdominales
- th - Tórax
- TMal - Túbulos de Malphigio
- Tra - Tráquea
- traq - Traqueola
- Tro - Trocánter
- Ug - Urogonfi
- Uñ - Uñas
- 1,2,3... Enumeración de segmentos torácicos, generalmente.
- I, II, III, IV, V... Enumeración de segmentos, generalmente referido a los abdominales.

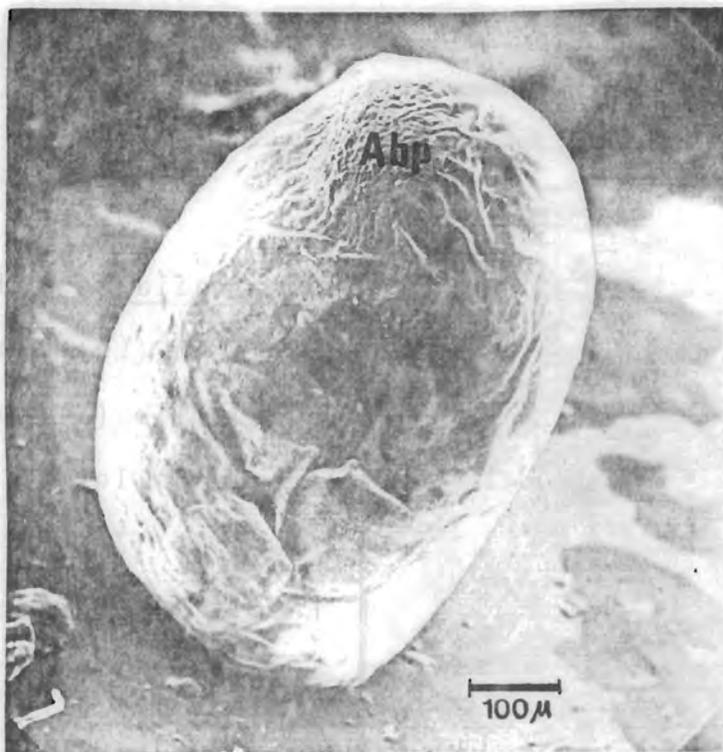
HUEVECILLO

Fotografía No. 1. Huevecillo de un día de edad de Prostephanus truncatus (Horn). Obsérvese que no existe ninguna ornamentación sobre el corion.

(120 X) (12 mm. = 100 μ).



POLARIZACION DE LA LARVA

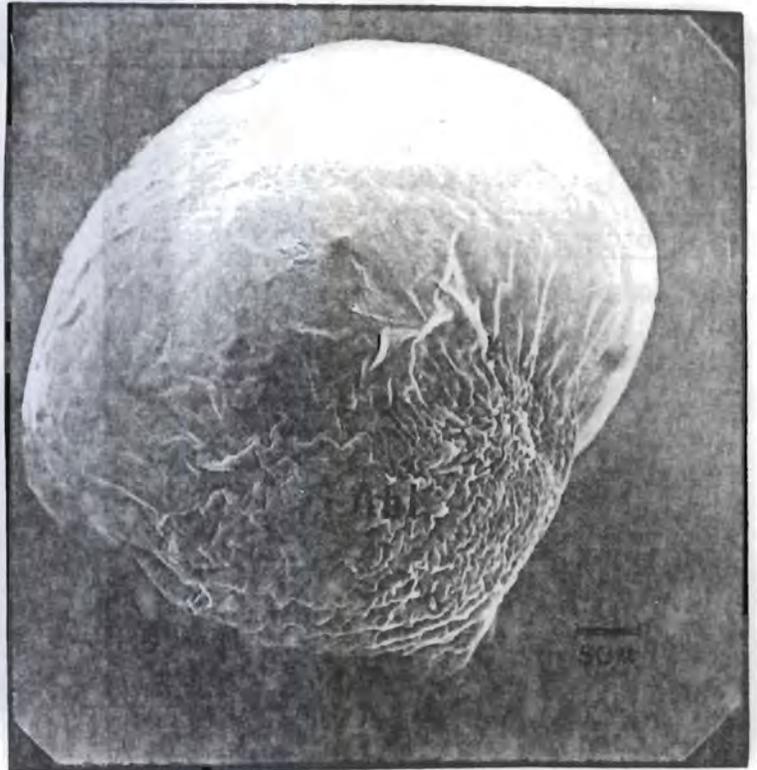


Fotografía No. 2. Abultamiento polar del huevecillo debido a los movimientos giratorios de la larva que inicia la emergencia.

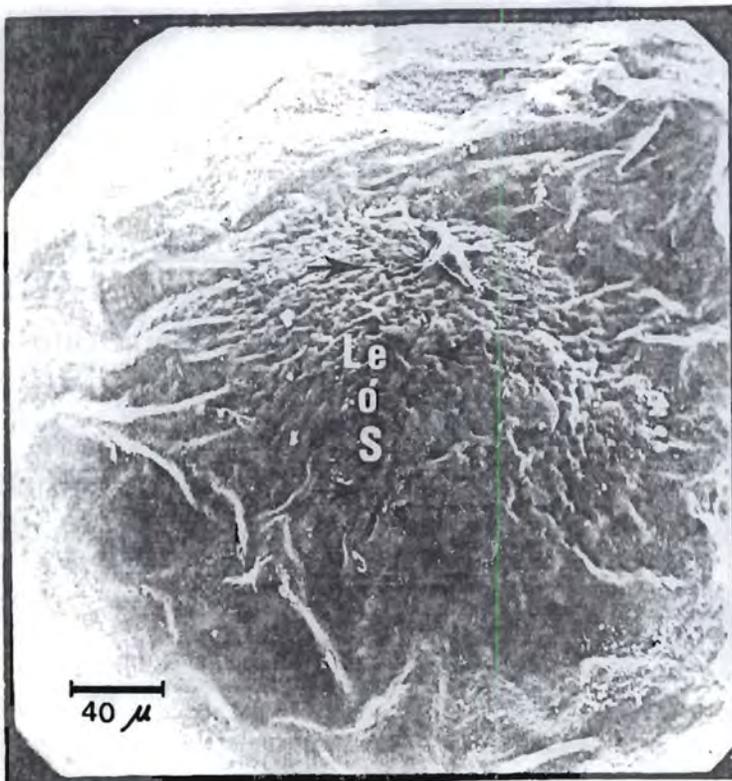
(120 X) (12 mm. = 100 μ).

PROCESO DE ECLOSION

Fotografía No.3. Abultamiento lateral del huevecillo de Prostephanus truncatus debido al movimiento giratorio de la larva emergente.
(160 X) (16mm. = 100 μ).

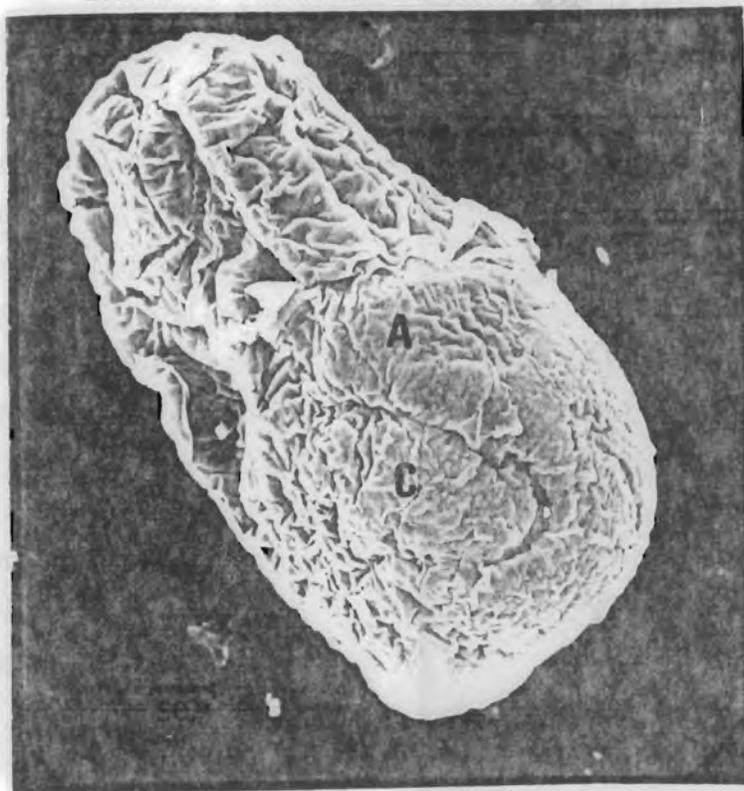


LINEA DE ECLOSION



Fotografía No.4. Línea de eclosión (Le) o surco del huevecillo (S) por donde emerge la larva.
(300 X) (12mm. = 40 μ).
Le o S = Línea de eclosión o surco.

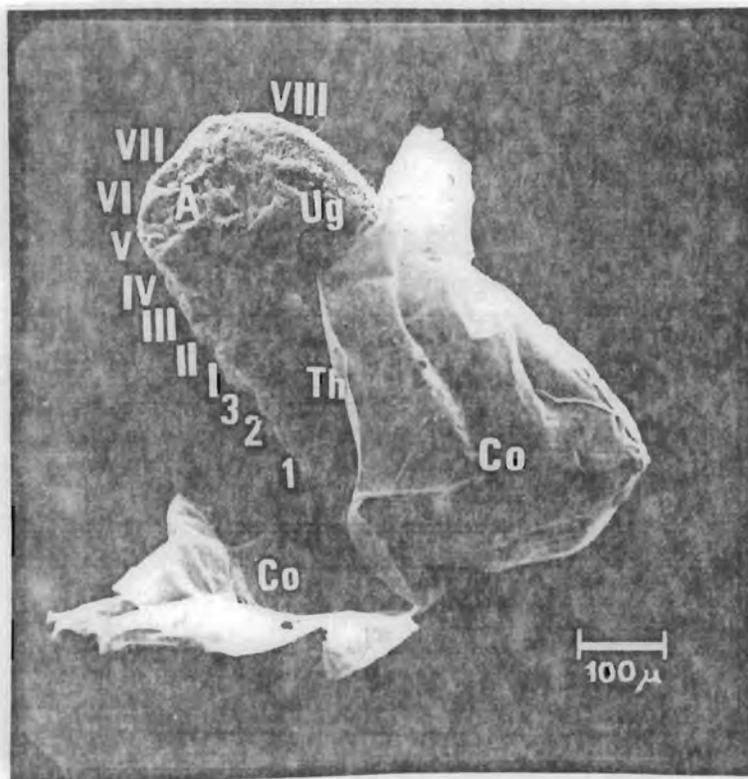
LARVA A PUNTO DE EMERGER



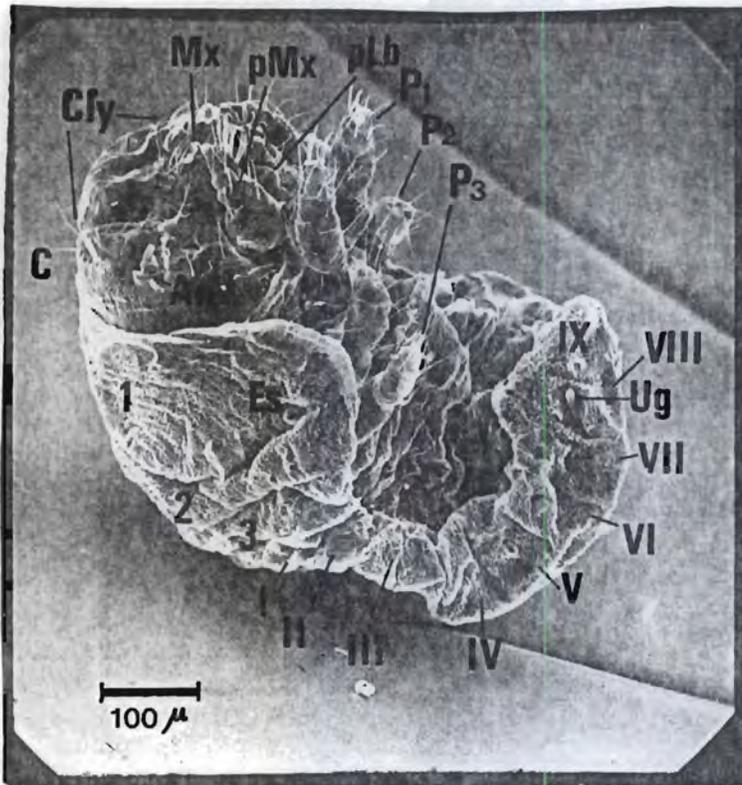
Fotografía No. 5. Larva a punto de emerger o romper el huevecillo. Nótese la forma característica de "C" de la larva que se evidencia a través del corion del huevecillo. (160 X) (16 mm. = 100 μ). A= abdomen; C= cabeza.

LARVA EMERGIENDO

Fotografía No. 6. Larva emergente. La parte superior corresponde a los últimos segmentos abdominales, la cabeza permanece aún dentro del huevecillo. (110 X) (11 mm.=100 μ). A=abdomen; Co=Corion; th=tórax; Ug=Urogonfi; 1,2,3,=segmentos torácicos; I-VIII=segmentos abdominales.



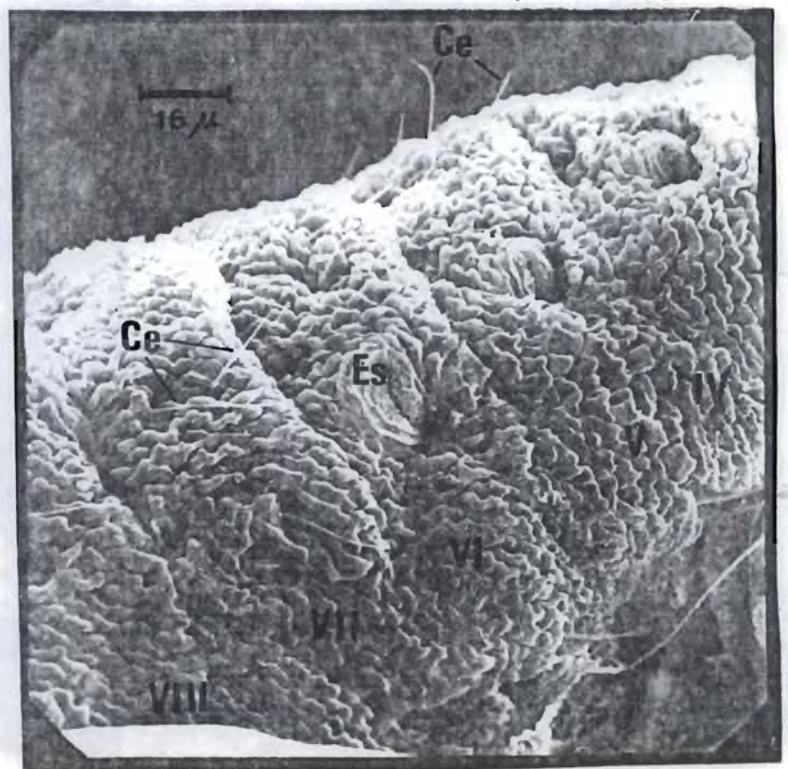
LARVA DEL PRIMER ESTADIO



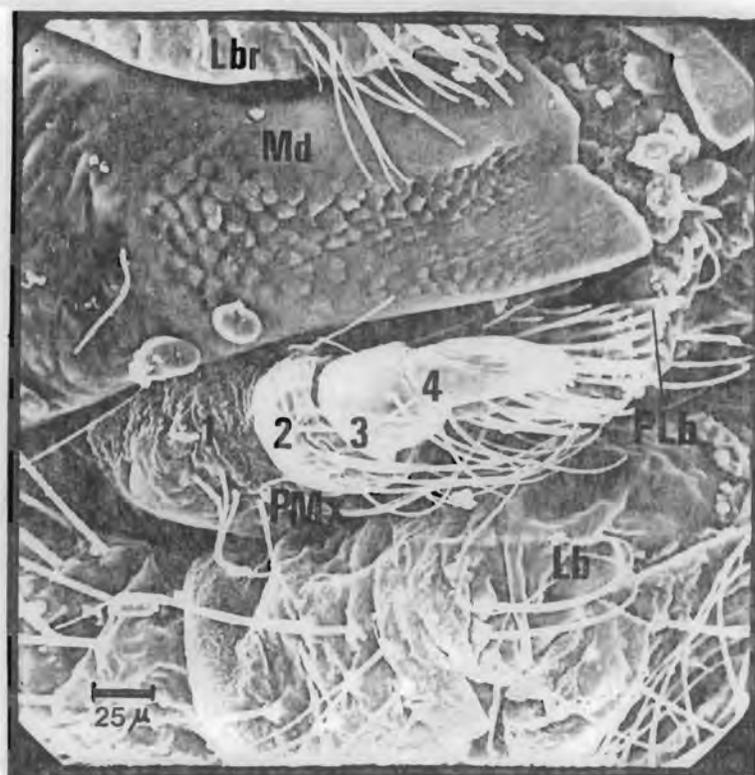
Fotografía No. 7. Larva del primer estadio de *Prostephanus truncatus* recién emergida del huevecillo. Vista de 3/4 ventral. (130 X) (13 mm = 100 μ). C=cabeza; cly=clypeus; Mx=maxilas; pMx=palpos maxilares; pLb=palpos labiales; P₁, P₂, P₃=patas primera, segunda y tercera; Ug=Urogonfi; 1-3=segmentos torácicos; I-IX=segmentos abdominales.

SEGMENTOS LARVARIOS (IV-VIII)

Fotografía No. 8. Espiráculos de los segmentos abdominales IV-VI de la larva de *Prostephanus truncatus*. Obsérvese la textura de la cutícula. (660 X) (33 mm. = 50 μ). I-VIII = segmentos abdominales.



APENDICES BUCALES DE LARVA

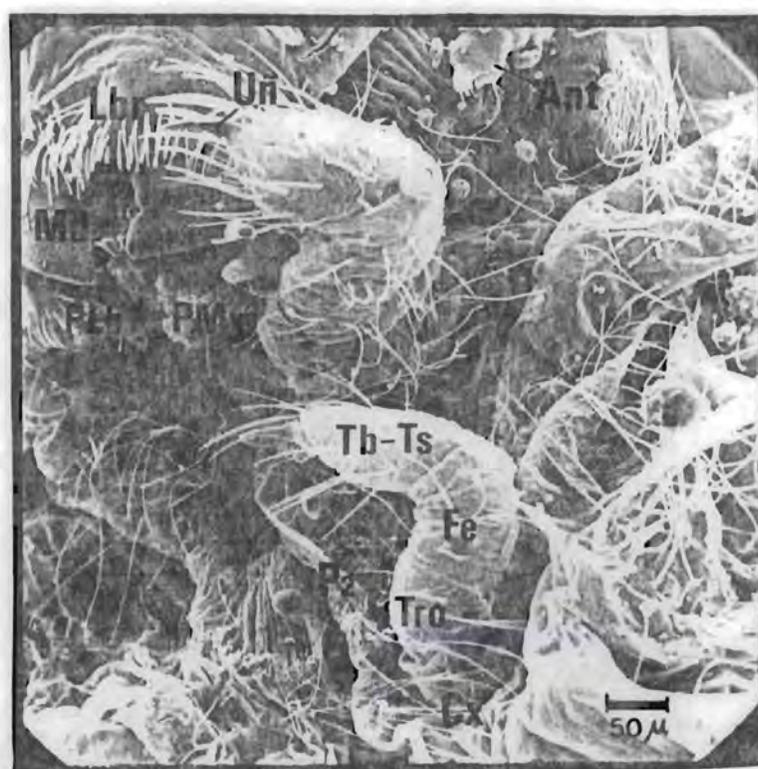


Fotografía No. 9. Detalle de los apéndices gnatales de la larva del primer estadio de Prostephanus truncatus (320 X) (8mm. = 25 μ).

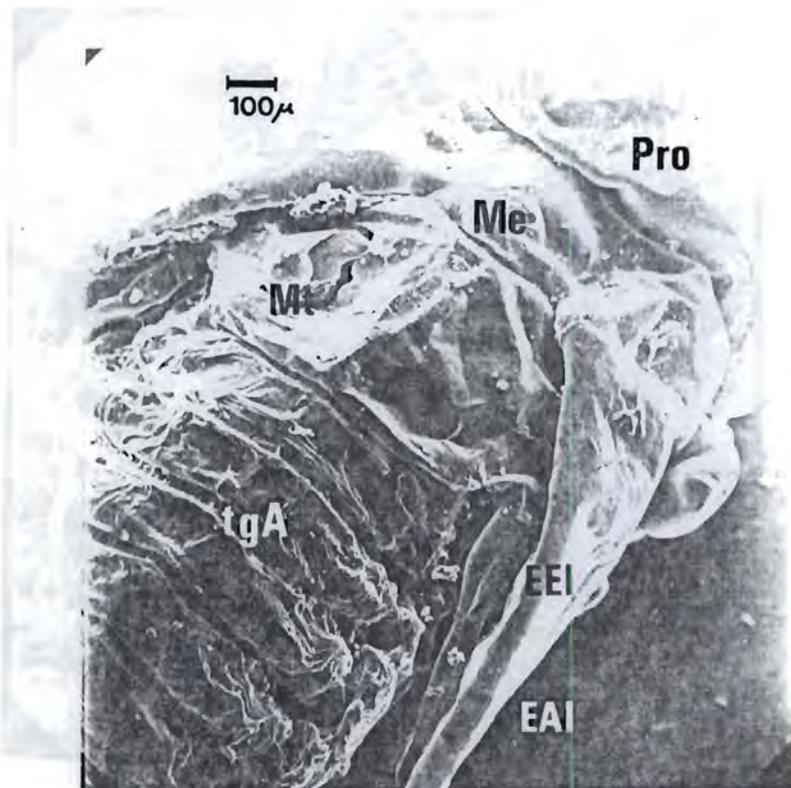
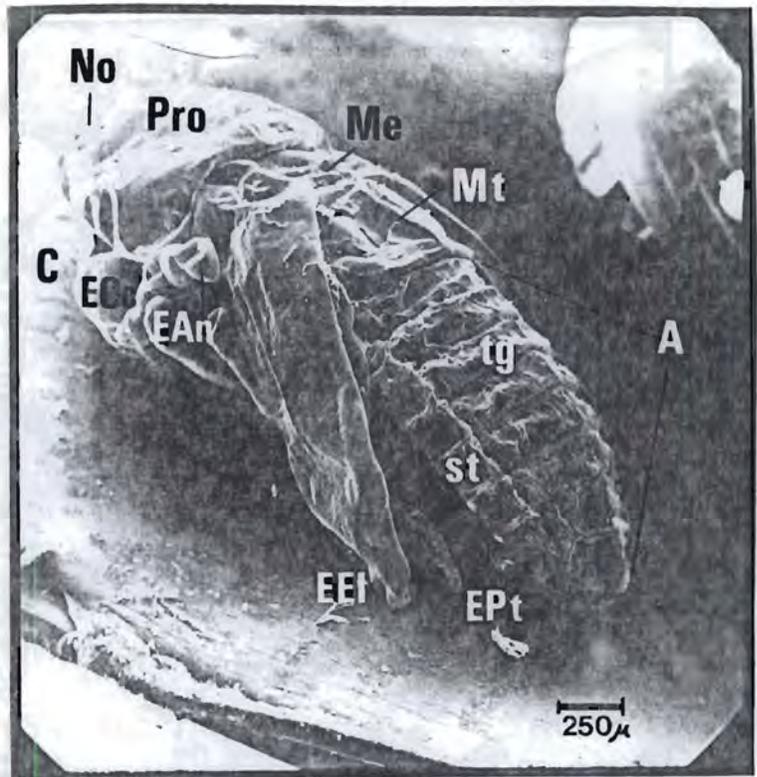
Lb = Labium; Lbr = Labrum; Md = Mandíbulas; Plb = Palpos Labiales; 1 - 4 = Segmentos de los palpos labiales.

PATAS DE LARVA

Fotografía No. 10. Detalle de la primera y segunda patas de la larva del primer estadio de Prostephanus truncatus (160 X) (8mm. = 50 μ). Cx = Coxa; Fe = Fémur; Tb-ts = Tibia-tarso; Tro=Trocánter; Uñ = Uña.



Fotografía No.11. Pupa de Prostephanus truncatus.
 Obsérvese la manifestación de los esbozos del futuro adulto. (32 X) (8mm.=250 μ).
 C=Cabeza; No= Nódulos del Pronotum; Pro=Pronotum; Me= Mesonotum; Mt=Metanotum; tg=Tergos; St=Sternum; A= Abdomen; Eoc; Esbozo ocular; EAn= Esbozo antenal; EEI= Esbozo de los élitros; EPt= Esbozo de las patas.



Fotografía No. 12. Vista dorsal de la pupa de Prostephanus truncatus. (60 X) (6 mm.=100 μ).
 EAI= Esbozos alares; EEL= Esbozos de los élitros; Me = Mesonotum; Mt = Metanotum; tgA = Tergitos abdominales.

DETALLES DE PUPA



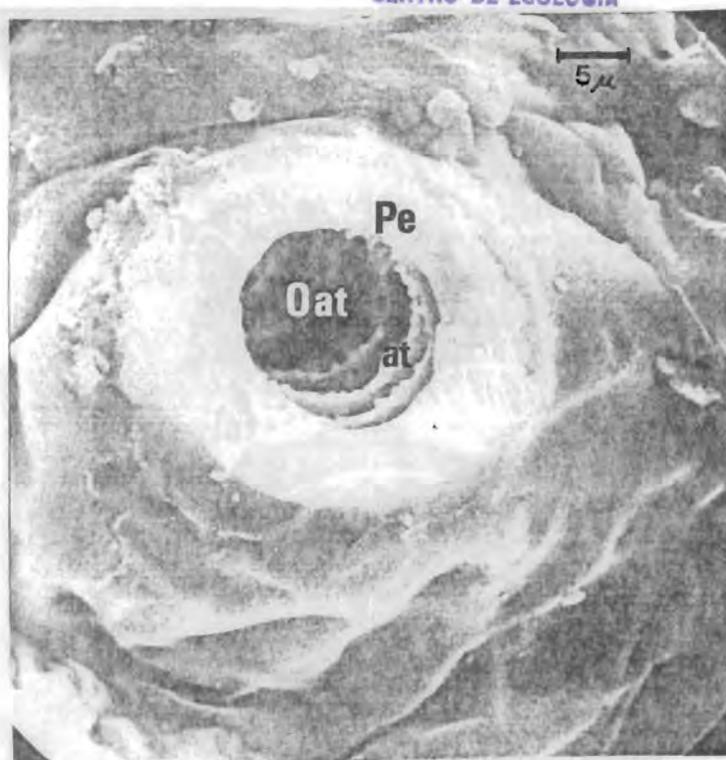
Fotografía No. 13. Vista lateral de la pupa de Prostephanus truncatus. Obsérvense las microtriquias características en el esternón y los espiráculos pleurales de cada segmento. (150 X) (6mm. = 40 μ). Es = Espiráculos; mt = Microtriquias; st = Sternum; II-VI = Segmentos abdominales.



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA

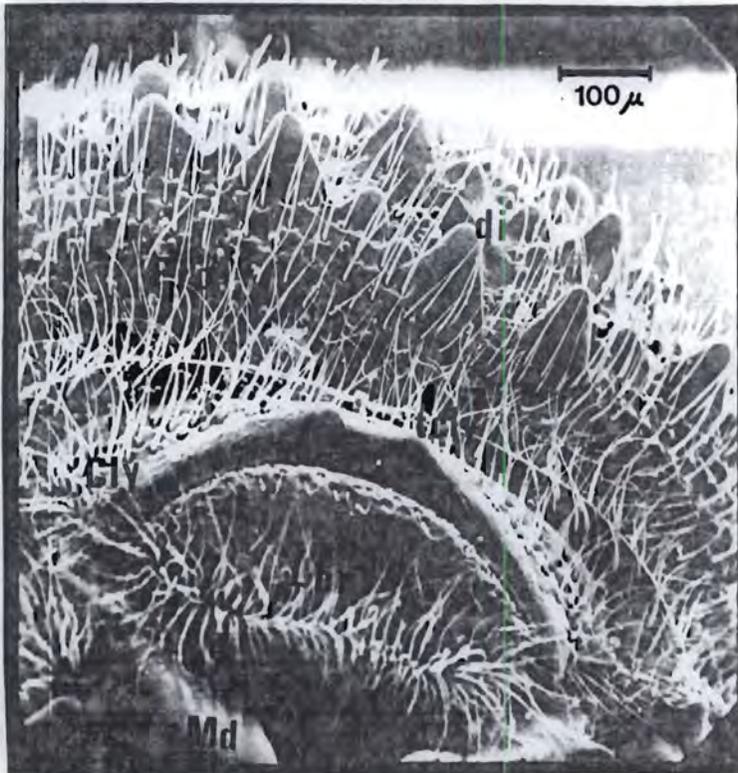
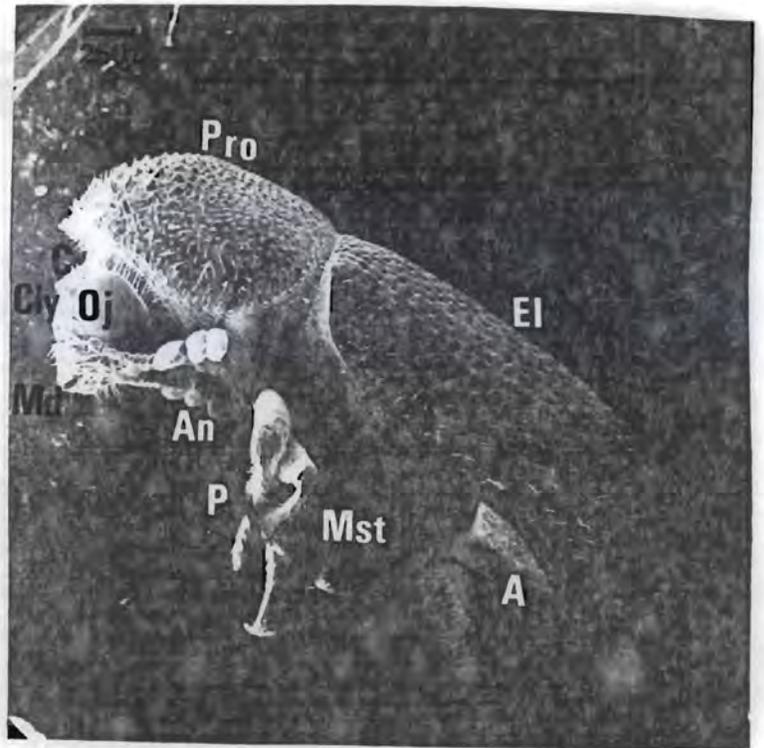
Fotografía No. 14. Espiráculo de pupa de Prostephanus truncatus.

(1800 X) (9 mm. = 5 μ).
at = Atrio; Oat = Orificio atrial; Pe = Peritrema.



ADULTO

Fotografía No. 15. Adulto de Prostephanus truncatus, vista lateral. (24 X) (6 mm. = 250 μ). A = Abdomen; An = Antena; C = Cabeza; Cly = Clypeus; El = Elitros; Md = Mandíbulas; Mst = Metasternum; Oj = Ojo; P = Patas; Pro = Pronotum.



Fotografía No. 16. Vista fronto-dorsal del macho de Prostephanus truncatus adulto.

(120 X) (6 mm. = 50 μ).

Cly = Clypeus; di = Dientecillos;

Lbr = Labrum; Md = Mandíbulas;

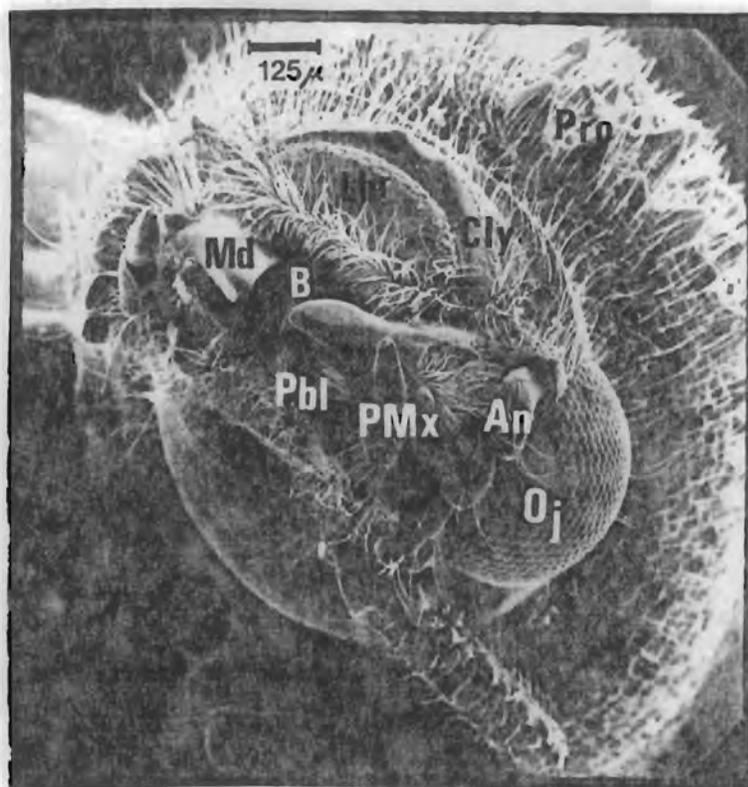
tcl = Tubérculos clipeales.

CABEZA EN VISTA FRONTAL

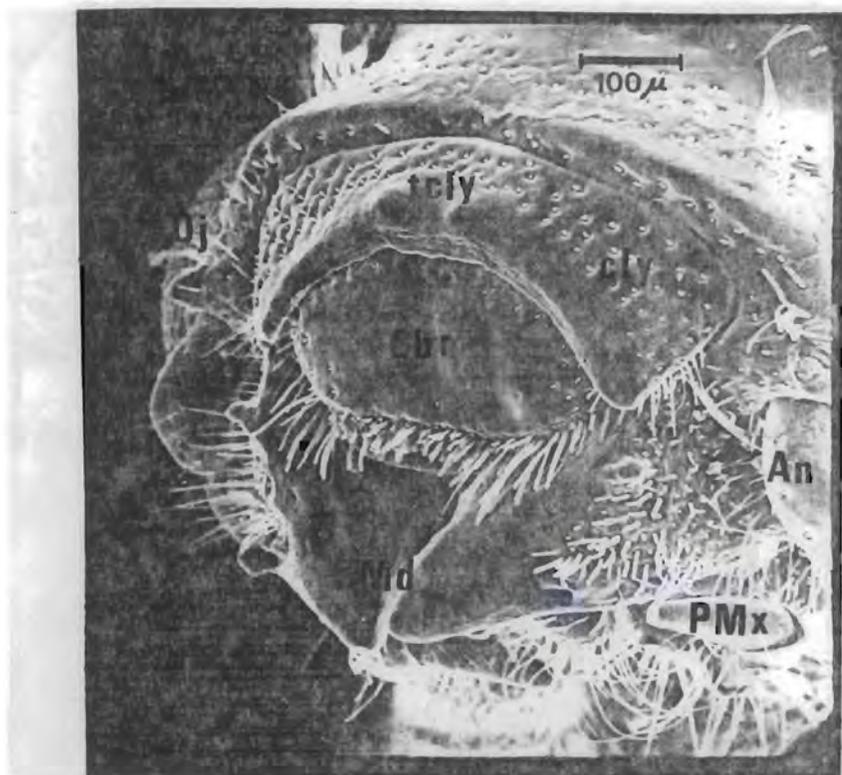
Fotografía No.17. Vista frontal del macho adulto de *Prostephanus truncatus*.

(72 X) (9 mm. = 125 μ).

An = Antenas; B = Boca; Cly = Clypeus; Lbr = Labrum; Md = Mandíbulas; Oj=Ojos; Pbl=Palpos Labiales; PMx = Palpos Maxilares; Pro = Pronotum.



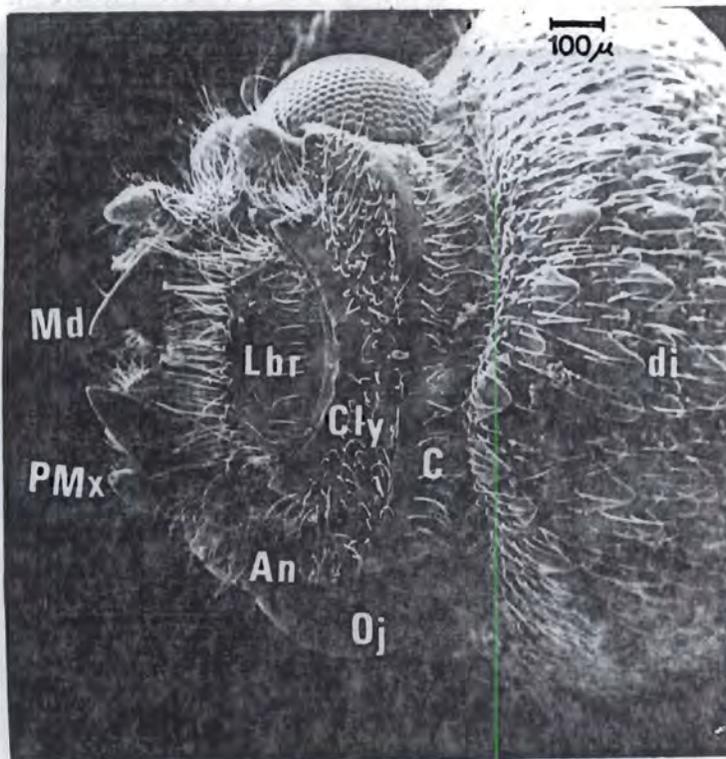
CABEZA EN VISTA DORSAL



Fotografía No.18. Vista dorsal de la cabeza del macho adulto de *Prostephanus truncatus*.

(130 X) (13 mm. = 100 μ).

An = Antenas; Lbr = Labrum; Md = Mandíbulas; PMx = Palpos Maxilares; tcl = Tubérculos clypeales.



Fotografía No. 19. Vista dorsal de la cabeza y pronoto de *Prostephanus truncatus*.

(66 X) (33 mm. = 500 μ).

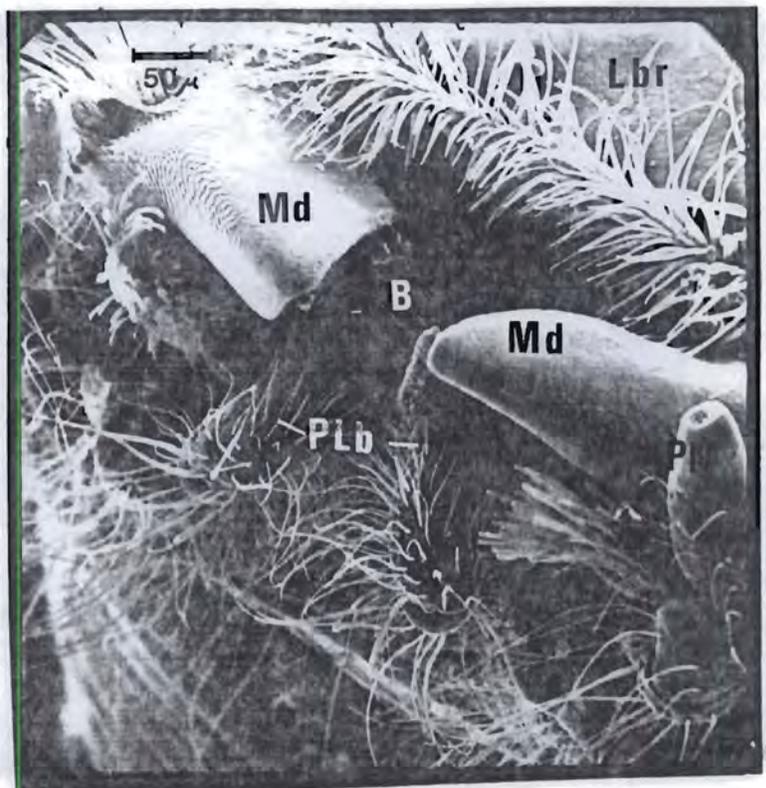
An = Antenas; C = Cabeza ;
Cly = Clypeus; di = Dienteci-
llos; Lbr = Labrum; Md = Man-
díbulas; Oj = Ojos; PMx =
Palpos maxilares.

APÉNDICES BUCALES

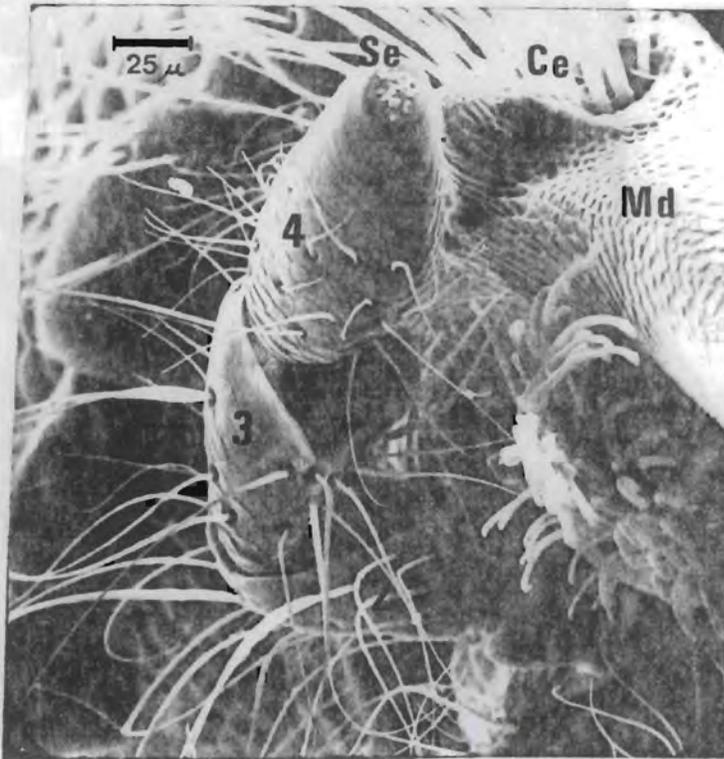
Fotografía No. 20. Apéndices bucales de adulto de *Prostephanus truncatus*.

(200 X) (10 mm. = 50 μ).

B = Boca; Lbr = Labrum; Md =
Mandíbulas; PLb = Palpos la-
biales; PMx = Palpos Maxilares



PALPOS MAXILARES



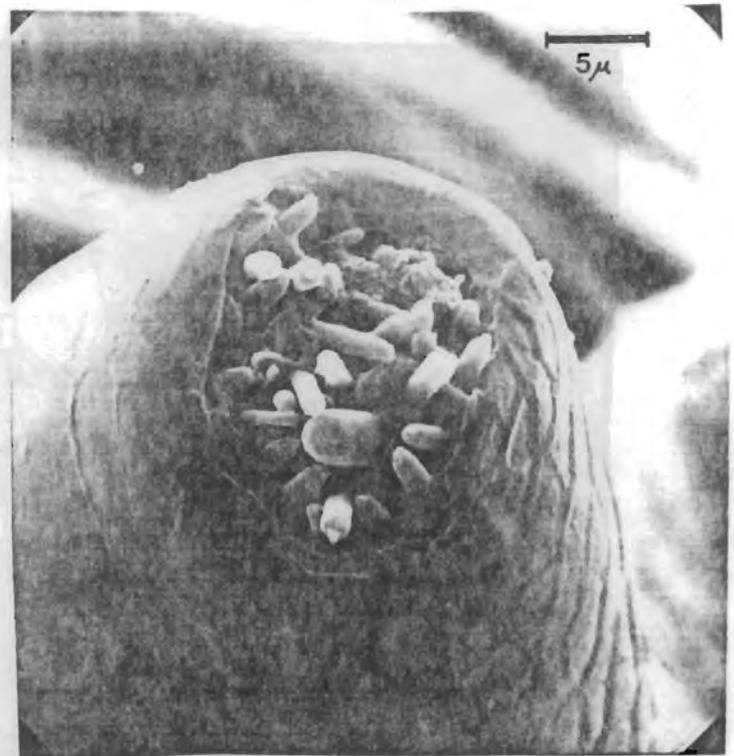
Fotografía No. 21. Palpos maxilares del adulto de *Prosthepanus truncatus*.

(400 X) (10 mm. = 25 μ).

Ce = Cerdas, sedas o setas;

Md = Mandíbulas; Se = Sensi-

lias; 1-4 = Segmentos de los palpos Maxilares.



Fotografía No. 22. Detalle de las sensilias de los palpos maxilares del adulto macho de *Prosthepanus truncatus*.

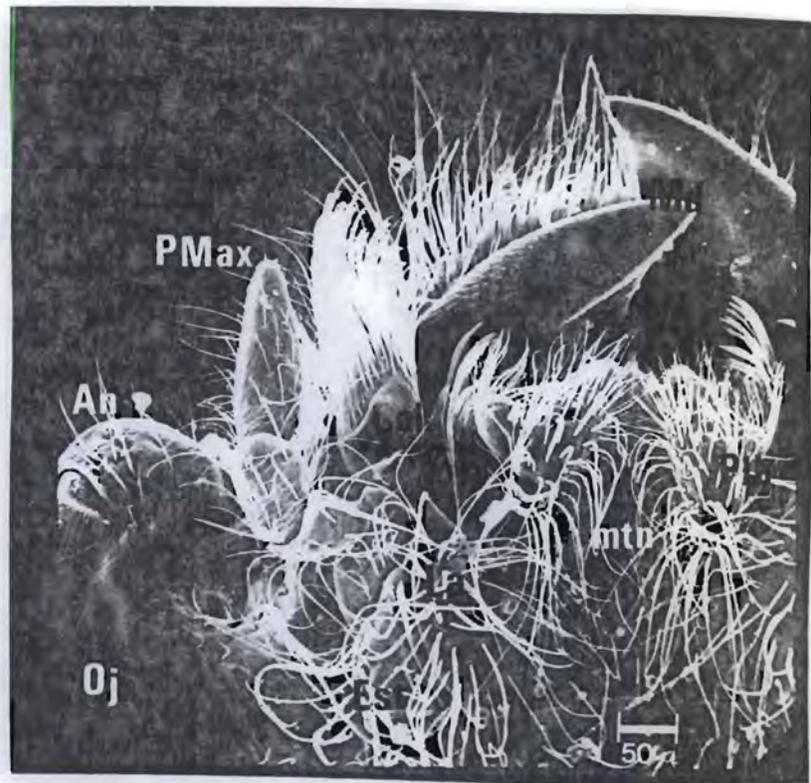
(2600 X) (13 mm. = 5 μ).

APÉNDICES BUCALES, VISTA VENTRAL

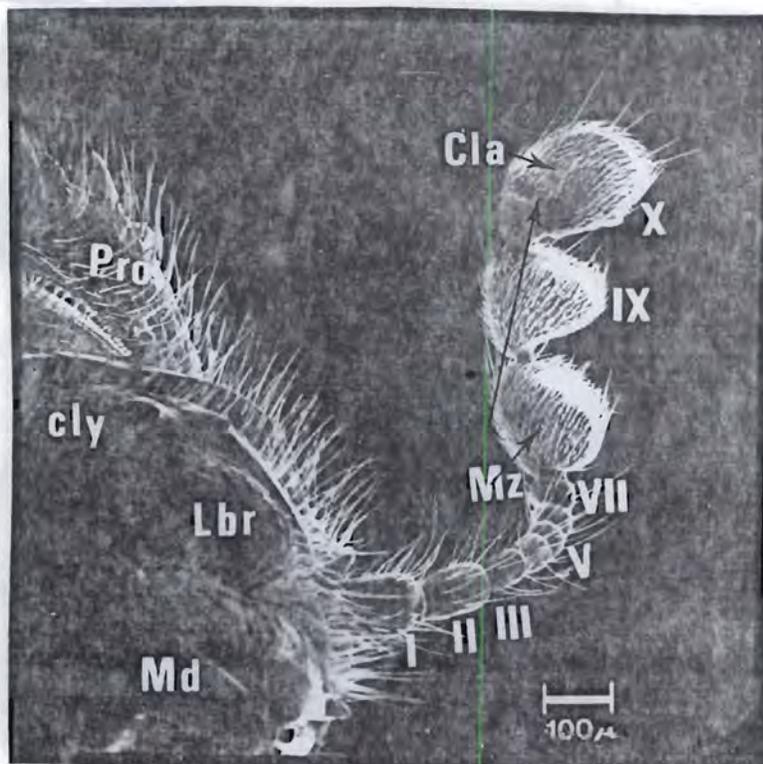
Fotografía No.23. Apéndices bucales, vista ventral, del adulto de Prostephanus truncatus.

(160 X) (8 mm. = 50 μ).

An = Antenas; Est = Estipe ;
La = Lacinia; Md = Mandíbula;
mtn = Mentón; Oj = Ojo; Plb = Palpo labial; PMax = Palpo maxilar.

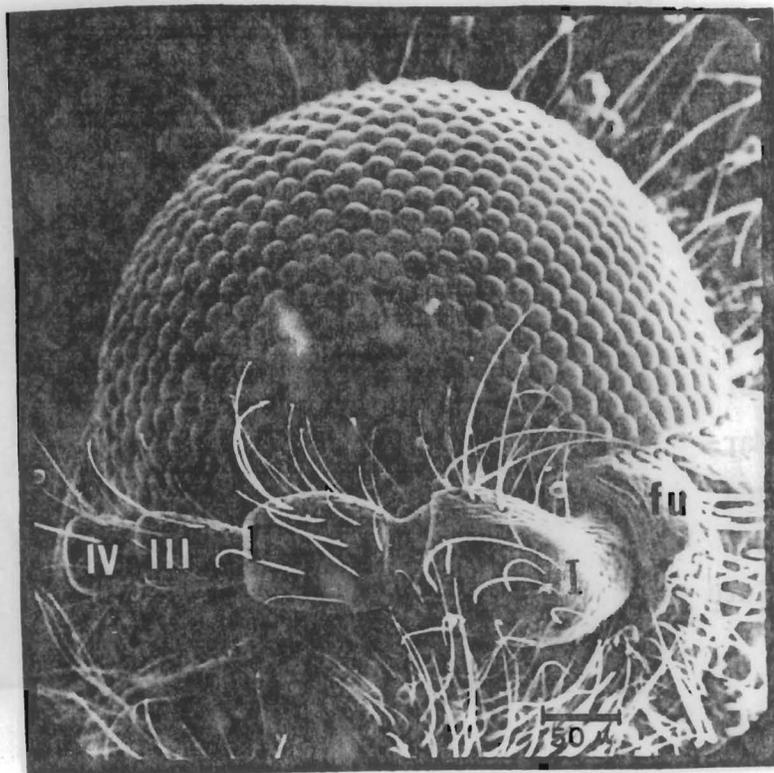


ANTENA



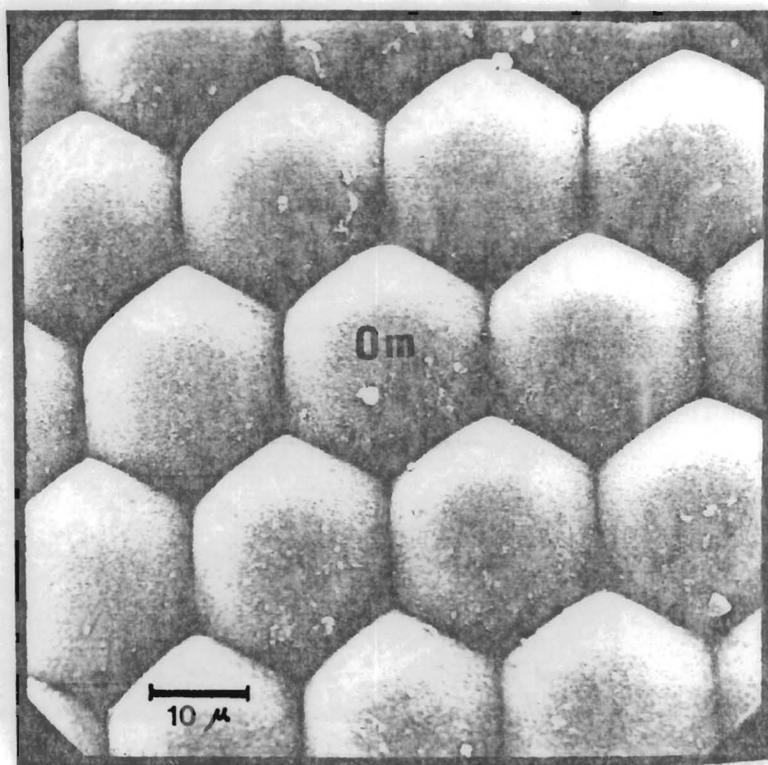
Fotografía No.24. Antena del adulto de Prostephanus truncatus. (94 X) (9.4 mm. = 100 μ) . Cla = Clava; cly = Clypeus; Lbr = Labrum; Md = Mandíbula; Mz = Maza; Pro = Pronotum; I-X = Segmentos antenales.

O J O S C O M P U E S T O S



Fotografía No. 25. Ojo compuesto y base de la antena de adulto de Prostephanus truncatus. (200 X)
(10 mm. = 50 μ). Fu = Funiculo antenal; I-IV = Segmentos antenales.

Fotografía No. 26. Omatidas del ojo compuesto de Prostephanus truncatus. (1300 X) (13 mm. = 10 μ). Om = Omatidas.

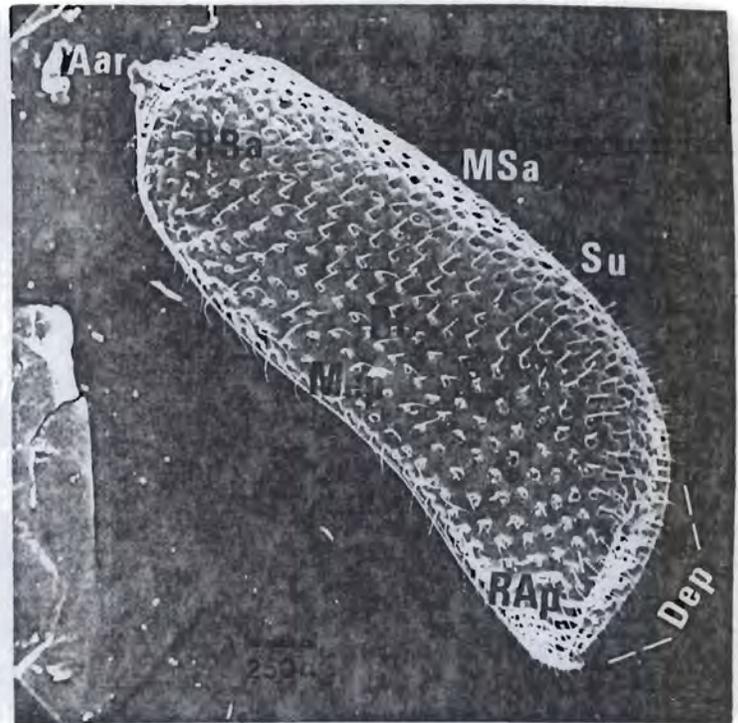


ELITRO

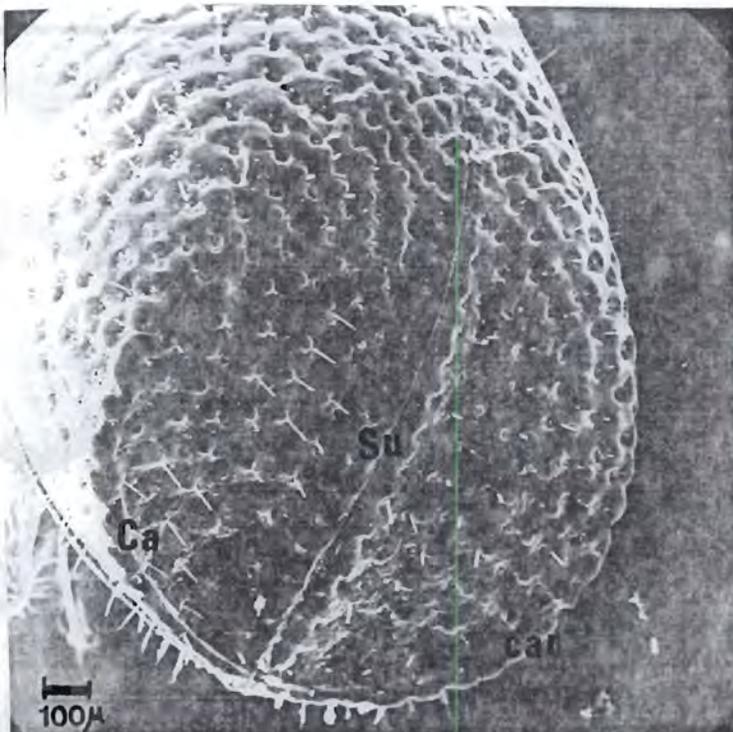
Fotografía No.27. Elitro izquierdo del adulto de Prostephanus truncatus.

(36 X) (9 mm. = 250 μ).

Aar = Area articular; Dep = Declive posterior; Mep = Margen epipleural; MSa = Margen Supraapical o sutura media; RAp = Región Basal; Su = Sutura.



DECLIVE APICAL



Fotografía No.28. Declive apical o distal de los élitros de Prostephanus truncatus. Obsérvese la terminación truncada y el semicírculo que forman los élitros, característico de la especie. (60 X) (6mm.=100 μ)
Ca=Carina; cer=Cerdas, sedas o setas.

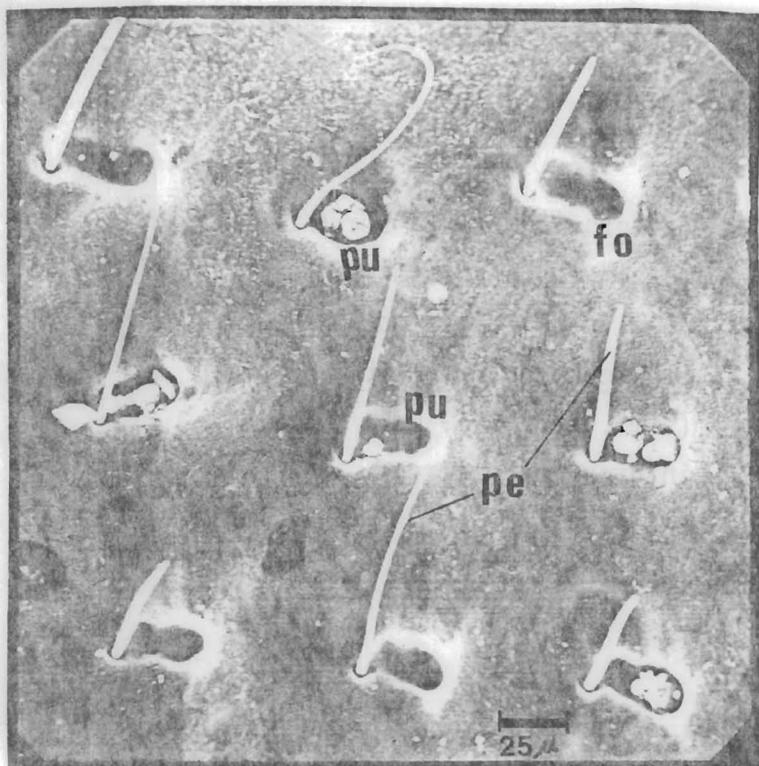
SEDAS O CERDAS Y FOSETAS

Fotografía No. 29. Detalle de la región media pleural de los élitros de Prostephanus truncatus. Obsérvense las sedas, setas ó cerdas largas y las fosetas o puntuaciones oblongas o alargadas.

(260 X) (9 mm. = 25 μ).

fo = Fosetas; pe = Pelos;

pu = puntuaciones.



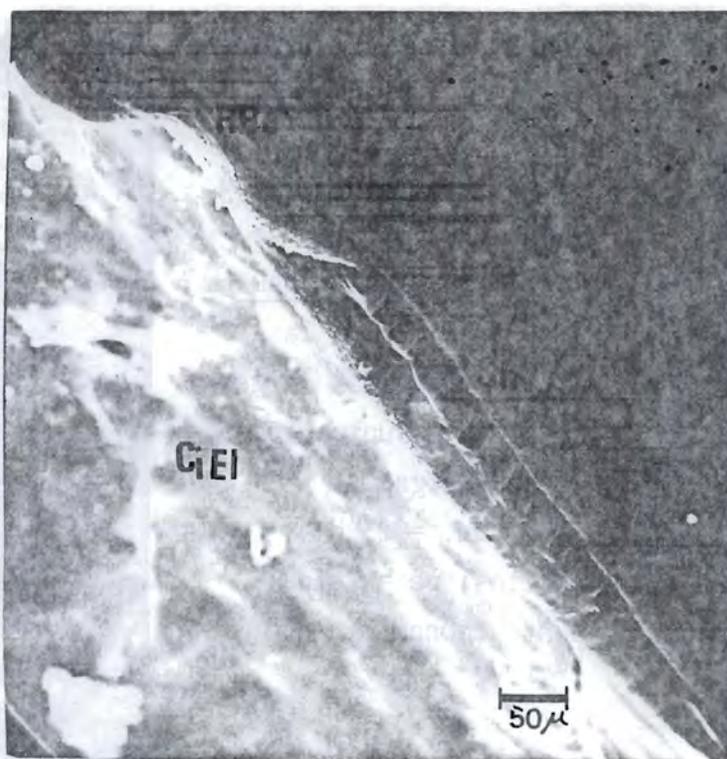
SÉDAS, FOSETAS Y GRANULOS

Fotografía No. 30. Detalle de la región del declive apical de los élitros de Prostephanus. Obsérvense las sedas o cerdas más cortas y recurvadas que en el caso anterior, las fosetas circulares y la presencia de gránulos. (360 X) (13mm.=50 μ).
fo = Fosetas; gr = Gránulos;
pe = Pelos.

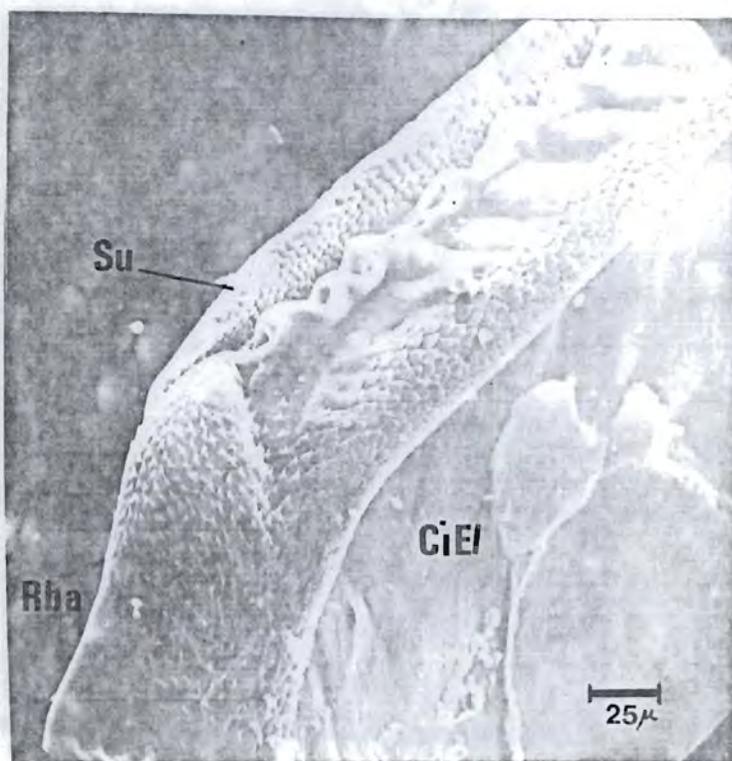


SUTURA MEDIA (DECLIVE)

Fotografía No. 31. Borde del margen de la sutura media del declive del élitro de Prostephanus truncatus. (180 X) (9 mm. = 50 μ). CiEl = Cara interna del élitro.



SUTURA MEDIA (REG. BASAL)



Fotografía No.32. Borde interno de la sutura media de la región basal del élitro de Prostephanus truncatus. (360 X) (9 mm. = 25 μ). CiEl = Cara interna del élitro; Rba = Región basal; Su = Sutura.

ESCLERITOS ARTICULARES

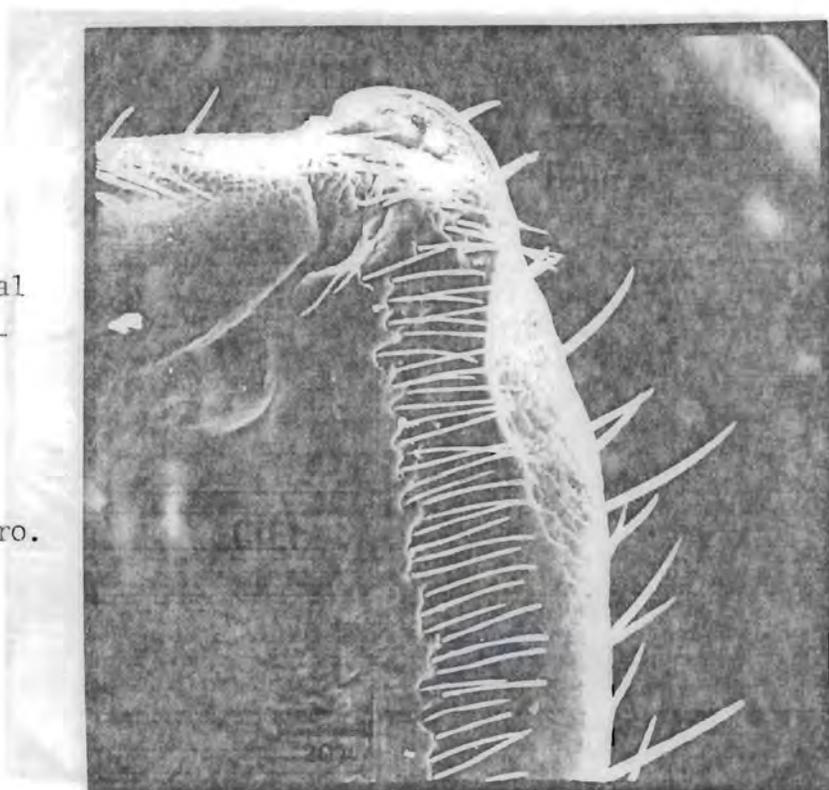


Fotografía No.33. Area articular del élitro de Prostephanus truncatus, mostrando los escleritos articulares.

(150 aumentos) (3 mm. = 20 μ).

CiEl = Cara interna del élitro;
eart = escleritos articulares.

BORDE APICAL DEL DECLIVE



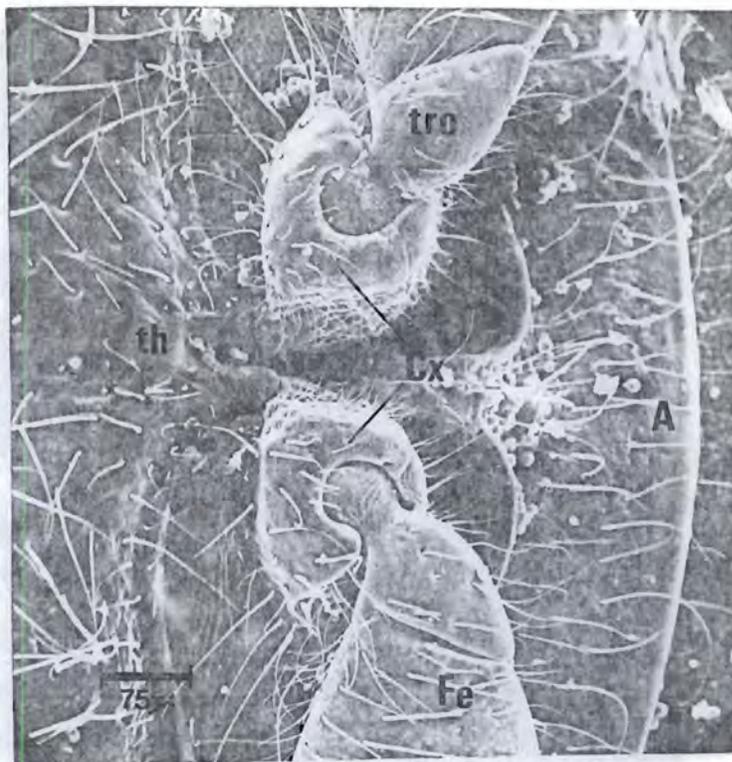
Fotografía No.34. Borde apical vista interna del área de declive de los élitros de Prostephanus truncatus.

(300 X) (3 mm. = 5 μ).

CiEl = Cara interna del élitro.

BASE DE LAS PATAS

Fotografía No.35. Base de las patas posteriores del adulto de Prostephanus truncatus. Se observan las coxas, trocanter, trocantín y parte del fémur. (160 X) (8 mm. = 50 μ).
 A = Abdomen; Cx = Coxas;
 Fe = Fémur; th = Tórax;
 tro = Trocanter.



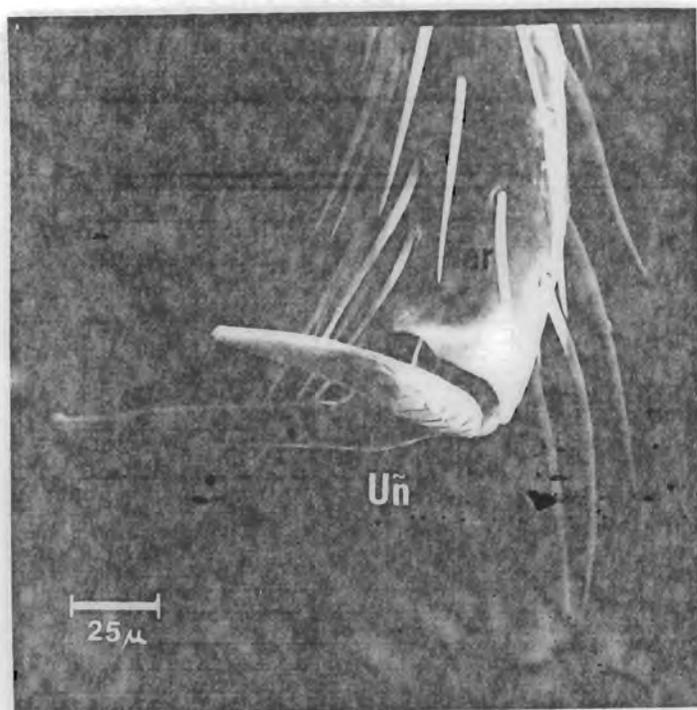
TIBIA Y TARSO



Fotografía No. 36. Espinas y espolón de la tibia y segmentos tarsales de la primera pata. (320 X) (8 mm. = 25 μ).
 di = Dientecillos; esp = Espinas;
 Espo = Espolón; Tar = Tarso;
 Tb = Tibia; 1-4 = segmentos tarsales.

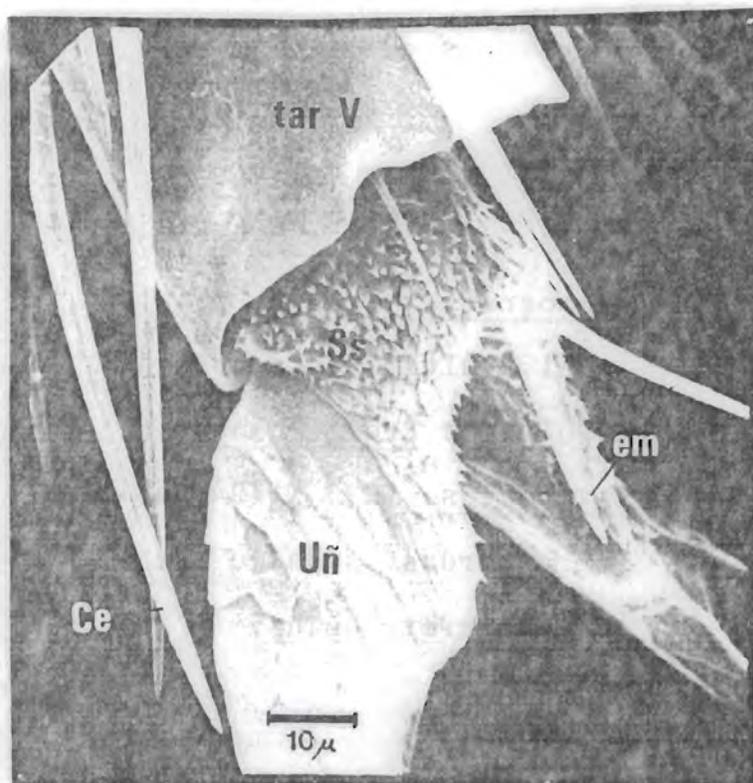
UÑAS

Fotografía No.37. Ultimo segmento tarsal y uñas del adulto de Prostephanus truncatus. (480 X) (12 mm. = 25 μ). tar = Tarso; Uñ = Uñas.

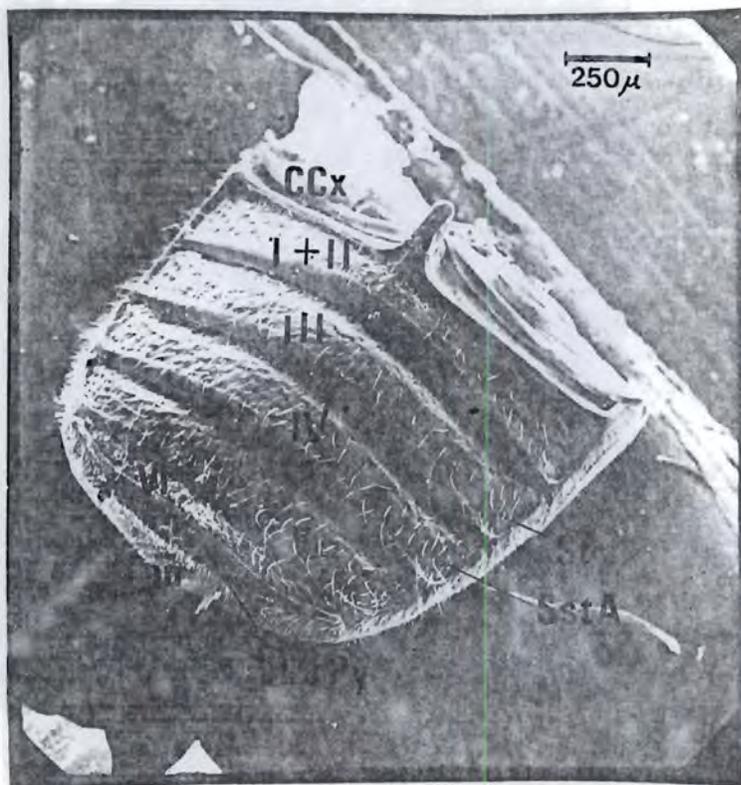


DETALLE DE LA BASE DE LAS UÑAS

Fotografía No.38. Detalle de la base interna de las uñas del adulto de Prostephanus truncatus. Obsérvese el empodium que surge de la comisura interna. (1200 X) (12 mm. = 10 μ). Ce = Cerdas, sedas o setas; em= Empodium; tar V=Segmento tarsal quinto; Uñ = Uñas.



ABDOMEN (VISTA VENTRAL)



Fotografía No.39. Esternitos abdominales del adulto de Prostephanus truncatus.

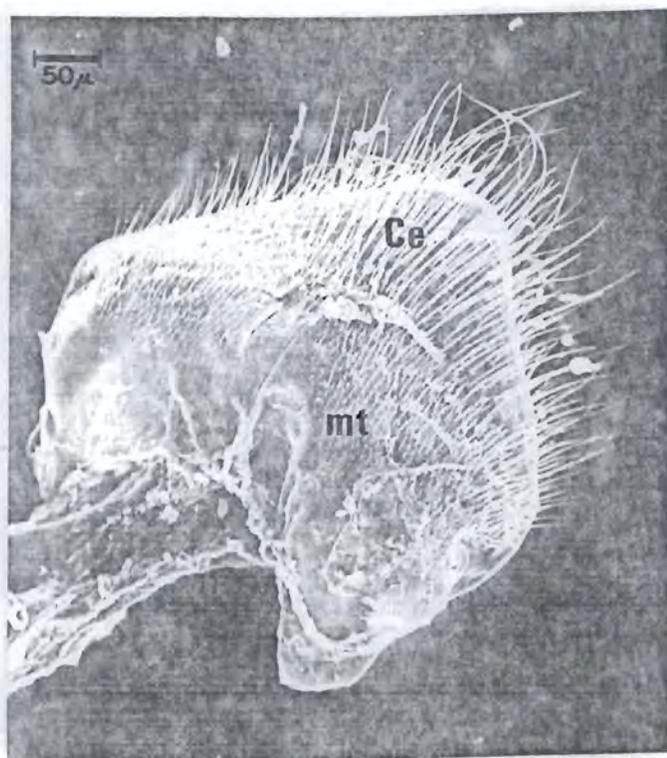
(44X) (11 mm. = 250 μ).

CCx = Cavidad coxal; Pan = Placa anal; SstA = Suturas Esternales del abdomen; St = Esternum; I-VI = Segmentos abdominales.

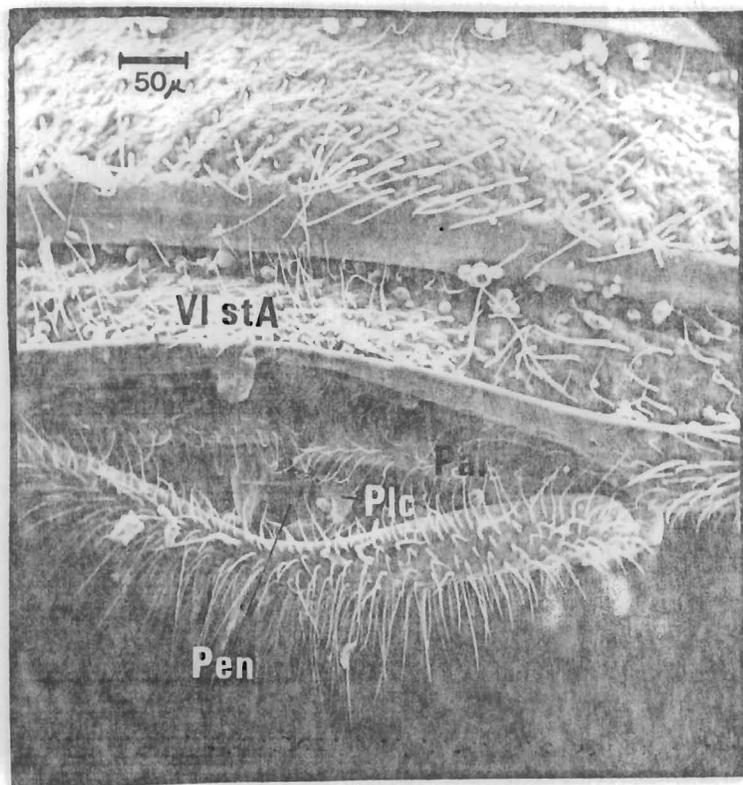
PLACA ANAL

Fotografía No. 40. Placa anal o último esternito del adulto de Prostephanus truncatus. (180 X) (9 mm.=50 μ).

Ce = Cerdas, sedas o setas; mt = microtriquias.

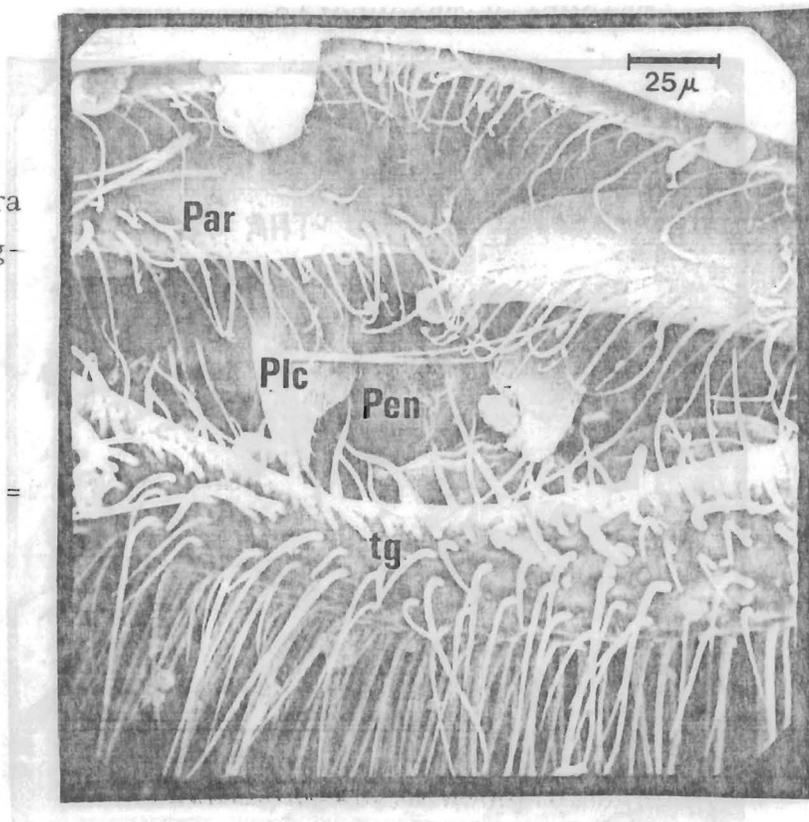


G E N I T A L I A E X T E R N A D E L M A C H O



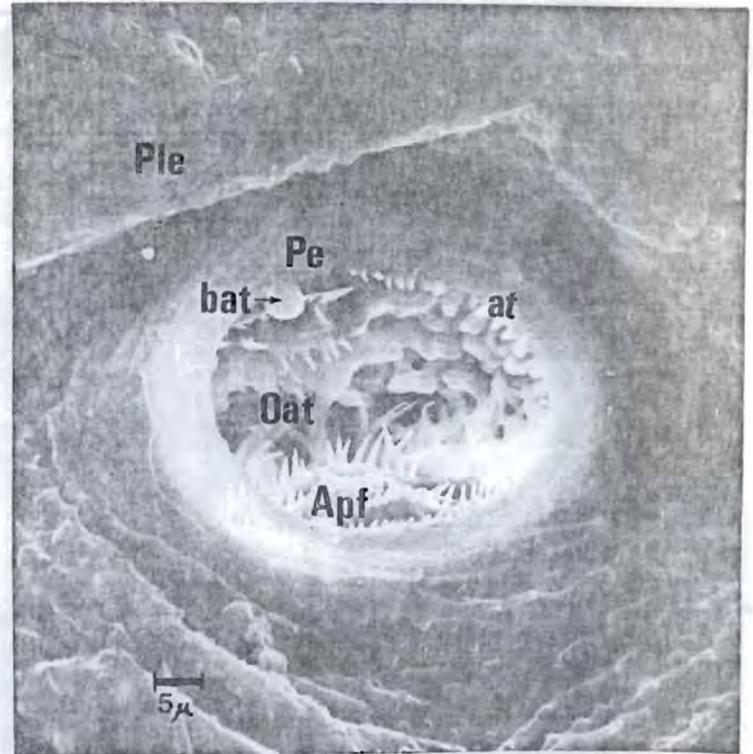
Fotografía No. 41. Últimos segmentos abdominales del adulto macho de *Prostephanus truncatus*, mostrando parte de los genitales externos. (180 X) (9 mm. = 50 μ). Par = Parámetros; Pen = Pene o aedeago; Plc = Placas convexas; VI stA = Sexto estérnito abdominal.

Fotografía No. 42. Abertura ano-genital del último segmento abdominal del macho adulto de *Prostephanus truncatus* mostrando parte de los órganos genitales externos. (480 X) (12 mm. = 25 μ). Par = Parámetros; Pen = Pene; Plc = Placas convexas; tg = Tergo.

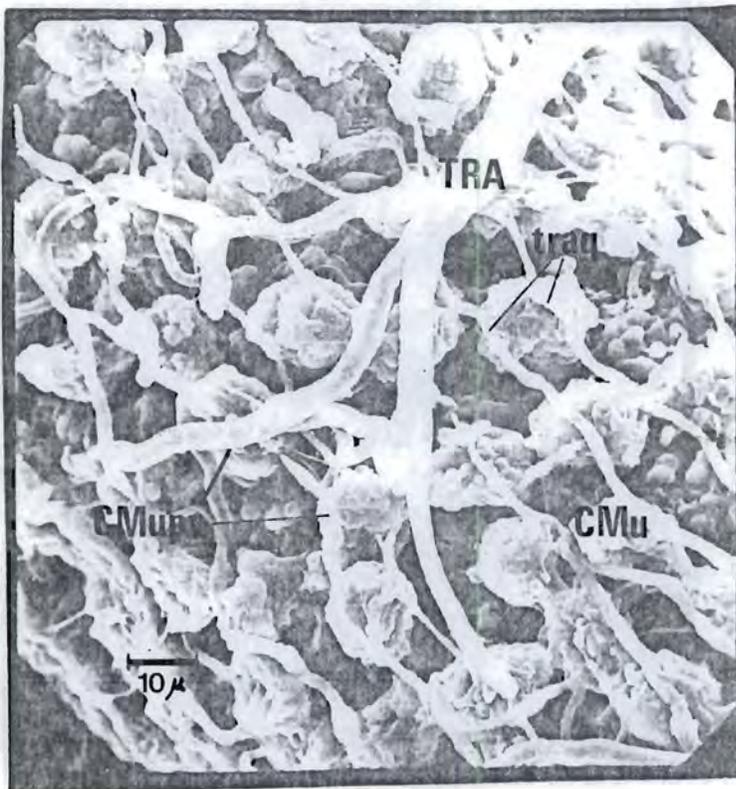


ESPIRACULO

Fotografía No.43. Orificio respiratorio o espiráculo torácico del adulto de Prostephanus truncatus. (1200X) (6 mm = 5 μ). Apf = Aparato filtrador; at = Atrio; bat = bolsa atrial; Oat = Orificio atrial; Pe = Peritrema; Ple = Pleurum.



TRAQUEA Y TRAQUEOLAS



Fotografía No. 44. Tráquea y traqueolas de la rama terminal del tronco traqueal visceral del abdomen del adulto de Prostephanus truncatus. (940X) (9.4 mm = 10 μ). CMu = Células musculares; CMupv = Células musculares de la pared externa del ventrículo; TRA = Tráquea; Traq = traqueola.

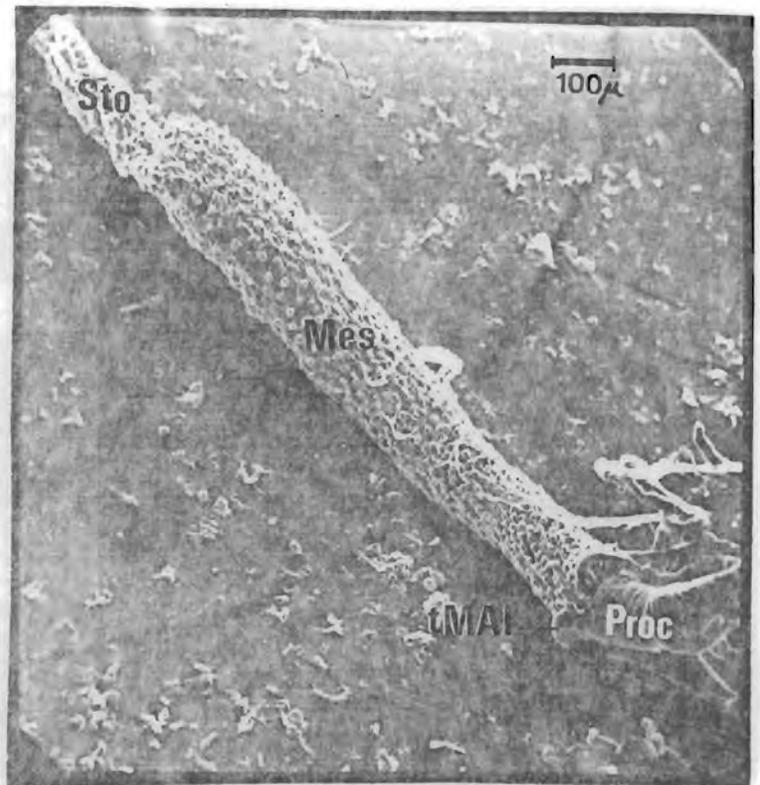
Fotografía No. 45. Aparato -
digestivo del adulto de

Prostephanus truncatus

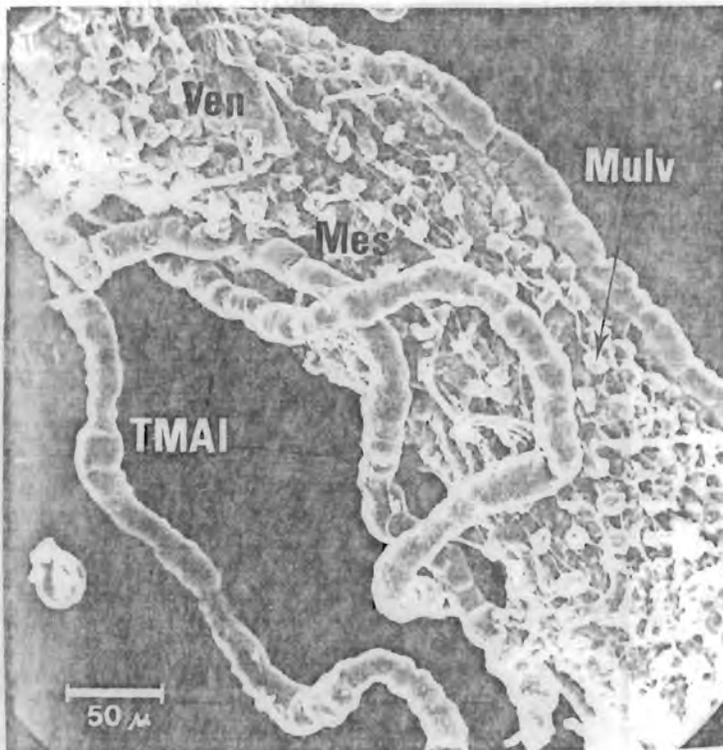
(78 x) (8mm. = 100 μ).

Mes = Mesenteron; Proc = Procto-
deum; Sto = Stomodeum;

tMAI = Túbulos de Malphigio.



ESTOMAGO O INTESTINO MEDIO

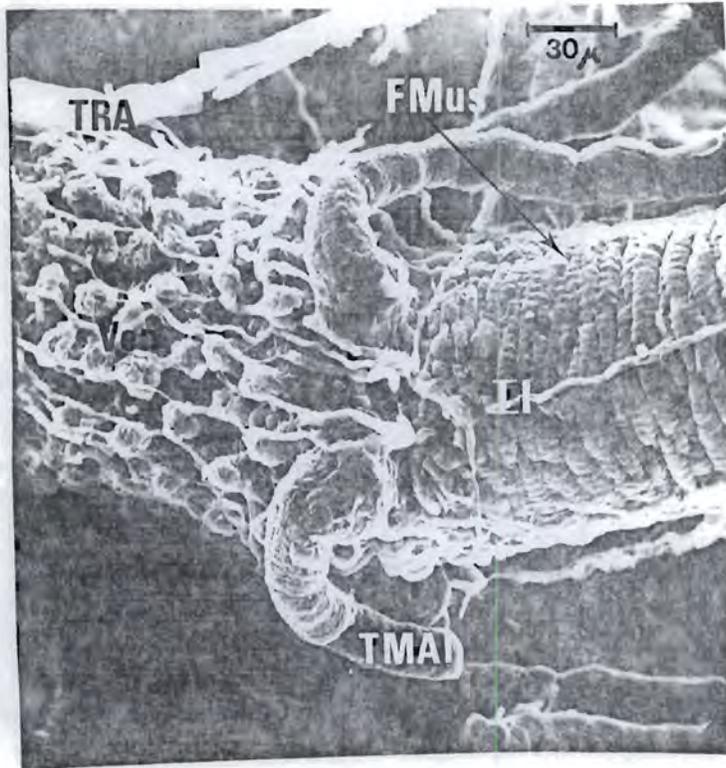


Fotografía No. 46. Ventrí-
culo, estómago, mesenterón o
intestino medio del aparato -
digestivo del adulto de
Prostephanus truncatus.

(260 X) (13mm. = 50 μ).

Mulv = Músculos longitudinales
del ventrículo; TMAI= Túbulos
de Malphigio.

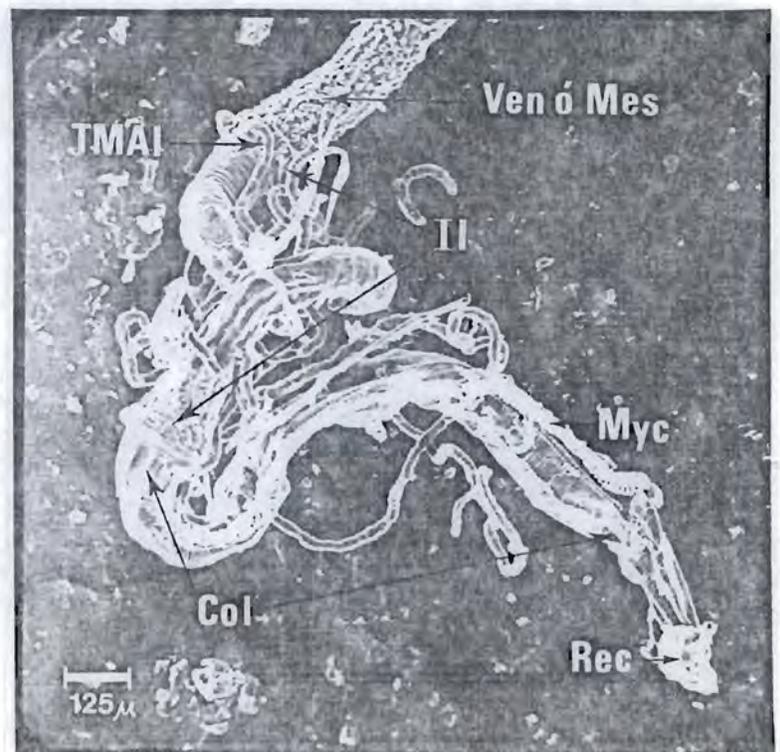
PILORO



Fotografía No. 47. Región del piloro del aparato digestivo de Prostephanus truncatus. Obsérvese la inserción de los túbulos de Malphigio. (400 X) (4 mm. = 10 μ). FMus = Fibras musculares; Il = Ileon; TMAI = Túbulos de Malphigio; TRA = Tráquea.

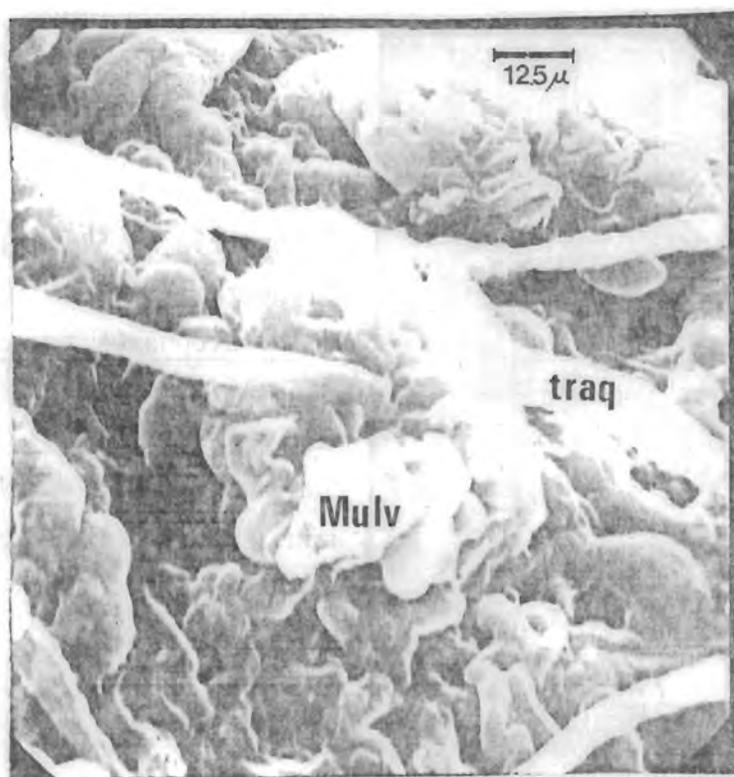
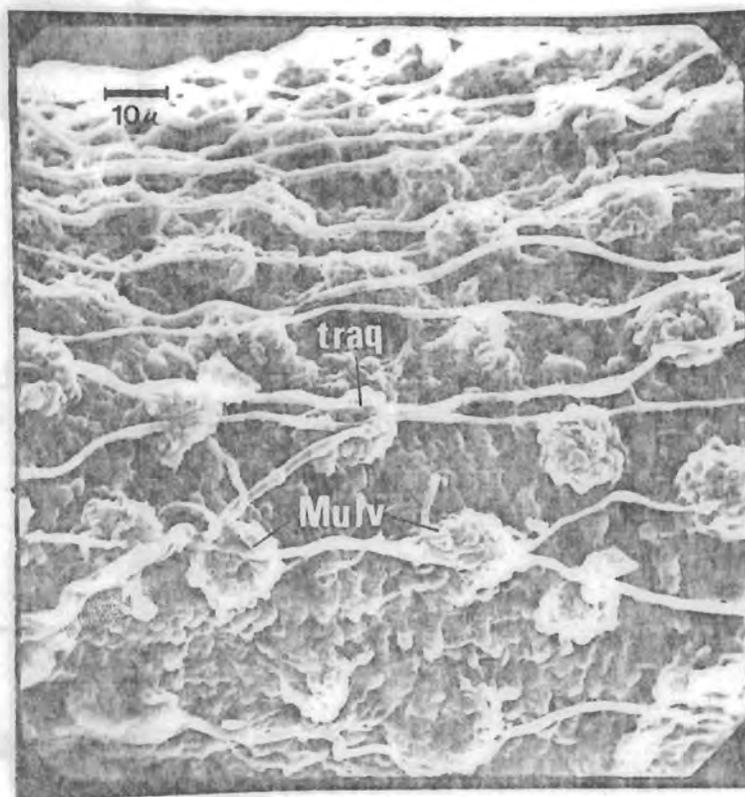
PROCTODEUM

Fotografía No. 48. Intestino posterior o proctodeum del adulto de Prostephanus truncatus. (72 X) (9mm. = 125 μ). Col = Colon; Il = Ileon; Myc = Micetomas; Rec = Recto; TMAI = Túbulos de Malphigio; Ven o Mes = Ventrículo o Mesenteron.



TRAQUEOLAS Y MUSCULOS LONGITUDINALES DEL ESTOMAGO

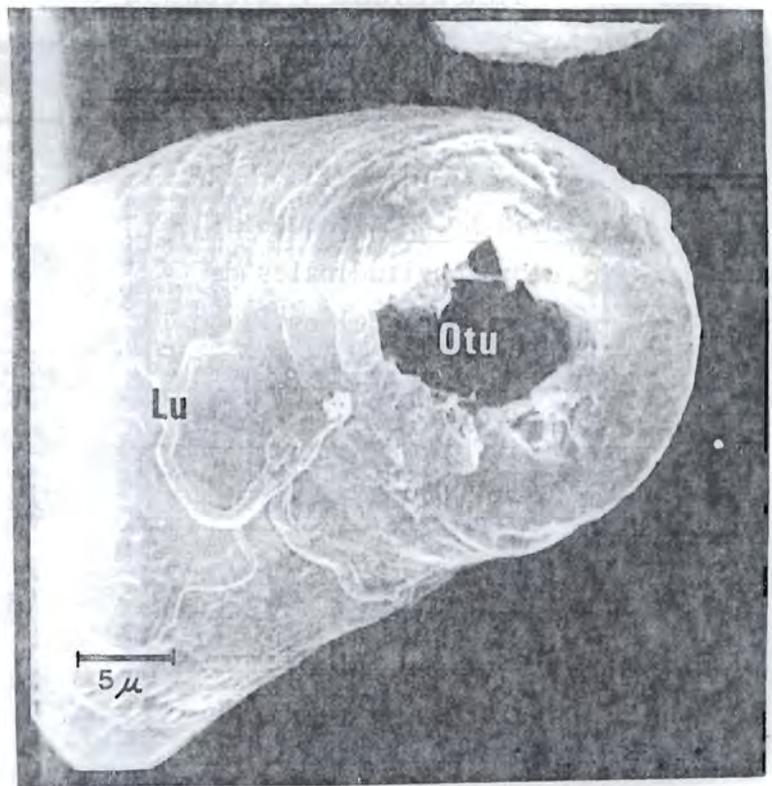
Fotografía No.49. Traqueolas y músculos longitudinales de la pared externa del estómago o ventrículo. (780 X) (78mm. = 100 μ). Mulv = Músculos longitudinales del ventrículo; traq = Traqueolas.



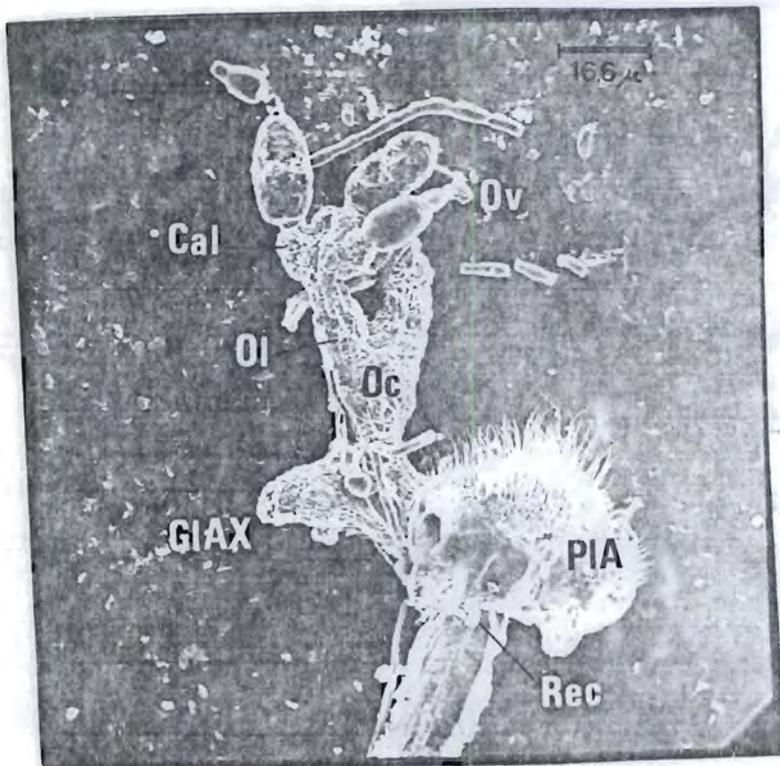
Fotografía No.50. Detalle de las traqueolas y músculo longitudinal ventral del estómago del adulto de *Prostephanus truncatus*. (3600 X) (18 mm. = 25 μ). Mulv = Músculos longitudinales del ventrículo; traq = Traqueolas.

TUBULO DE MALPHIGIO

Fotografía No.51. Corte de un
túbulo de Malphigio de
Prostephanus truncatus.
(2600 X) (13 mm. = 5 μ).
Lu = Lumen; Otu = Orificio del
túbulo.

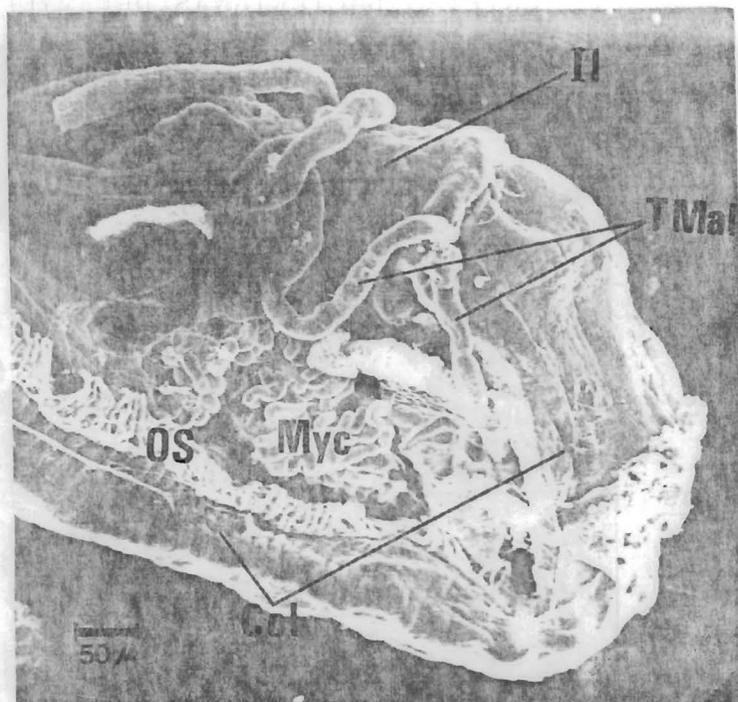


APARATO REPRODUCTOR FEMENINO



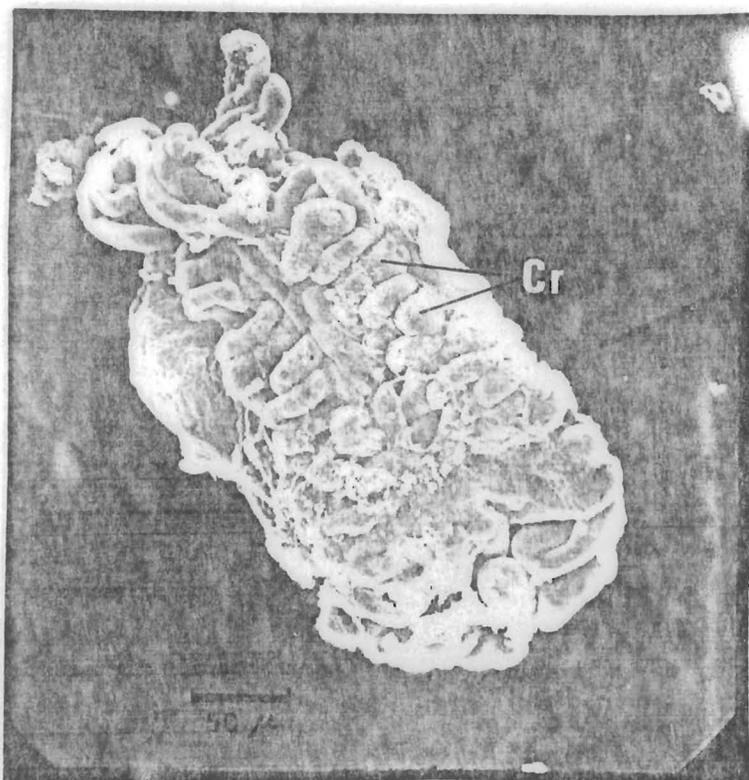
Fotografía No.52. Aparato re
productor femenino interno
de Prostephanus truncatus.
(66 X) (33 mm. = 500 μ).
Cal = Cáliz; GIAX = Glándu-
las anexas; Oc = Oviducto co
mún; OI=Oviducto lateral;
Ov = Ovariolas; PIA = Placa
anal; Rec = Recto.

MYCETOMA EN EL INTESTINO POSTERIOR



Fotografía No.53. Ubicación del mycetoma en el Aparato digestivo de Prostephanus truncatus adulto. (160 X) (8mm. = 50 μ). Col = Colon; II = Ileon; Myc = Micetoma; Os = Organos de sujeción del micetoma; TMal = Túbulos de Malphigio.

MYCETOMA AISLADO

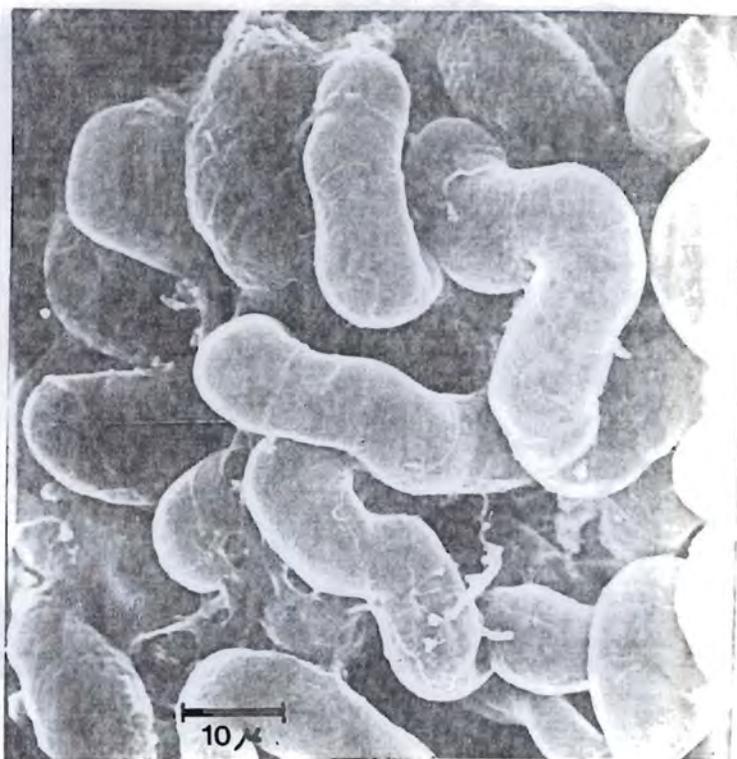


Fotografía No.54. Mycetoma aislado del Aparato digestivo de Prostephanus truncatus adulto. (260 X) (13mm. = 50 μ). Cr = Criptas.

CRIPTAS BACTERIANAS DEL MYCETOMA

Fotografía No. 55. Detalle de las criptas bacterianas de los mycetomas de Prostephanus truncatus adulto.

(1300 X) (13 mm. = 20 μ).



C. DATOS MORFOFOTOMETRICOS DE
PROSTEPHANUS TRUNCATUS (HORN)

Datos Morfofotométricos de Prostephanus truncatus (Horn)

(μ = micras; mm = milímetros; cm = centímetros)

Medidas del Huevecillo de un día de edad (Fotografía No. 1)

Largo766.66 μ = 0.76mm.

Ancho433.33 μ = 0.43mm.

Medidas del Huevecillo al Inicio de la eclosión a los cinco -
días de edad. (Fotografía No. 2 y 4).

Largo683.33 μ = 0.68mm.

Ancho475.00 μ = 0.47mm.

Radio de Abultamiento polar

debido al empuje del embrión..... 83.33 μ = 0.083mm.

Largo de la línea de eclosión.....116.66 μ = 0.12mm.

Ancho de la línea de eclosión.....3.33 μ = 0.003mm.

Observación: Se achata el huevecillo longitudinalmente y se en-
sancha ligeramente, produciéndose un abultamiento
polar hacia uno de los extremos del huevecillo de-
bido a los movimientos y empuje del embrión para
iniciar su proceso de eclosión.

Medidas del Huevecillo durante el proceso de eclosión y entre
los cinco y seis días de edad. (Fotografía No. 3).

Largo716.66 μ = 0.72mm.

Ancho600.00 μ = 0.60mm.

Radio del Abultamiento ecuatorial

producido por el embrión.....291.66 μ = 0.29mm.

Observación: El huevecillo tiende a redondearse con un abulta-

miento lateral ecuatorial, de mayor tamaño que en el caso anterior, debido a los movimientos giratorios y crecimiento del embrión dentro del huevecillo.

Medidas del huevecillo a punto de eclosionar a los seis y siete días de edad. (Fotografía No. 5).

Largo1187.50 μ \approx 1.19 mm.

Radio de ocupación de la larva

dentro del Huevecillo.....650 μ = 0.65 mm.

Observación: Para este tiempo la larva ocupa el 55% aproximadamente del volumen del huevecillo a punto de eclosionar. Se observa un arrugamiento general del corión del huevecillo en donde en uno de sus polos se aprecia la forma en "C" característica de la larva. El color blanco perlado del huevecillo en sus primeros días de edad se va tornando amarillento conforme madura hacia la eclosión; los huevecillos cuyo embrión muere antes de la eclosión se tornan café hasta negro por la necrosis de tejidos, perdiendo su turgencia característica.

Medidas de la eclosión del Huevecillo y surgimiento de la larva del primer estadio (Fotografías No. 6 y No. 7).

Long. total de la larva desde el centro del clypeus hasta el IX

Segmento Abdominal.....930.77 μ

Ancho máximo de la larva a

nivel del III Segmento Abdominal.....261.54 μ

Diámetro de la forma de "C" de la larva (línea recta desde la región anterior del clypeus hasta el tergum del VII Segmento Abdominal).....	623.07 μ
Longitud frontoclypeal.....	88.46 μ
Longitud del clypeus.....	150.00 μ
Longitud de la cabeza.....	107.69 μ
Longitud de las antenas.....	30.76 μ
Longitud de las mandíbulas.....	115.38 μ
Longitud de los palpos maxilares.....	130.77 μ
Longitud de los palpos labiales.....	61.53 μ
Ancho de la base de las mandíbulas.....	123.07 μ
Ancho del Segmento Apical de los palpos labiales.....	11.53 μ
Ancho del primer segmento torácico.....	146.15 μ
Longitud del espiráculo del primer segmento torácico.....	24.61 μ
Ancho del espiráculo del primer segmento torácico.....	21.53 μ
Longitud total de Patas I	146.15 μ
Ancho del último segmento abdominal.....	84.61 μ
Longitud de la cavidad de los urogonfi.....	53.84 μ
Longitud de los urogonfi.....	34.61 μ
Anchura máxima de los urogonfi.....	27.27 μ
Anchura mínima de los urogonfi	9.09 μ

Observaciones: Finalmente la larva con movimientos espirales -
perpendiculares y en diversos ejes dentro del -
huevecillo, emerge de éste, ayudándose con los

urogonfis laterales protusibles de forma ojival que a manera de abrelatas van rompiendo polarmente el corión del huevecillo, emergiendo primero la parte posterior del abdomen, el tergum de éste y el tórax, quedando la región del esternum - cubierta por la misma forma de "C" de la larva y la cabeza por el corión que aún no se desprende de ésta. Finalmente con otros movimientos y sacudidas de la larva, ésta saca la cabeza y frecuentemente se come parte o casi todo el corión del huevecillo dependiendo de la cantidad de alimento disponible en su entorno. Ya afuera del corión, la larva del primer estadio se observa con un aparato gnatal muy desarrollado, sin ojos o manchas oculares, las mandíbulas fusionadas lateralmente a la cabeza por su base. Antenas pequeñas de dos artejos con un segmento apical con dos cerdas largas. Las antenas se sitúan hacia la base de las - mandíbulas. Palpos maxilares de cuatro segmentos y con sensilias en su extremo distal al igual que los palpos labiales. Los tres pares de patas con una única uña y la primera pata dirigida más hacia el frente para ayudar a acercarse el alimento disponible. Los movimientos cruciformes del cuerpo de la larva y el constante movimiento de apéndices gnatales y locomotores le confieren un aspecto delicado característico de su blanda cutículla.

Medidas de Segmentos IV-VIII y Espiráculos de la larva del primer estadio (Fotografía No. 8).

Ancho del Segmento IV.....	34.70 μ
Ancho del Segmento V	31.69 μ
Ancho del Segmento VI	33.20 μ
Ancho del Segmento VII	37.72 μ
Largo espiráculo del Segmento IV.....	10.56 μ
Ancho espiráculo del Segmento IV.....	6.03 μ
Largo espiráculo del Segmento V.....	13.58 μ
Ancho espiráculo del Segmento V.....	6.03 μ
Largo espiráculo del Segmento VI.....	16.60 μ
Ancho espiráculo del Segmento VI.....	10.56 μ

Observaciones: Es interesante ver el semihundimiento y cerrado de los espiráculos de la larva del primer estadio, sobre todo los del segmento IV y V abdominal, probablemente apta para la distensión que tendrá que llevarse a cabo durante el crecimiento del organismo dentro de una cutícula blanda. Sería interesante obtener fotografías en MEB durante los procesos de muda y crecimiento de la larva.

Medidas de los Apéndices Gnatales de la larva del primer estadio (Fotografía No. 9).

Ancho de la mandíbula, región apical...	93.75 μ
Ancho de la mandíbula, región media..	109.37 μ
Ancho de la mandíbula, región basal..	123.00 μ
Longitud de los palpos maxilares.....	130.70 μ

primer segmento basal.....	61.53	μ
Ancho de los palpos maxilares, primer segmento basal.....	69.23	μ
Longitud de los palpos maxilares, segundo segmento	28.12	μ
Ancho de los palpos maxilares, segundo segmento.....	59.37	μ
Longitud de los palpos maxilares, tercer segmento	37.50	μ
Ancho de los palpos maxilares, tercer segmento	42.18	μ
Longitud de los palpos maxilares, cuarto segmento	59.37	μ
Ancho de los palpos maxilares, cuarto segmento	26.56	μ
Diámetro de la cavidad de las sensilias de los palpos maxilares.....	12.50	μ
Longitud promedio de las sensilias de los palpos maxilares	4.68	μ
Diámetro de la cavidad de las sen- silias de los palpos labiales.....	12.50	μ
Longitud promedio de las sensilias de los palpos labiales	4.68	μ

Observación: Se puede ver que las Mandíbulas son fuertes, grandes y poderosas con incisivos puntiagudos. Los palpos labiales y maxilares se hallan provistos de largos pelos y sensilias de diversos tamaños y grosores; seguramente juegan un papel fundamental

en la detección y calidad del alimento como olores, sabores y texturas.

Medidas de Patatas de la larva del primer estadio (Fotografía No. 10).

Longitud Primeras patas.....	300.00 μ
Longitud Segundas patas.....	368.75 μ
Longitud Terceras patas.....	123.00 μ
Ancho coxas del 2° par de patas.....	84.37 μ
Largo trocanter, 1er. par de patas...	62.50 μ
Ancho trocanter, 1er. par de patas...	75.00 μ
Largo trocanter, 2° par de patas.....	68.75 μ
Ancho trocanter, 2° par de patas.....	81.25 μ
Longitud del Fémur, 1er. par de patas.	93.75 μ
Anchura del Fémur, 1er. par de patas..	87.50 μ
Longitud del Fémur, 2° par de patas...	84.37 μ
Anchura del Fémur, 2° par de patas....	84.37 μ
Longitud tibia-tarso del primer par de patas.....	131.25 μ
Anchura de la tibia-tarso del primer par de patas.....	87.50 μ
Longitud tibia-tarso del 2° par de patas	112.50 μ
Anchura de la tibia-tarso del 2° par de patas.....	68.75 μ
Longitud uñas, 1a. pata.....	75.00 μ
Ancho base de las uñas, 1a. pata.....	18.75 μ
Longitud uñas, 2a. pata.....	56.25 μ
Ancho base de las uñas, 2a. pata.....	31.25 μ

Longitud uñas, 3a. pata.....30.76 μ

Ancho base de las uñas, 3a.pata15.38 μ

Observaciones: Ninguna de las patas parece tener forma para caminar, más bien las utiliza para raspar, cavar y - arañar en su entorno alimenticio y extraer peque- ñas partículas de comida como lo manifiestan sus cortas, flexionadas y regordetas patas, así como fuertes y ligeramente recurvadas únicas uñas de cada apéndice, recubierto de largos y fuertes pe- los, especialmente hacia la región distal. De he- cho, sus movimientos durante su activa alimenta - ción, muestran como las patas coadyuvan a la obten ción de gránulos almidonosos del maíz, especial mente el primer par de patas que están más dirigi das hacia la boca.

Medidas de la Pupa (fotografías 11 - 14)

Longitud total (Borde anterior del pronotum al último segmento abdominal)..... 2.906 mm

Ancho del Abdomen (A nivel del 2° Segmento).....625.000 μ

Longitud del Abdomen..... 1.531 mm

Longitud del Esbozo de los élitros....1.562 mm

Longitud del pronotum.....609.37 μ

Ancho del pronotum.....1100.00 μ = 1.1 mm

Longitud del mesonotum..... 250.00 μ

Ancho del mesonotum..... 1.05 mm

Longitud del escutellum..... 133.33 μ

Ancho del escutellum	66.66 - 125 μ
Longitud del metanotum.....	466.60 μ
Ancho del metanotum.....	1000.00 μ
Longitud promedio de los primeros Segmentos Abdomi- nales (I-IV).....	183.33 μ
Ancho promedio de los pri- meros Segmentos Abdominales.....	916.66 μ
Longitud de las microtriquias (III-V Segmentos).....	3.33 - 5.33 μ
Diámetro externo del Peritrema de los espiráculos.....	23.88 μ
Diámetro interno del Peritrema de los espiráculos (orificio atrial)	14.44 μ

Observaciones: En la pupa se observan ya todos los esbozos de lo que será el adulto con las alas y élitros aún no en su posición dorsal definitiva, lo que permite observar con claridad las placas dorsales del notum como son el meso y metanotum así como la forma del escutellum. Aún son visibles los 9 segmentos abdominales y los espiráculos del I-VI que parece ser no tienen mecanismos de cierre en esta etapa. Las microtriquias del esternum que son importantes taxonómicamente en las pupas son claramente evidentes en las fotografías de microscopio electrónico de barrido.

Medidas del Adulto, vista lateral (Fotografía No. 15).

Longitud total del cuerpo.....	3.95 mm
Ancho del cuerpo.....	1.25 mm
Diámetro de la cabeza.....	582.20 μ
Longitud del pronotum.....	1.41 mm
Ancho máximo del pronotum.....	770.83 μ
Diámetro aproximado del pronotum....	687.50 μ
Longitud total de los élitros.....	2.54 mm
Longitud del metasternum.....	1.06 mm
Ancho del metasternum.....	333.33 μ

Observación: Las fotografías en posición lateral del insecto no muestran con claridad la mayoría de las características taxonómicas del organismo; por lo que fue importante fotografiarlo en otras posiciones.

Medidas de Cabeza, Pronotum y Región Gnata del adulto (Fotografías No. 16-23).

Largo de la cabeza.....	181.81 μ
Ancho de la cabeza.....	833.33 μ
Longitud máxima del clypeus.....	242.42 μ
Longitud mínima del clypeus.....	136.36 μ
Anchura máxima del clypeus.....	636.36 μ
Anchura mínima del clypeus (ápice)..	515.50 μ
Diámetro del arco anterior del clypeus.....	250.00 μ
Altura de las crestas clypeales.....	25.00 μ
Distancia entre las crestas clypeales.....	100.00 μ

Altura de los dientecillos frontales del pronotum.....	100 - 116.6 μ
Altura de los dientecillos más pequeños del pronotum.....	37.5 μ
Distancia entre los dientecillos frontales del pronotum.....	125.0 μ
Longitud promedio de las cerdas del frente del pronotum.....	91.6 - 125 μ
Longitud del labrum (parte media)...	169.23
Ancho del labrum	323.00 μ
Longitud del arco posterior del labrum.....	541.60 μ
Diámetro del arco posterior del labrum.....	241.66 μ
Longitud de las cerdas o microtriquias del labrum.....	7.69 - 93.30 μ
Longitud 1er. Segmento de palpos maxilares	25.00 μ
Ancho 1er. Segmento de palpos maxilares	21.87 - 31.25 μ
Longitud 2o. Segmento de palpos maxilares.....	62.50 μ
Ancho 2o. Segmento de palpos maxilares.....	18.75 - 65.62 μ
Longitud 3er. Segmento de palpos maxilares.....	90.62 μ
Ancho 3er. Segmento de palpos maxilares.....	59.37 μ

Longitud 4o. Segmento de	
palpos maxilares	137.50 μ
Ancho 4o. Segmento de	
palpos maxilares.....	21.87 - 62.50 μ
Longitud palpifer.....	93.75 μ
Ancho palpifer.....	18.75 - 53.12 μ
Longitud del estipe.....	75.00 μ
Ancho del estipe	56.25 μ
Longitud de la lacinia.....	137.50 μ
Longitud de las sedas de la galea....	71.87 - 212.50 μ
Diámetro de la cavidad de las	
sensilias de los palpos maxilares....	13.46 - 18.46 μ
Longitud de las sensilias de los	
palpos maxilares.....	1.34 - 4.42 μ
Ancho de las sensilias de	
los palpos maxilares.....	0.76 - 2.88 μ
Longitud de las mandíbulas.....	407.69 μ
Anchura en la base de las	
mandíbulas.....	200.00 μ
Anchura en la parte media de	
las mandíbulas.....	107.69 μ
Anchura en el ápice de las	
mandíbulas.....	11.53 μ
Longitud del segmento apical	
del palpo labial.....	132.50 μ

Observación: La altura y la distancia entre las crestas clypeales concuerdan con los tamaños dados por Shires, S.W. pa

ra los machos de P. truncatus, éstas son de $106.9 \pm 11.03 \mu$ de distancia entre cresta y cresta, y $22.5 \pm 3.39 \mu$ de alto. El número de segmentos de los palpos maxilares del adulto de P. truncatus no concuerda con lo emitido por la literatura ya que nosotros observamos cuatro y la literatura dice que son tres. Por vez primera se observa y se registra con detalle las estructuras sensitivas de los apéndices gnatales, tales como las sensilias.

Medidas de los Ojos (Fotografías 17, 19, 25 y 26).

Distancia entre ojo y ojo.....	132.50 μ
Longitud del ojo compuesto.....	422.50 μ
Altura del ojo compuesto.....	280.00 μ
Diámetro del ojo compuesto.....	205.00 μ
Longitud de las omatidias.....	21.15 μ
Anchura de las omatidias.....	23.46 μ
Diámetro de las omatidias.....	11.53 μ

Observación: Ojos compuestos esféricos, sobresalientes a los lados de la cabeza como si fueran una cúpula en forma de media naranja constando de más de omatidias en cada ojo compuesto.

Medidas de las Antenas (Fotografías No. 24 y 25).

Longitud del 1er. segmento antenal...	140.00 μ
Anchura del 1er. segmento antenal....	80.00 - 97.50 μ
Longitud del 2o. segmento antenal....	120.00 μ
Anchura del 2o. segmento antenal....	52.50 - 80.00 μ
Longitud del 3er. segmento antenal...	70.00 μ

Anchura del 3er. segmento antenal.....	35.00 - 50.00 μ
Longitud del 4o. segmento antenal.....	50.00 μ
Anchura del 4o. segmento antenal.....	40.00 - 50.00 μ
Longitud del 5o. segmento antenal.....	31.91 μ
Anchura del 5o. segmento antenal.....	51.06 μ
Longitud del 6o. segmento antenal.....	37.23 μ
Anchura del 6o. segmento antenal.....	58.51 μ
Longitud del 7o. segmento antenal.....	42.55 μ
Anchura del 7o. segmento antenal.....	63.82 μ
Longitud del 8o. segmento antenal.....	159.57 μ
Anchura del 8o. segmento antenal.....	37.23 - 127.65 μ
Longitud del 9o. segmento antenal.....	148.93 μ
Anchura del 9o. segmento antenal.....	26.59 - 143.61 μ
Longitud del 10o. segmento antenal.....	218.00 μ
Anchura del 10o. segmento antenal.....	31.91 - 159.57 μ
Diámetro del 10o. segmento antenal.....	95.74 μ
Longitud total de la antena.....	936.17 μ
Longitud de la clava.....	521.27 μ

Observación: Cuando el insecto es molestado o muere, suele colocar las antenas por abajo de los ojos pegadas a la cabeza y prosternum, pero en estado activo suele llevarlas al frente en forma acodada con la clava hacia arriba.

Medidas de los élitros (Fotografías No.27 - 30).

Longitud de la base al ápice
del élitro 2.53 mm

Longitud de la base al declive	
posterior del élitro.....	2.42 mm
Anchura máxima del élitro.....	1.00 mm
Anchura mínima del élitro (Base)	583.33 μ
Longitud del surco del declive	
de los élitros.....	1.33 mm
Diámetro del área truncada de	
los élitros.....	1.13 mm
Distancia entre pelo y pelo	
del declive de los élitros.....	73.07 - 107.69 μ
Longitud mínima y máxima de	
los pelos del área de declive.....	34.61 - 92.30 μ
Distancia de gránulo a gránulo	
longitudinalmente	61.53 - 107.69 μ
Distancia de gránulo a gránulo.	
lateralmente.....	46.15 - 84.61 μ
Altura promedio de los gránulos.....	23.07 μ
Diámetro promedio de las fosetas	
del área de declive.....	30.76 μ
Distancia entre pelo y pelo en	
el área costal.....	88.88 μ
Longitud mínima y máxima de	
los pelos del área costal.....	38.88 - 100.00 μ
Longitud de las fosetas del	
área costal.....	27.77 μ
Anchura de las fosetas del	
área costal.....	13.88 μ

Observación: Los élitros se encuentran recubiertos de una serie de ornamentaciones estructurales cuticulares como son pe los, fosetas y gránulos que muy probablemente le dan al insecto información sobre las condiciones externas del medio. Estos élitros también muestran ornamentaciones en su cara interna tales como microtriquias, superficies serradas y de cremallera que de hecho funcionan como área de ensamblaje entre élitro y élitro a nivel del surco central desde el área basal hasta el ápice de éstos. (Fotografías 31-34).

Medidas de las patas (Fotografías No. 35-38).

Diámetro externo de las coxas.....	153.12	μ
Diámetro interno de las coxas.....	62.50	μ
Diámetro cabeza del trocánter.....	59.37	μ
Longitud del trocánter.....	187.50	μ
Longitud del Fémur.....	708.33	μ
Ancho del Fémur.....	208.33	μ
Longitud de la tibia.....	416.66	μ
Altura de los dientes de la tibia....	17.18 - 43.75	μ
Altura de las espinas de la tibia....	31.25 - 64.06	μ
Longitud del espolón de la tibia....	128.12	μ
Anchura de la base del espolón de la tibia.....	29.68	μ
Longitud total de los segmentos tarsales.....	208.33	μ
Longitud del primer segmento tarsal.....	56.25	μ
Longitud del segundo segmento tarsal.....	31.25	μ
Longitud del tercer segmento tarsal.....	42.18	μ
Longitud del cuarto segmento tarsal.....	64.06	μ
Longitud de las cordas del tarso....	54.16 - 89.58	μ
Longitud de las uñas.....	112.50	μ

Ancho de la base de las uñas.....31.25 μ

Longitud del Empodium.....30.83 μ

Observaciones: Las coxas con el trocánter tienen un buen mecanismo de giro para el movimiento activo de las patas de los adultos. Si se observan las fotografías con cuidado, se observará que el espolón queda hacia la cara interna de la pata por lo que diferimos en el punto de vista de Cowley (1980) quien asegura que le sirve al adulto para penetrar las hileras de granos de las mazorcas, en última instancia los dientecillos y las espinas de la tibia podrían ayudar a tal función, ya que éstos sí se hallan hacia la cara externa posterior de la pata, sin embargo, por las observaciones que he hecho, sospecho que todas estas estructuras por su posición y función le sirven más bien al adulto para hacer oposición y agarre con las uñas para empujarse hacia el frente (uñas, espinas y dientecillos) o hacia atrás (espolones) en el interior de las galerías hechas por el adulto en los túneles dentro del maíz o la madera, y como mecanismos de agarre para no caer de superficies como en el caso de uñas, empodium y espolones de patas posteriores. Sería interesante realizar una filmación del sistema de desplazamiento de *P. truncatus* fuera de la mazorca y dentro de los granos para comprobar todas las observaciones que he realizado en estos insectos adultos.

Medidas del Abdomen (Fotografías No. 39 y 40)

Longitud total del Abdomen

(sin espina anterior).....1.07 mm

Longitud promedio de los

esternitos abdominales.....227.27 μ

Longitud de la espina

abdominal anterior.....227.27 μ

Anchura del esternito

abdominal I + II..... 1.34 mm

Anchura del esternito abdominal III	....1.33 mm
Anchura del esternito abdominal IV	.....1.27 mm
Anchura del esternito abdominal V	..... 1.17 mm
Anchura del esternito abdominal VI	...954.54 μ
Anchura del esternito abdominal VII o Pygidium	.....545.45 μ
Longitud del esternito abdominal VII o Pygidium	..... 79.54 μ
Longitud media de la placa anal	.....277.77 μ
Anchura en el ápice de la placa anal	..... 83.33 μ
Anchura en la parte media de la placa anal	..... 377.77 μ
Longitud máxima de las cerdas de la placa anal	..... 155.55 μ
Longitud mínima de las cerdas y microtriquias de la placa anal	..... 2.77 μ

Observaciones: El abdomen es similar en número de segmentos a la de los otros coleópteros, Todo parece indicar que la placa anal es un área con muchísima sensibilidad y receptores del medio ya que se halla recubierta de gran cantidad de cerdas de diversas longitudes.

Algunas medidas de Genitales externos del macho (Fotografías 41 y 42).

Ancho del Aedeago	..... 41.66 μ
Longitud de los parámetros	.....261.11 μ
Anchura de los parámetros	..... 44.44 μ
Longitud de las placas	..... 58.33 μ
Ancho máximo de las placas	..... 29.16 μ

Observaciones: Por una casualidad, en las preparaciones de adultos para microscopio electrónico de barrido, uno de los machos quedó con los órganos sexuales expuestos, lo que permitió observar algunas particularidades de sus órganos, sin embargo, en la normalidad, quedan cubiertos por los esternitos y solo los exponen du-

rante la cópula. Tal vez sería interesante hacer preparaciones ex-profeso de genitales de machos y hembras para observarlos y estudiarlos con mayor detalle.

Algunas medidas del Aparato Reprodutor Femenino (Fotografía No.52).

Longitud promedio de las ovariolas....	34.70 μ
Anchura máxima de las ovariolas.....	12.07 μ
Longitud del oviducto lateral.....	15.09 μ
Anchura del oviducto lateral.....	10.56 μ
Longitud del oviducto común.....	22.63 μ
Anchura del oviducto lateral.....	18.10 μ

Observaciones: Sería importante para completar la información tanto de aparatos reproductores femeninos como masculinos, realizar más preparaciones completas de éstos, ya que las fotografías obtenidas fueron insuficientes para observar los detalles de varias estructuras.

Algunas medidas del Sistema Respiratorio (Fotografías 43, 44, 49 y 50).

Longitud mayor y menor del peritrema del espiráculo.....	36.6 - 50.8 μ
Anchura mayor y menor del peritrema del espiráculo.....	27.5 - 40.0 μ
Diámetro de la bolsa atrial del espiráculo.....	4.16 μ
Diámetro externo de la tráquea visceral de los músculos longitudinales del estómago.....	7.77 μ

Algunas medidas de los túbulos de Malphigio (Fotografía No.51)

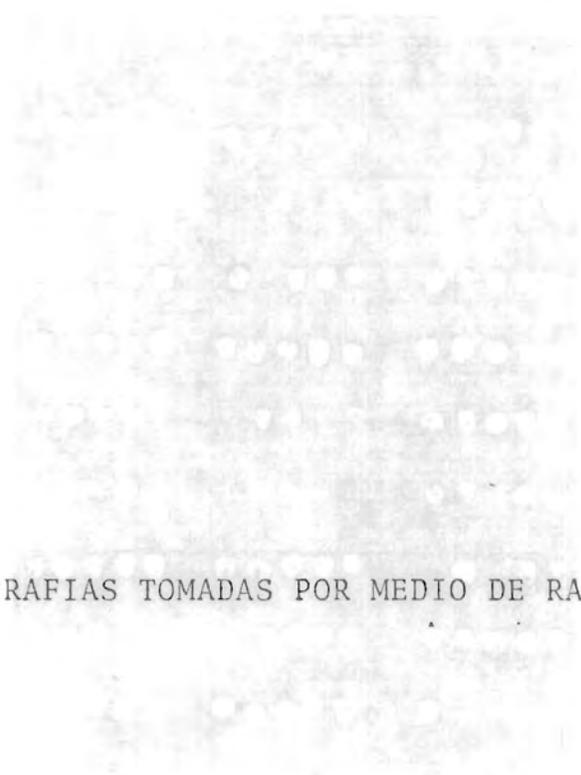
Diámetro externo promedio de los túbulos de Malphigio.....	15.38 - 23.07 μ
Diámetro del orificio del túbulo de Malphigio.....	11.53 μ

Observaciones: Sería interesante aislar, fotografiar y estudiar - con más detalle, las diversas ramas del Sistema Respiratorio, así como diversos cortes en túbulos de Malphigio para observación de cristales, órganos del sistema circulatorio, hemocitos y sistema nervioso. Hubieran sido igualmente importantes aislarlos y estudiarlos pero las técnicas de disección y preparación no nos permitieron observarlos completamente con claridad y así extraerlos.

Algunas medidas del Aparato Digestivo (Fotografías No. 45, 46, 48 y 54).

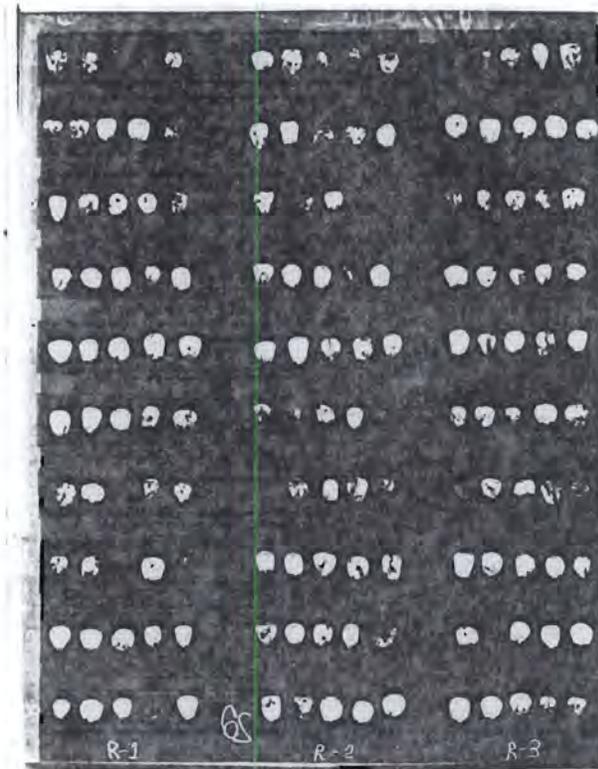
Longitud del mesenteron.....	1.00 mm
Diámetro externo del mesenteron	175.00 μ
Diámetro de los músculos longitudinales del estómago.....	13.75 μ
Longitud del proctodeum.....	2.55 mm
Longitud del íleon.....	1.07 mm
Ancho del íleon.....	97.22 μ
Longitud del colon.....	1.27 mm
Ancho del colon.....	111.11 μ
Longitud del recto.....	208.30 μ
Ancho del recto.....	55.55 μ
Largo del micetoma.....	307.69 μ
Ancho del micetoma.....	176.92 μ
Ancho de las criptas bacterianas del micetoma.....	9.23 - 10.76 μ

Observaciones: Todas las estructuras del aparato digestivo aquí - evidenciadas son las halladas en todo insecto masticador; lo que resultó aquí excepcional y muy interesante, fueron la observación de la traqueación de los músculos longitudinales del estómago y la presencia de micetomas, que son un reflejo de sus hábitos alimenticios xilófagos originales y que no han desaparecido en el curso de su evolución y habituación al maíz.



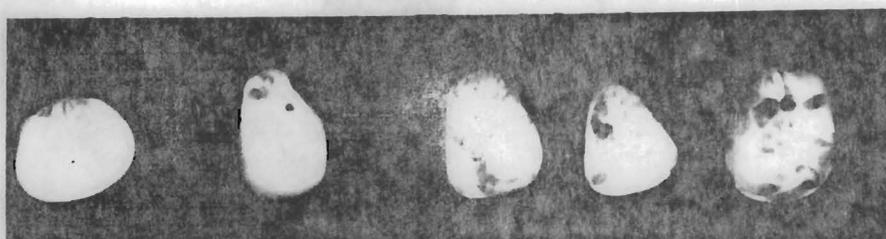
D. FOTOGRAFÍAS TOMADAS POR MEDIO DE RAYOS X

RELACION DE FOTOGRAFIAS TOMADAS CON
RAYOS X SOBRE DAÑOS AL MAIZ CACAHUAZINTLE
POR Prostephanus truncatus (Horn)

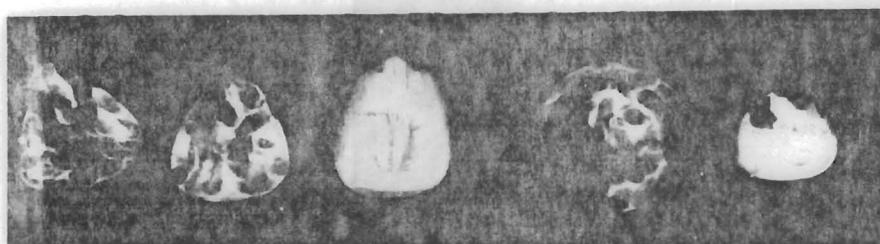


Fotografía No. 56. Diseño experimental de las radiografías tomadas con plantilla a granos de maíz cacahuzintle, dañados por P. truncatus a los 52 días de infectados, bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y luz. Pueden verse los 10 lotes experimentales (cada renglón con granos de un frasco distinto) con sus tres repeticiones (cada hilera) de la placa No. 26 de 31 de ellas fotografiadas.

Fotografía No.57. Fotografía de una radiografía, mostrando el detalle de uno de los cuadrantes de la plantilla, en donde se pueden observar granos de maíz cacahuazintle dañados en diferentes grados por P. truncatus. De izq. a der.: sin daño, daño inicial, infestado completamente, barrenado moderadamente, barrenado fuertemente.



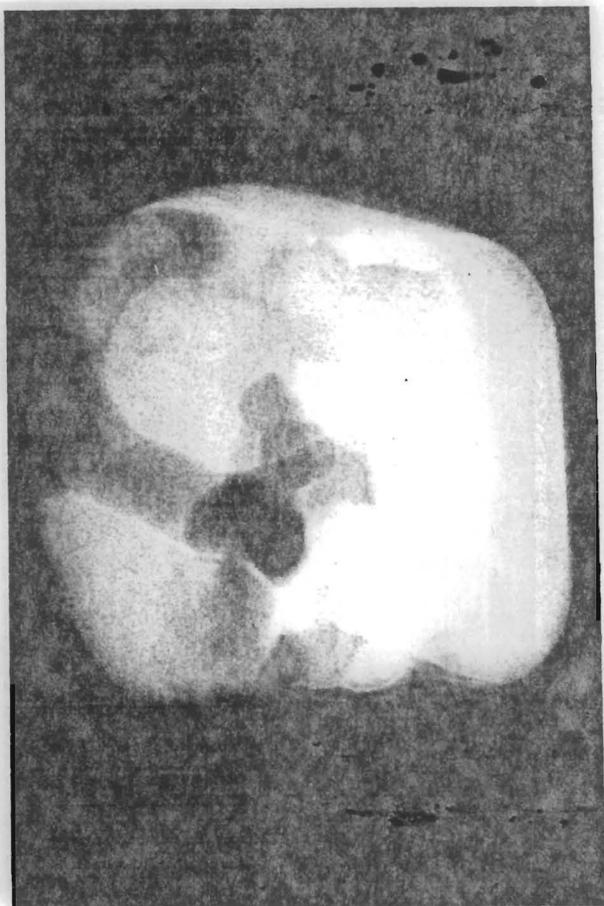
Fotografía No. 58. Granos de maíz cacahuazintle dañados por P. truncatus. De izquierda a derecha: Muy dañado con infestación de pupas, completamente dañado y abandonado por los insectos, el grano del centro sin ningún daño, los dos últimos severamente dañados.



Fotografía No. 59. Adulto de Prostephanus truncatus iniciando la barrenación de un grano de maíz por un costado.

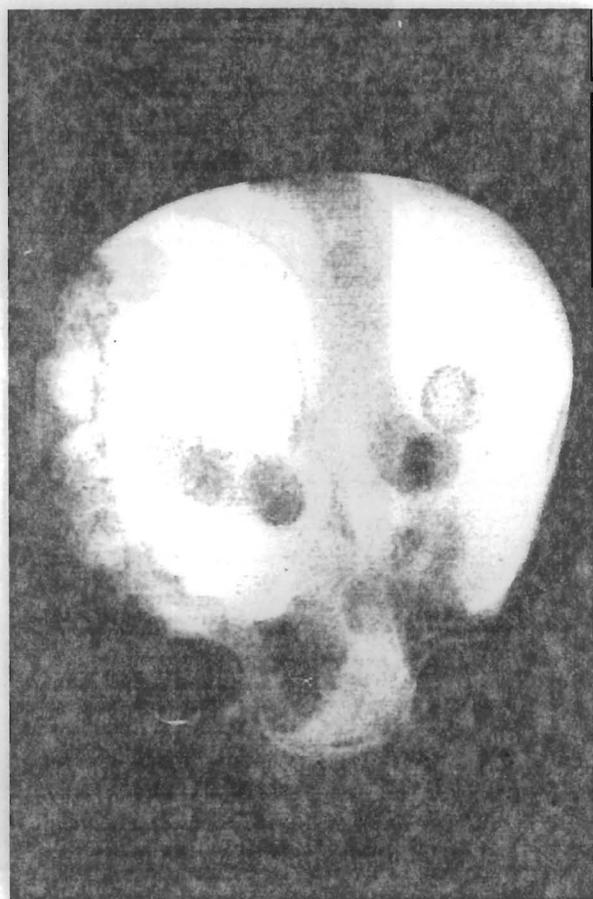


Fotografía No. 60. Adultos de Prostephanus truncatus barrenando a un grano transversalmente.

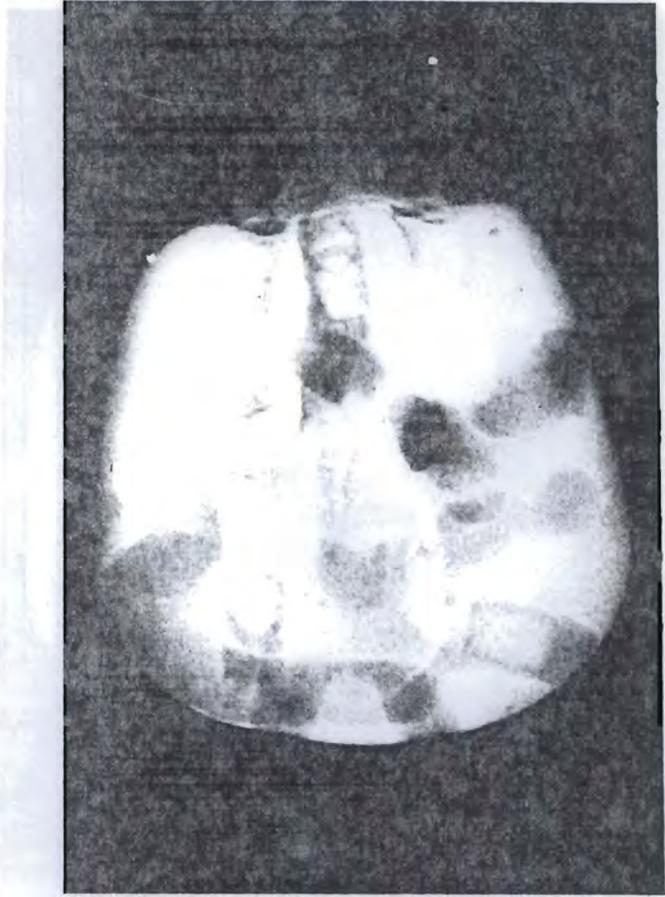


Fotografía No. 61. Adulto de P. truncatus en donde se puede observar el orificio de ingreso al grano y la formación de un túnel por el insecto.

Fotografía No.62. Dos adultos de P. truncatus dentro de un túnel de barrenación.



Fotografía No. 63. Maíz cacahuazintle con varios túneles de barrenación realizados por los adultos.

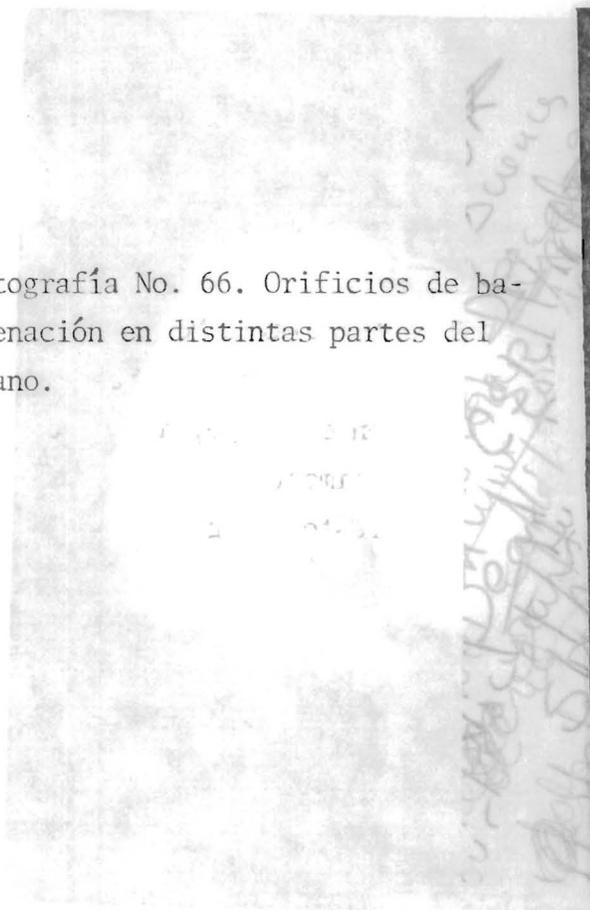


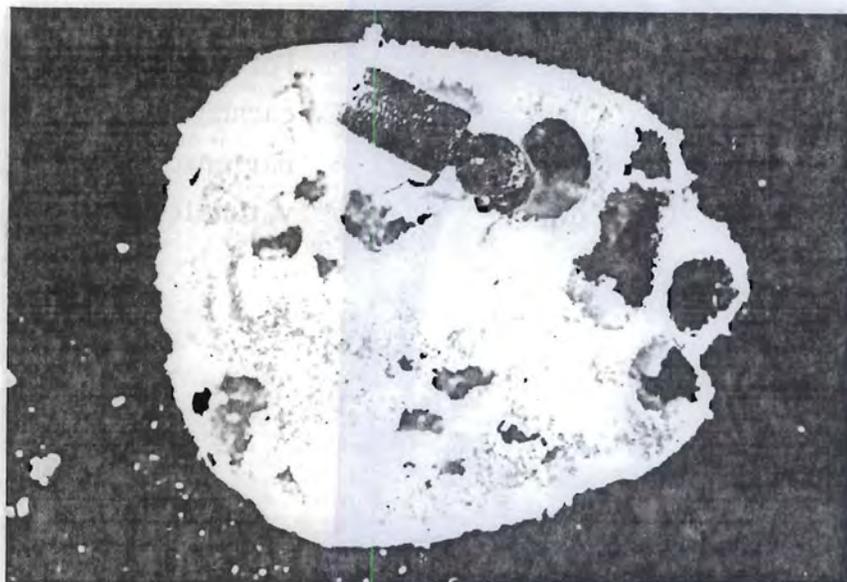
Fotografía No. 64. Daños por barrenación de maíz cacahuazintle en el ápice, además de daños por alimentación de las larvas en el resto del grano.



Fotografía No. 65. Daño de maíz cacahuazintle por orificio de barrenación a nivel del embrión y túneles en el resto del grano.

Fotografía No. 66. Orificios de barrenación en distintas partes del grano.

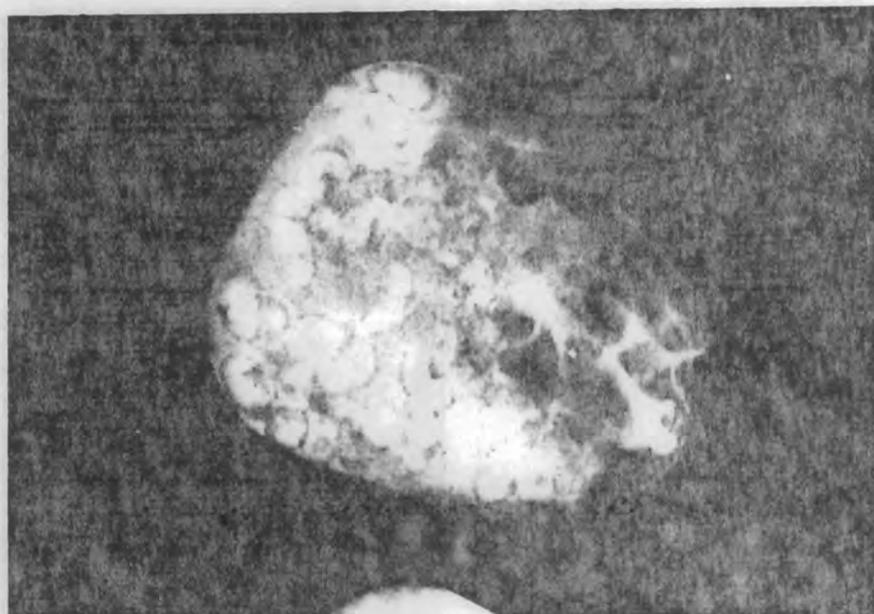




Fotografía No. 67. Maíz dañado por Prostephanus truncatus (Horn) (tomada del TPI de Slough, Inglaterra).

Fotografía No. 68. Daños de Prostephanus truncatus (Horn) por deyecciones del adulto como puede observarse en la base del grano.



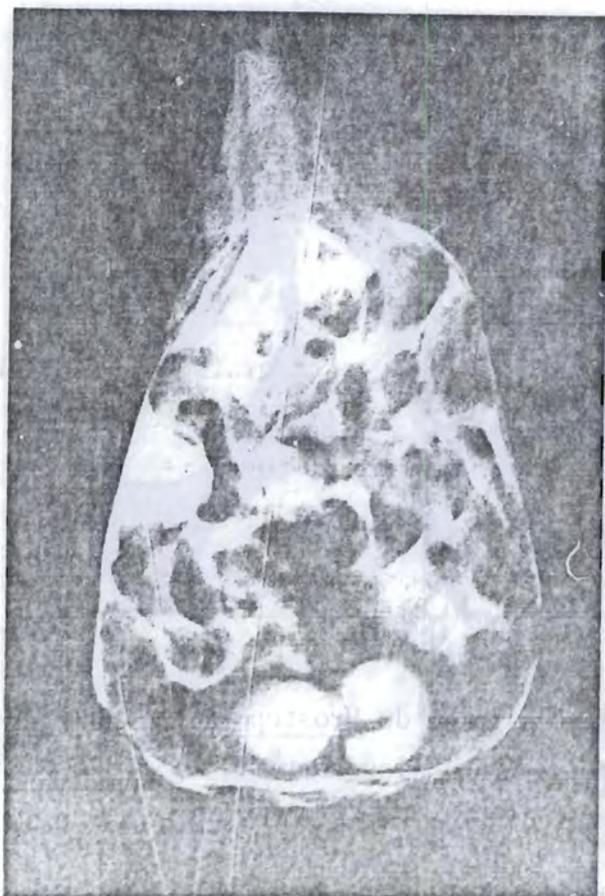


Fotografía No. 69. Daños por alimentación y deyecciones de las larvas de Prostephanus truncatus como puede observarse en el costado lateral izquierdo del grano.



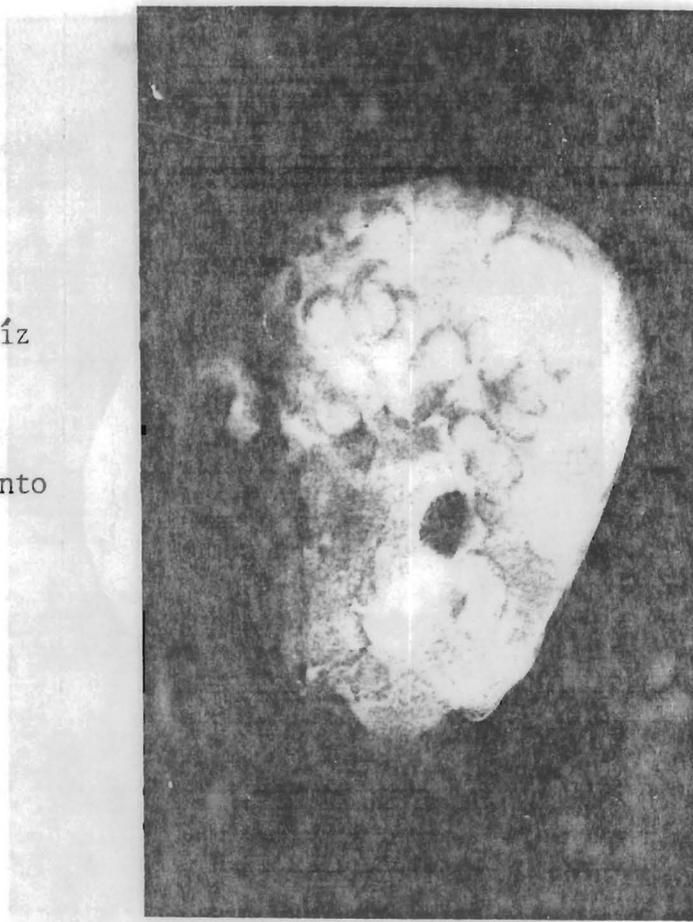
Fotografía No. 70. Cámaras de oviposición de Prostephanus truncatus en el interior del grano en donde pueden observarse los huevecillos (fotografía tomada por la Biol. Irma Silva Bohorquez y Mario Ramírez M.).

Fotografía No. 71. Grano de maíz infestado con larvas de Prostephanus truncatus (Horn).

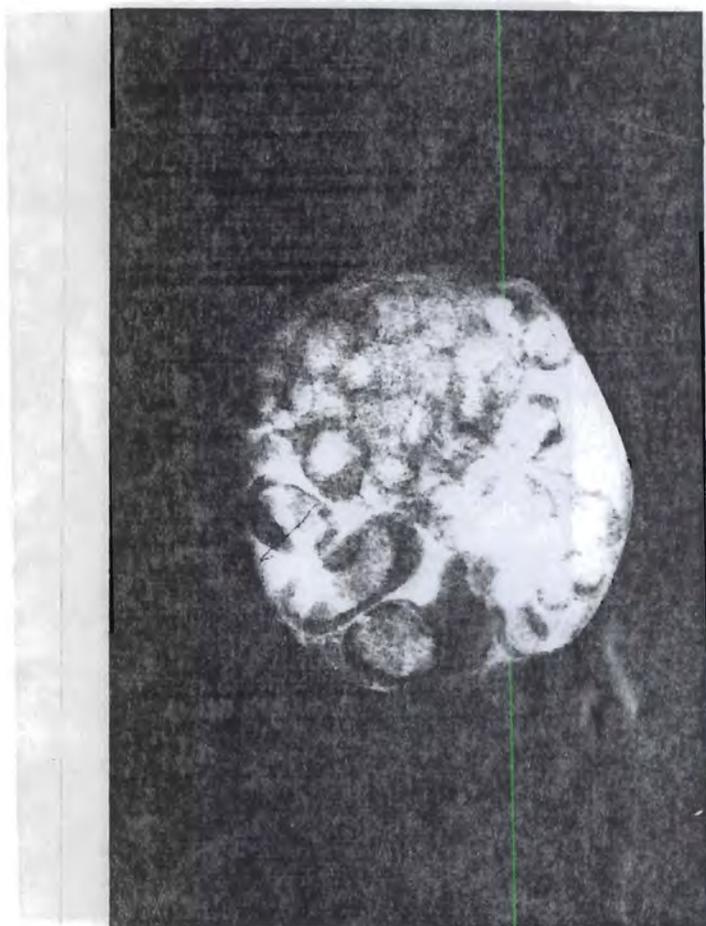


Fotografía No. 72. Grano de maíz dañado por larvas del quinto estadio.

Fotografía No.73. Grano de maíz infestado con larvas de P. truncatus, a la izquierda una larva del tercer estadio a punto de caer fuera del grano.

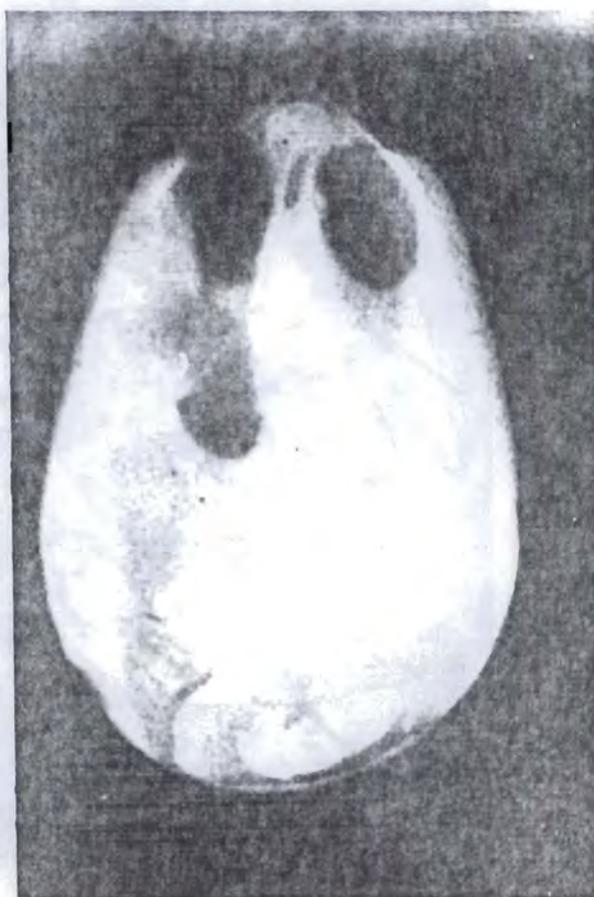


Fotografía No. 74. Larvas de P. truncatus fabricando su capullo, se puede ver en el centro hacia arriba y en la base a la derecha pupas.

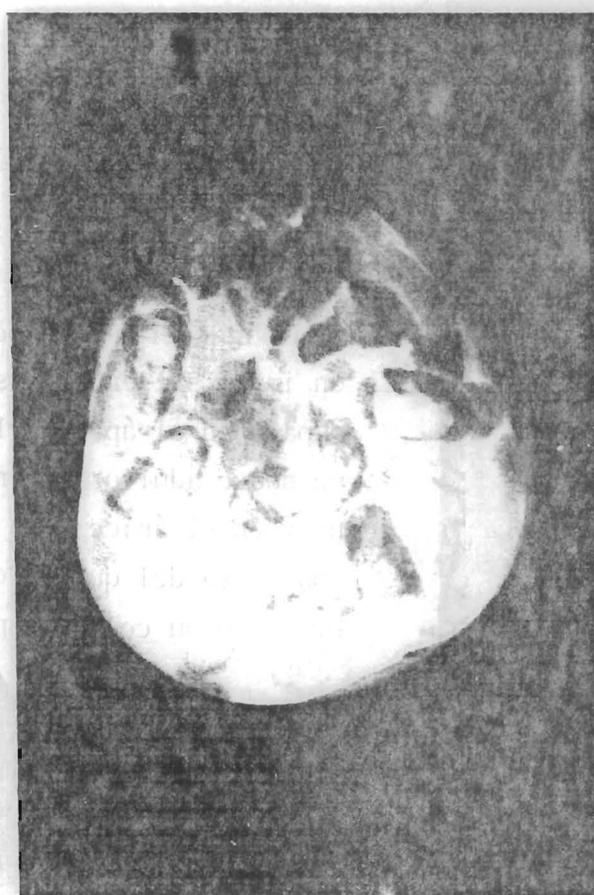
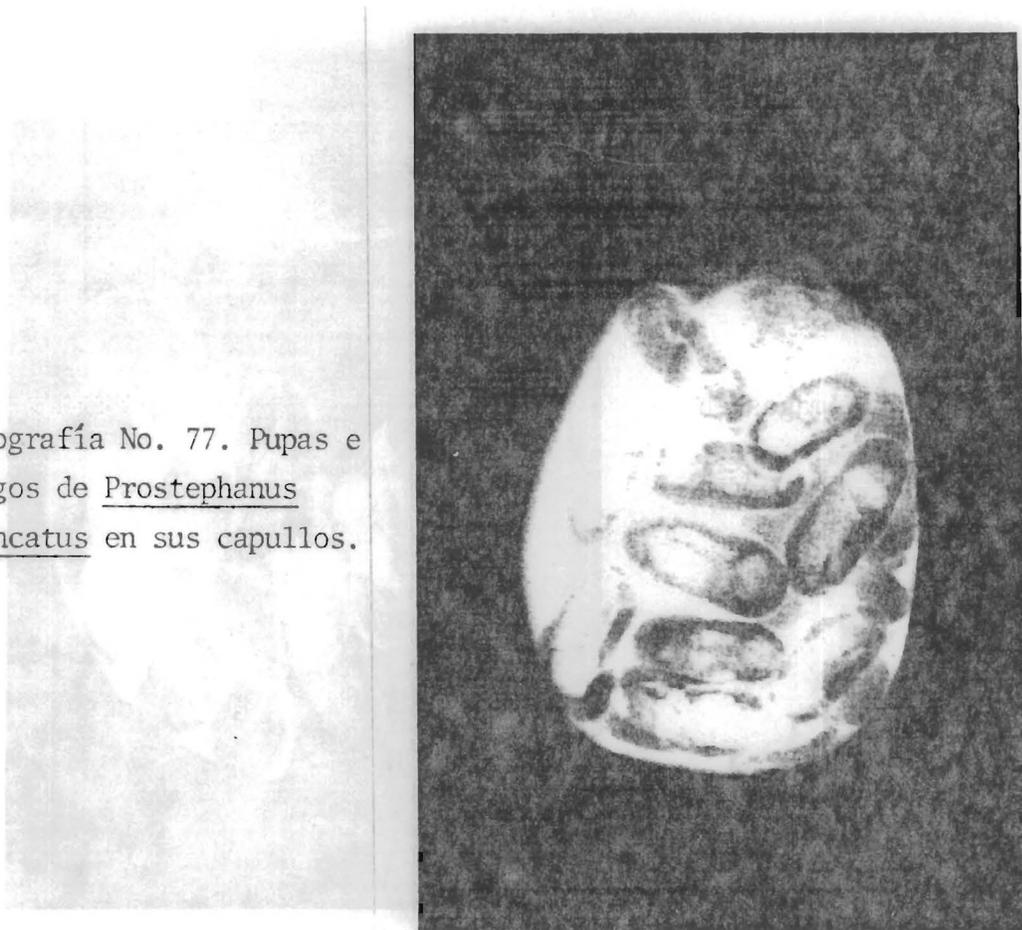


Fotografía No.75. Prepupa de Prostephanus truncatus dentro de su celdilla hacia la base en el lado izquierdo, también se pueden ver varias larvas en el interior del grano.

Fotografía No. 76. Pupa en su capullo de Prostephanus truncatus.

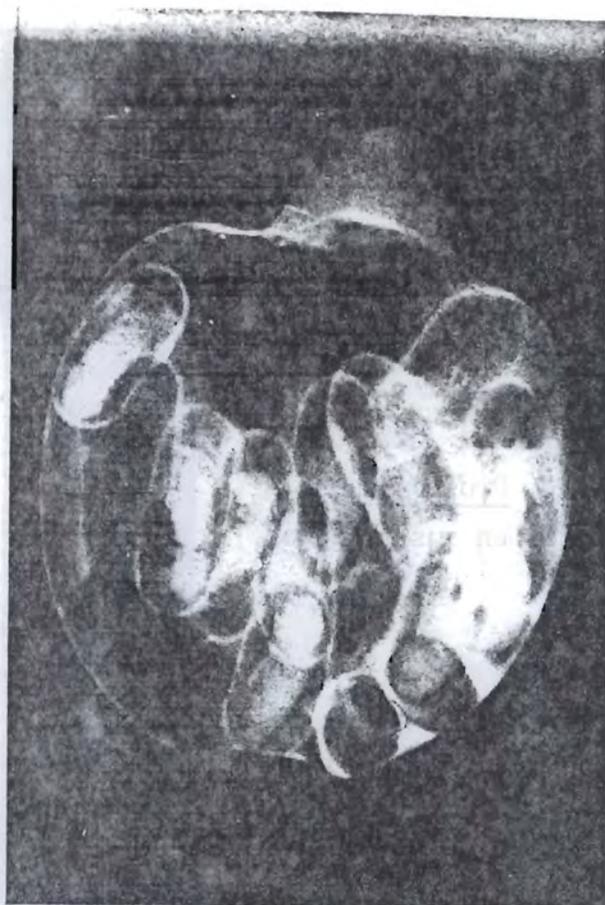


Fotografía No. 77. Pupas e imagos de Prostephanus truncatus en sus capullos.

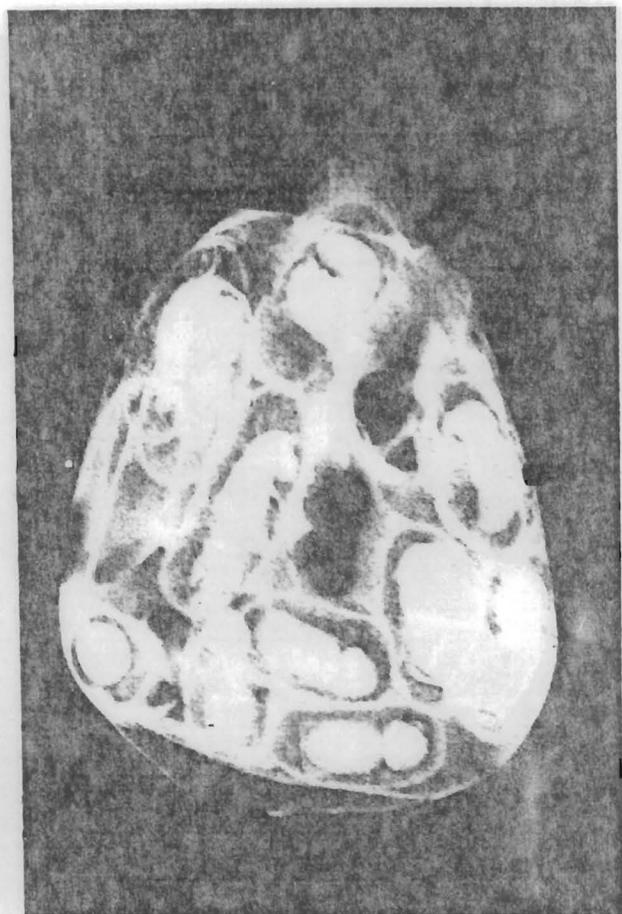


Fotografía No. 78. Imagos de P. truncatus en sus capullos dentro del grano.

Fotografía No. 79. Imagos en sus celdilla pupales.



Fotografía No. 80. En el costado de la izquierda se puede observar un imago saliendo de su celdilla pupal, en el ápice a la izquierda un nuevo adulto barrenando el grano y en el ápice a la derecha una larva del quinto estadio fabricando su celdilla pupal.



Fotografía No. 81. Larvas, pupas e imagos de Prostephanus truncatus desarrollándose en un grano de maíz.

Fotografía No. 82. Imagos muertos dentro de su celdilla pupal en el grano.



Fotografía No. 83. Grano de maíz dañado por el desarrollo de P. truncatus, solo han quedado celdillas pupales desocupadas y la testa-pericarpio del grano.



Fotografía No. 84. Grano de maíz cacahuazintle completamente dañado y abandonado, después de haber sido el receptáculo para el desarrollo completo de P. truncatus (Horn).

E. T A B L A Ş

TABLA No. 1 DAÑOS, DESARROLLO Y CONDUCTA DE *Prostephanus truncatus* (Horn) EN MAIZ CACAHAZINTLE BAJO CONDICIONES CONTROLADAS (31 ± 1°C; 78 ± 5 % H.R.; 8 hrs de luz y 16 hrs de obscuridad)

DIAS TRANSCURRIDOS DESPUÉS DE LA INFESTACION INICIAL.	NUMERO TOTAL DE GRANOS DAÑADOS	PROMEDIO DE GRANOS DAÑADOS SOBRE BASE MAXIMA DE 5	PORCENTAJE DE GRANOS DAÑADOS	DESVIACION ESTANDARD (σ)	COEFICIENTE DE VARIACION (%)	EDO. DE DESARROLLO Y CONDUCTAS OBSERVADAS
0	0	0	0	-	-	Insectos adultos sobre los granos
3	55	1.83	36.6	1.085	59.22	Barrenación inicial de adultos. Primeras oviposiciones
5	60	2.00	40.0	1.083	54.14	huevecillos
7	73	2.43	48.6	1.07	44.14	huevecillos
9	92	3.07	61.3	1.11	36.22	huevecillos
11	93	3.10	62.0	0.99	32.09	huevecillos. Empieza la eclosión.
13	92	3.07	61.3	1.11	36.22	Presencia de larvas del primer estadio.

Continuación TABLA No. 1 DAÑOS, DESARROLLO Y CONDUCTA DE *Prostephanus truncatus* (Horn)
 EN MAIZ CACAHUAZINTLE BAJO CONDICIONES CONTROLADAS ($31 \pm 1^\circ\text{C}$; $78 \pm 5\%$ H.R.; 8 hrs de luz
 y 16 hrs de obscuridad)

DIAS	No. DE GRANOS DAÑADOS	PROMEDIO DE GRANOS DAÑADOS	PORCENTAJE DE GRANOS DA ÑADOS	DESVIACION ESTANDARD (σ)	COEFICIENTE DE VARIACION (%)	EDO. DE DESARROLLO Y CONDUCTA
15	80	2.67	53.3	1.03	38.51	Presencia de larvas del segundo y tercer estadios
17	87	2.90	58.0	1.09	37.72	Presencia de larvas del tercero y cuarto estadios
21	129	4.30	86.0	0.70	16.33	Presencia de larvas del cuarto estadio
23	103	3.43	68.6	1.30	38.04	Presencia de prepupas y pupas
25	91	3.03	60.6	0.99	32.98	Presencia de pupas y prei magos
27	104	3.47	69.3	1.20	34.46	Presencia de pupas e ima gos
31	108	3.60	72.0	0.93	25.89	Presencia de prepupas, pupas e imagos. Celdillas abandonadas (emergencia de adultos).
33	110	3.67	73.3	1.03	28.02	Presencia de imagos. Cel dillas abandonadas (emer gencia de adultos).
35	105	3.50	70.0	1.07	30.71	Presencia de pupas y abandono de celdillas
37	112	3.73	74.6	0.83	22.19	Presencia de estados de desarrollo diversos
39	113	3.77	75.3	0.82	21.68	Presencia de estados de desarrollo diversos y cel dillas abandonadas
41	134	4.47	89.3	0.63	14.07	"

(continuación TABLA No. 1 DAÑOS, DESARROLLO Y CONDUCTA DE *Prostephanus truncatus* (Horn) EN MAÍZ (CAHUAZINTLE) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS ($31 \pm 1^\circ\text{C}$; $78 \pm 5\%$ H.R.; 8 hrs de luz y 16 hrs de oscuridad)

DIAS	No. DE GRANOS DAÑADOS	PROMEDIO DE GRANOS DAÑADOS	PORCENTAJE DE GRANOS DAÑADOS	DESVIACION ESTANDAR (σ)	COEFICIENTE DE VARIACION (%)	EDO. DE DESARROLLO Y CONDUCTA
41	134	4.47	89.3	0.63	14.07	"
43	133	4.43	88.6	0.73	16.43	"
45	120	4.00	80.0	0.91	22.74	"
47	109	3.63	72.6	1.03	28.47	"
51	133	4.43	88.6	0.68	15.33	"
53	116	3.87	77.3	0.86	22.23	"
55	120	4.00	80.0	0.95	23.67	"
59	117	3.90	78.0	0.80	20.59	Solo adultos por doquier

Continuación TABLA No. 1 DAÑOS, DESARROLLO Y CONDUCTA DE Prostephanus truncatus
 (Horn) EN MAIZ CACAHUAZINTLE BAJO CONDICIONES (31⁺ 1°C; 78⁺ 5 % H.R.; 8 hrs de luz y
 16 hrs de obscuridad)

DIAS	No. DE GRANOS DAÑADOS	PROMEDIO DE GRANOS DAÑADOS	PORCENTAJE DE GRANOS DAÑADOS	DESVIACION ESTANDARD (σ)	COEFICIENTE DE VARIACION (%)	EDO. DE DESARROLLO Y CONDUCTA
61	109	3.63	72.6	0.96	25.56	Solo adultos por doquier. Adultos de la segunda generación.
63	130	4.33	86.6	0.88	20.42	"
RANGOS 0-63	0-134	1.83-4.47	0-89.3	0.63-1.30	14.07-59.22	Desde barreración y oviposición inicial hasta la segunda generación de adultos y deterioro total del grano.

TAFLA No. 2

GRANOS DE MAIZ CACAHAZINTLE DAÑADOS EN FUNCION DEL TIEMPO (DIAS)

DIAS DESPUES DE LA INFESTACION INICIAL	NUMERO DE GRANOS DAÑADOS	GRANOS DAÑADOS (SUMATORIA ACUMULATIVA)	% DE GRANOS DAÑADOS CON RESPECTO AL TOTAL DE TOTALES	% DE GRANOS NO DAÑADOS
0	0	0	0	100
3	55	55	1.30	98.70
5	60	115	2.73	97.26
7	73	188	4.47	95.52
9	92	280	6.66	93.33
11	93	373	8.88	91.11
13	92	465	11.07	88.92
15	80	545	12.97	87.02
17	87	632	15.04	84.95
21	120	761	18.11	81.89
23	103	864	20.57	79.42
25	91	955	22.73	77.26
27	104	1059	25.21	74.78
31	108	1167	27.78	72.21
33	110	1277	30.40	69.59
35	105	1382	32.90	67.09
37	112	1494	35.57	64.42
39	113	1607	38.26	61.73
41	134	1741	41.45	58.54
43	133	1874	44.61	55.38
45	120	1994	47.47	52.52
47	109	2103	50.07	49.92
51	133	2236	53.23	46.76
53	116	2352	56.00	44.00
55	120	2472	58.85	41.14
59	117	2589	61.64	38.35
61	109	2698	64.23	35.76
63	130	2828	67.33	32.66
Total 63	2828-dañados 1372-no dañados	--	67.33	32.66
Total de totales	4200			

T A B L A N O . 3 A N O V A

EVALUACION DEL DANO DE Prostephanus truncatus (Horn)

AL MAIZ CACAHAZINTLE

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMATORIA DE GRUPOS (SS)	CUADRADO MEDIO (MS)	FS
$\bar{Y} - \bar{Y}$ entre grupos	$a - 1 = 26$	$R_6 = 389.44$	$\frac{R_6}{a-1} = 14.978$	
$Y - \bar{Y}$ intra grupos	$a(n-1) = 783$	$R_7 = 741$		
$\bar{Y} - \bar{Y}$ total	$a(n) - 1 = 809$	$R_5 = 1130.44$	$\frac{R_7}{a(n-1)} = 0.946$	$\frac{M S \text{ entre}}{M S \text{ intra}} = 15.83$

$F (0.05) (26, 783) = 1.46$
 $F (0.01) (26, 783) = 1.70$
 $\circ 15.83 > 1.70 > 1.46$

TABLA No. 4 PRUEBA DE TUKEY

SI $R > 1$ = S, PERO SI $R < 1$ = SNDAÑO DE *Prostephanus truncatus* (Horn) AL MAIZ CACAHUAZINTLE

EDO. DE DESARROLLO	TIEMPO (DIAS)	DIFERENCIAS	RESULTADO (R)	SIGNIFICANCIA
$H_3 - H_{11}$	3-11	1.83 - 3.10	1.27	S
$L_{1y2} - L_{4y5}$	13-21	3.07 - 4.30	1.23	S
$L_{1y2} - L_{3y4}$	13-17	3.07 - 2.90	0.17	NS
$L_{3y4} - L_{4y5}$	17-21	2.90 - 4.30	1.40	S
$P_p \text{ y } P - P_p, P, I$	23-31	3.43 - 3.60	0.17	NS
$A_p - A_p$	23-35	3.43 - 3.50	0.07	NS
$A_1 - A_2$	33-39	3.67 - 3.77	0.10	NS
$H - A_1$	3-37	1.83 - 3.73	1.90	S
$H - A_2$	3-59	1.83 - 3.90	2.07	S
$A_1 - A_1$	37-55	3.73 - 3.90	0.17	NS

* Los calculos estadisticos fueron realizados con la ayuda del M. en C. R. Arturo Cárdenas y Espinosa, profesor de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Claves: H_3 - Huevecillos de tres días A_2 - Adultos de la segunda generación

H_{11} - Huevecillos de once días S - Significativo

L_{1y2} - Larvas del primero y segundo estadio NS - No significativo

L_{3y4} - Larvas del tercero y cuarto estadio

L_{4y5} - Larvas del cuarto y quinto estadio

P_p - Prepupas

P - Pupas

I - Imagos

A_p - Adultos progenitores

A_1 - Adultos de la primera generación

TABLA No. 5. REGISTRO PROMEDIO DE TEMPERATURAS (°C) Y HUMEDADES RELATIVAS (%) EN CAMARAS DE CULTIVOS DURANTE EL

ESTUDIO DEL CICLO DE VIDA DE Prostephanus truncatus (Horn)

	C L A V E	P R O M E D I O	V A R I A C I O N	V A L O R A P R O X I M A D O
TEMPERATURAS	T1	21.59	1.04	22 +- 1 C
	T2	26.74	0.72	27 +- 1 C
	T3	31.91	0.46	32 +- 0.5 C
HUMEDADES RELATIVAS	HR1	40.08	6.01	40 +- 6 %
	HR2	69.93	7.32	70 +- 7 %
	HR3	90.02	5.44	90 +- 5 %

T A B L A N o. 6

LAPSO (EN DIAS) DURANTE LOS CUALES LAS HEMBRAS DE
Prostephanus truncatus (Horn) PONEN HUEVECILLOS EN
 MEDIO HARINOSO COMPACTADO DE MAIZ Y TRIGO (1:1)

HUMEDADES RELATIVAS	T E M P E R A T U R A S		
	22°C	27°C	32°C
40%	95	53	50
70%	55	39	32
90%	38	16	10

TABLA No. 7

DURACION EN DIAS DESDE LA OVIPOSICION HASTA LA EMERGENCIA DEL ADULTO DE *Prostephanus truncatus* (Horn) BARRENADOR DEL MAIZ, BAJO DIFERENTES CONDICIONES AMBIENTALES

Tiempo para llegar a:	TEMPERATURA (°C) / Y HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE (%)								
	22/40	27/40	32/40	22/70	27/70	32/70	22/90	27/90	32/90
Huevecillo	8	9	6	9	8	6	9	7	7
Primer estadio larvario	17	16	12	19	20	13	21	13	14
Segundo estadio larvario	27	27	19	30	30	20	30	-	20
Tercer estadio larvario	41	36	26	41	37	26	39	-	26
Cuarto estadio larvario	51	43	37	52	43	33	49	-	34
Quinto estadio larvario	66	57	46	65	48	40	60	-	43
Prepupa	69	59	47	67	50	41	63	-	49
Pupa	80	66	52	78	56	47	72	-	-
Adulto	100	93	64	105	69	64	77	-	-

TABLA No. 8. SIGNIFICADO DE LAS CLAVES. CONDICIONES DE EXPERIMENTACION EN LOS ESTUDIOS DEL CICLO DE VIDA DE Prostephanus truncatus POR DIFERENTES AUTORES.

- (A) Medio de Maíz Molido, Variedad CV Golden Beauty colocado en tubos de vidrio (Bell y Watters, 1982).
- (B) Medio de Maíz Amarillo Americano, molido y tamizado en cedazo de 0.25 mm de abertura y colocado en celdillas de perspex. (Shires, 1979).
- (C) Harina de Maíz cacahuzintle y trigo harinoso en proporción 1:1, compactada en tubos de ampolleta y celdillas de baquelita (Ramírez, 1990).
- (D) Granos de maíz de la variedad Pioneer 3995 y microperforados en el germen para colocar un huevecillo en cada uno de ellos (Demianyk y Sinha, 1988).
- (E) Maíz Toluca en granos (Pruebas preliminares para esta tesis).
- (F) Maíz Cacahuazintle en granos (Pruebas preliminares para esta tesis).
- (G) Maíz Cacahuazintle en granos (Ramírez y Silver, 1983).
- (H) Maíz de temporal, tipo chalqueño, raza cónico dentado (Adem y Bourges, 1981).
- (I) Pequeños trozos de Yuca sin fermentar (Nyakunga, 1982).
- (+) Desarrollo incompleto.

TABLA No. 8

RESULTADOS COMPARATIVOS SOBRE EL CICLO DE VIDA DE *Prostephanus truncatus*
DE ACUERDO A DIVERSOS AUTORES. DESARROLLO DESDE HUEVECILLO A ADULTO
EN DIAS

AUTOR	HUMEDAD RELATIVA (%)								TEMPERATURA (°C)
	30	40	50	60	65	70	80	90	
(A)						(+)		(+)	12
(A)						(+)		(+)	15
(A)						167		(+)	18
(A)						84		104	20
(A)		(+)				53		79	22
(B)			78	65		61	70		
(C)		100	42(F) 33(E)			105		77	
(A)		51				39	36	44	25
(B)			50	44		43	43		26
(D)				38(F) 33(E)					
(A)	(+)	52				36	32	40	27
(E)			40	37(H)		37	36		
(C)		93				69 (I)43(G)		(+)	
(A)	(+)	35				27	28	44	30
(B)			34	42 32(F) 35(E)		30 30(D)	29		
(A)	(+)	38				25	26	32	32
(B)			32	39		30	27		
(C)		64				64		(+)	
(A)		(+)				31	30		35
(B)			43	41		40	33		
(A)						39	(-)		37
(A)						(-)			40

(A). - Bell y Watters (1982); (B). - Shires (1979); (C). - Mis resultados; (D). - Demianyk y Sinha (1988); (E). - Histograma No. 12. maíz Toluca; (F). - Histograma No. 12. maíz cacahuazintle; (G). - Ramírez y Silver (1983); (H). - Ademy Bourghes (1981); (I). - Nyakunga (1982) en Mandioca; (+). - Desarrollo incompleto.

F. H I S T O G R A M A S

1a. FASE

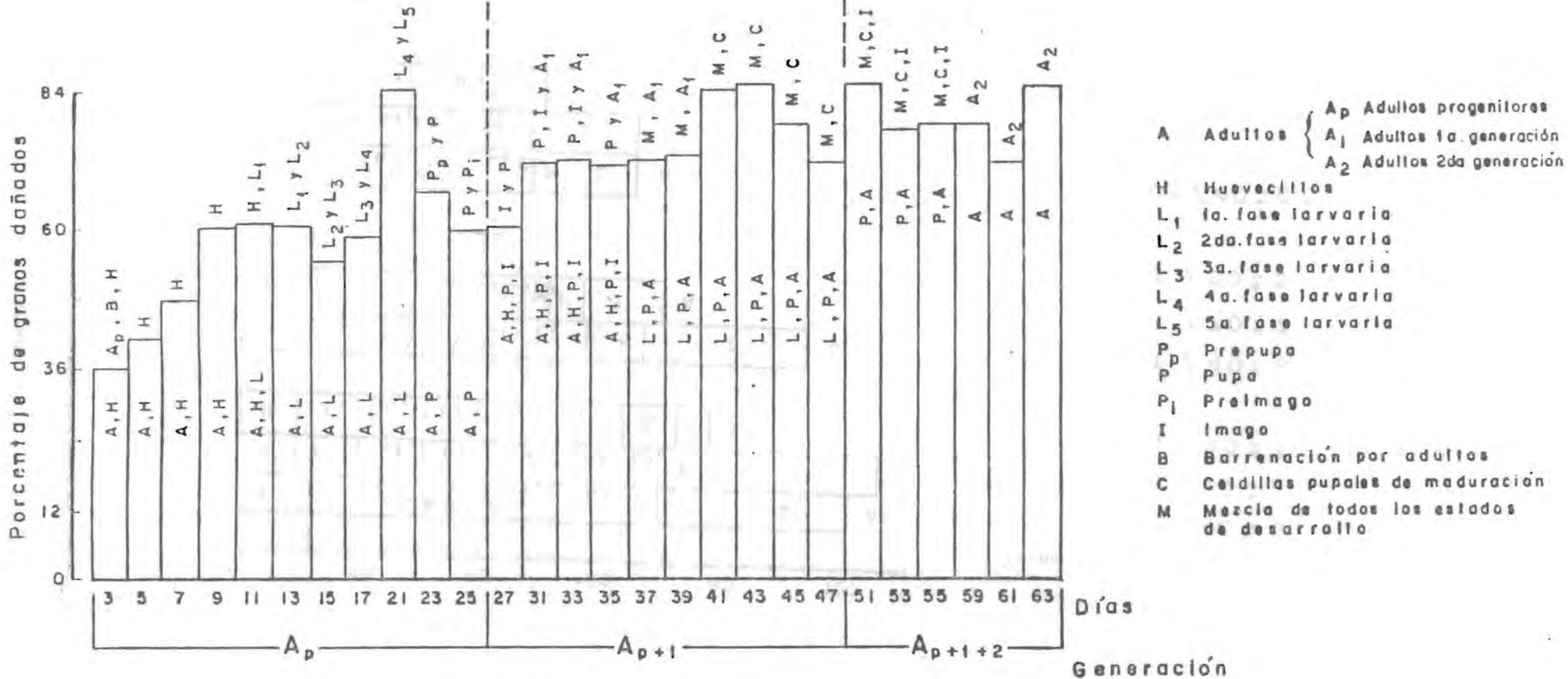
Etapa inicial de infestación
o ciclo de vida en secuencia
ordenado.

2da. FASE

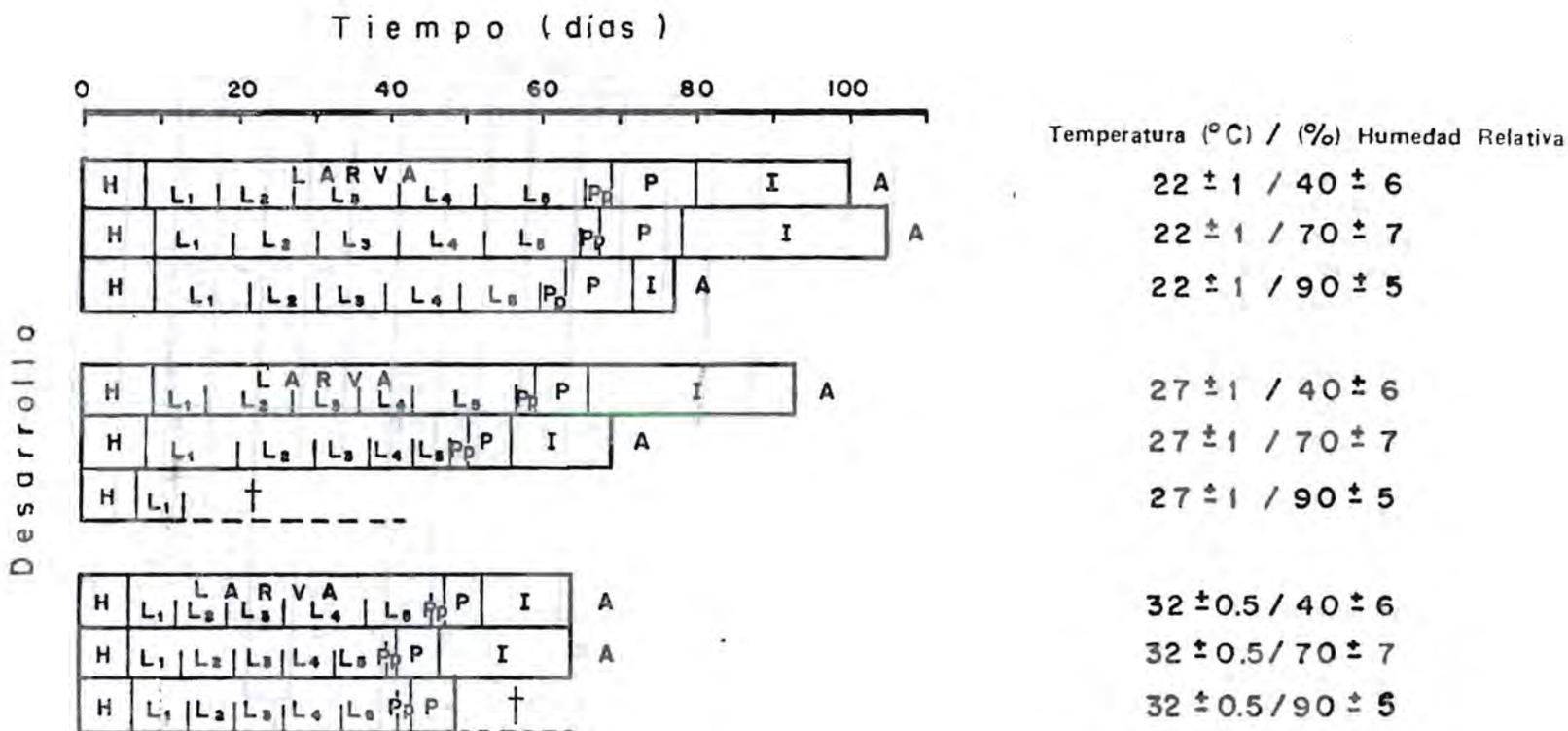
Etapa de desfasamiento
o mezcla de todos los
estados de desarrollo.

3a. FASE

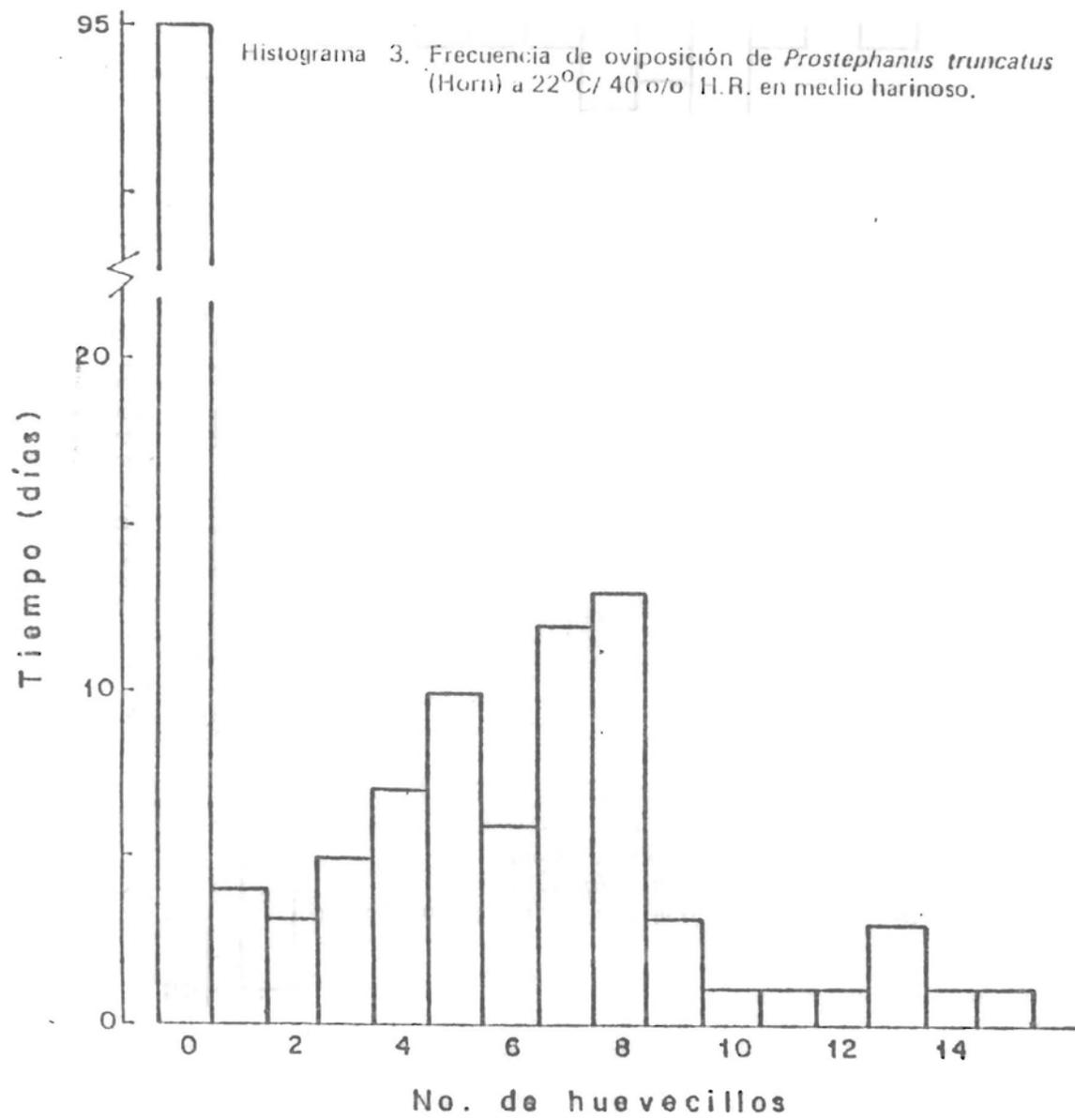
Etapa de proliferación
o daño completo de
los granos.

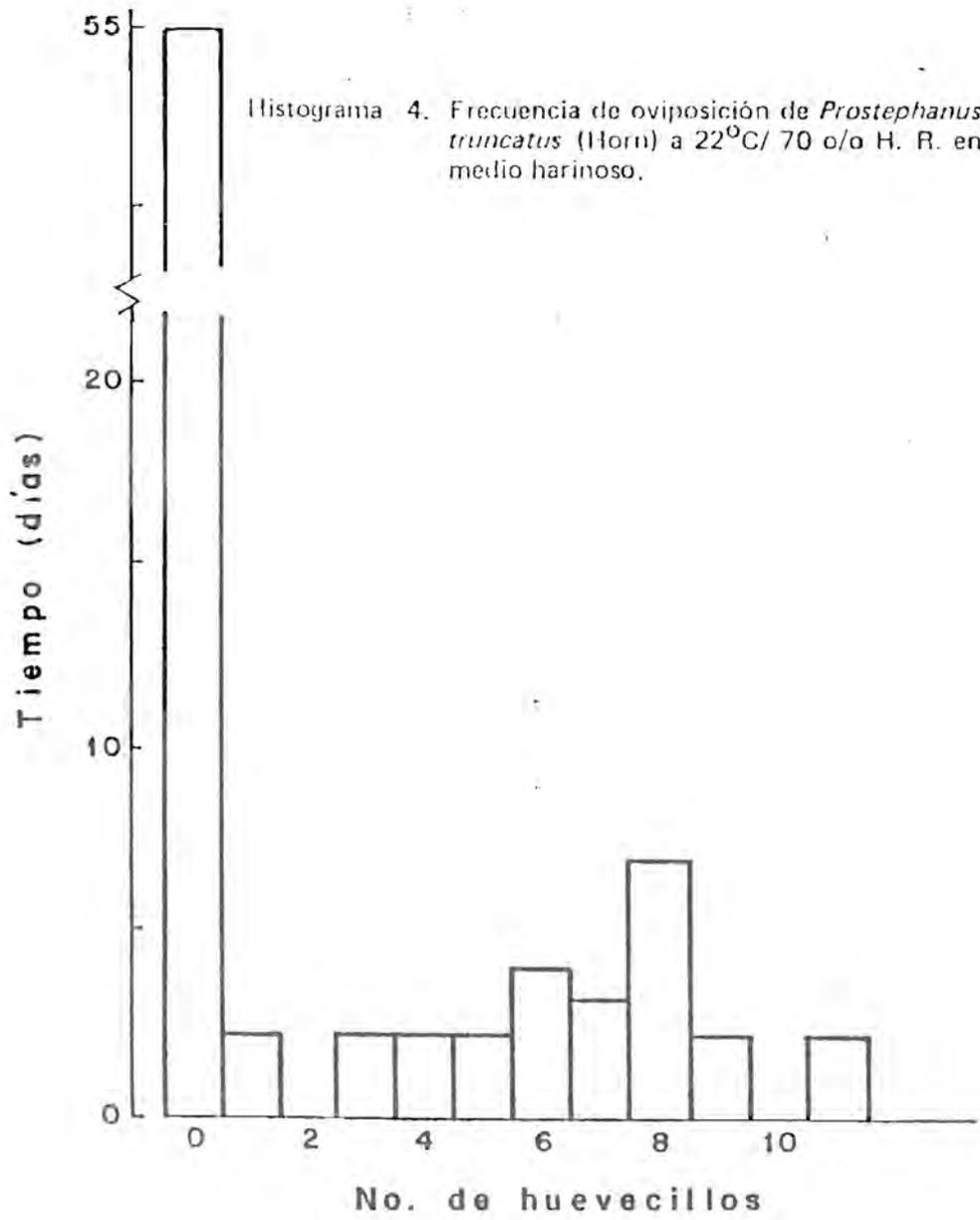


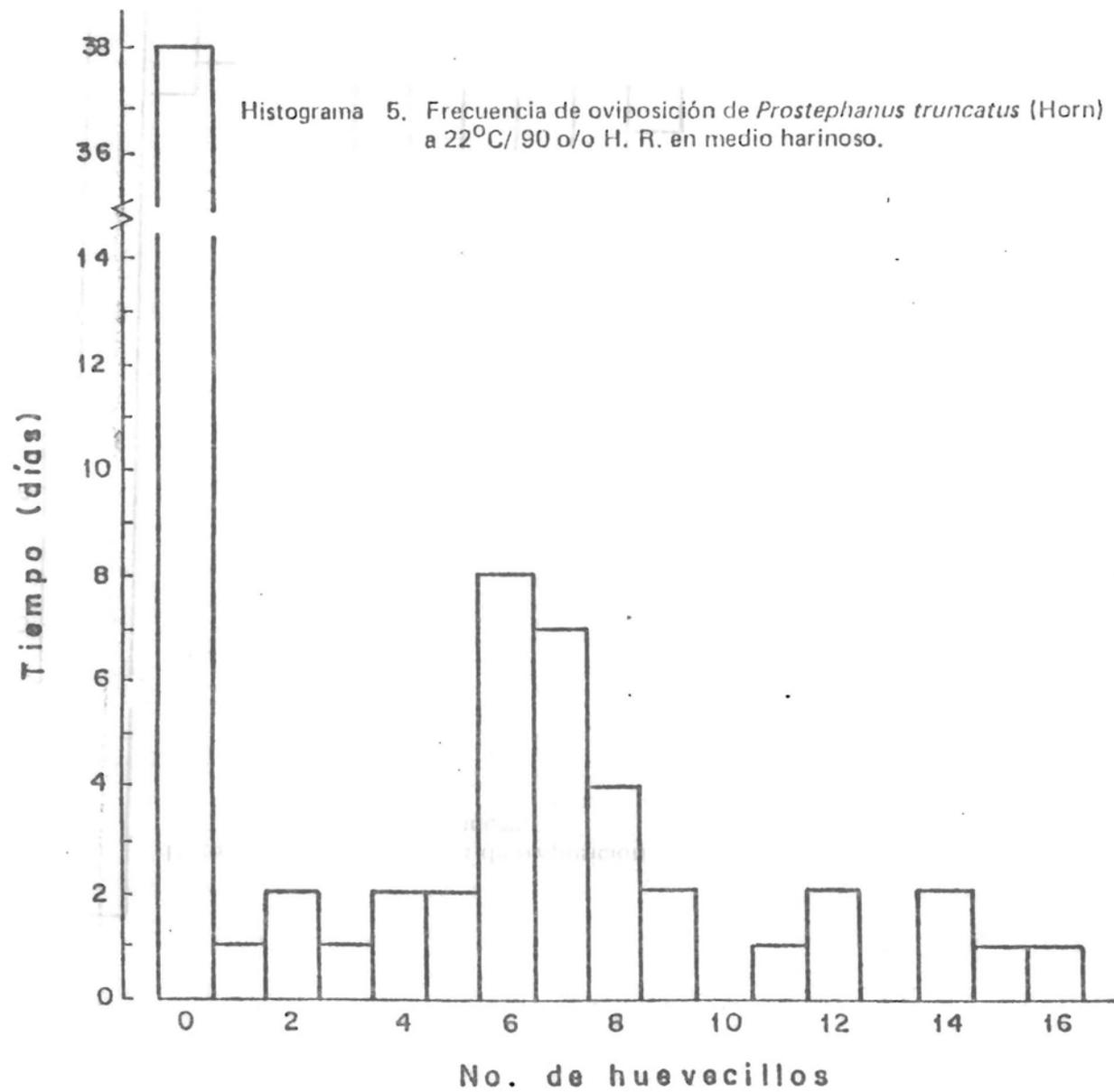
Histograma 1. Porcentaje de granos de maíz cacahuazintle dañados por *Prostephanus truncatus* (Horn) durante el desarrollo del insecto en el interior de los granos (técnica radio-gráfica).

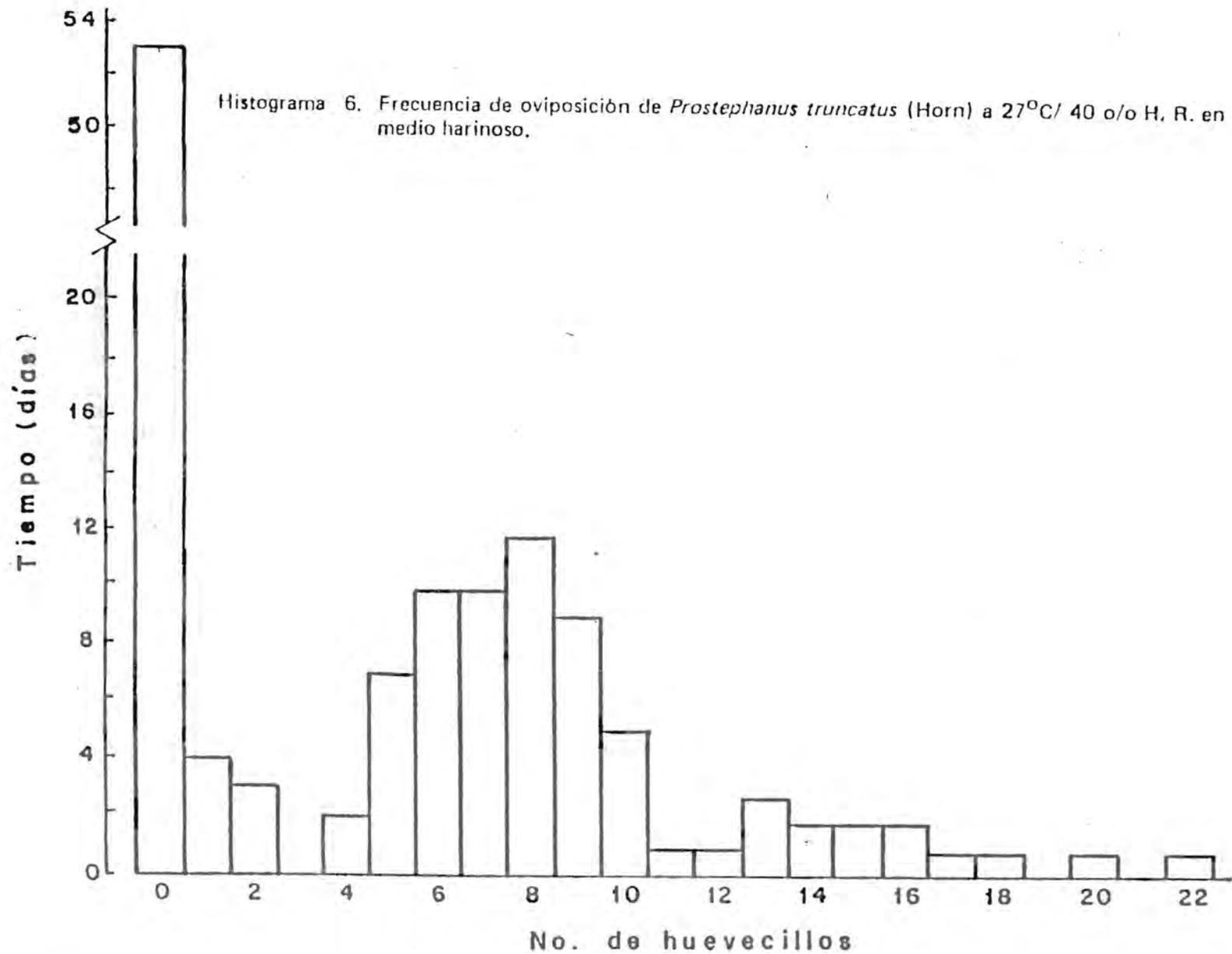


Histograma 2. Ciclo de Vida del gran barrenador de los granos, *Prostephanus truncatus* (Horn) bajo nueve condiciones ambientales diferentes en medio harinoso de maíz y trigo (1:1). Claves: H, huevecillos; L₁, Larvas del primer estadio; L₂, Larvas del segundo estadio; L₃, Larvas del tercer estadio; L₄, Larvas del cuarto estadio; L₅, Larvas del quinto estadio; Pp, prepupas; P, Pupas; I, Imagos; A, Adultos; †, muertos, no se completó el ciclo de vida.

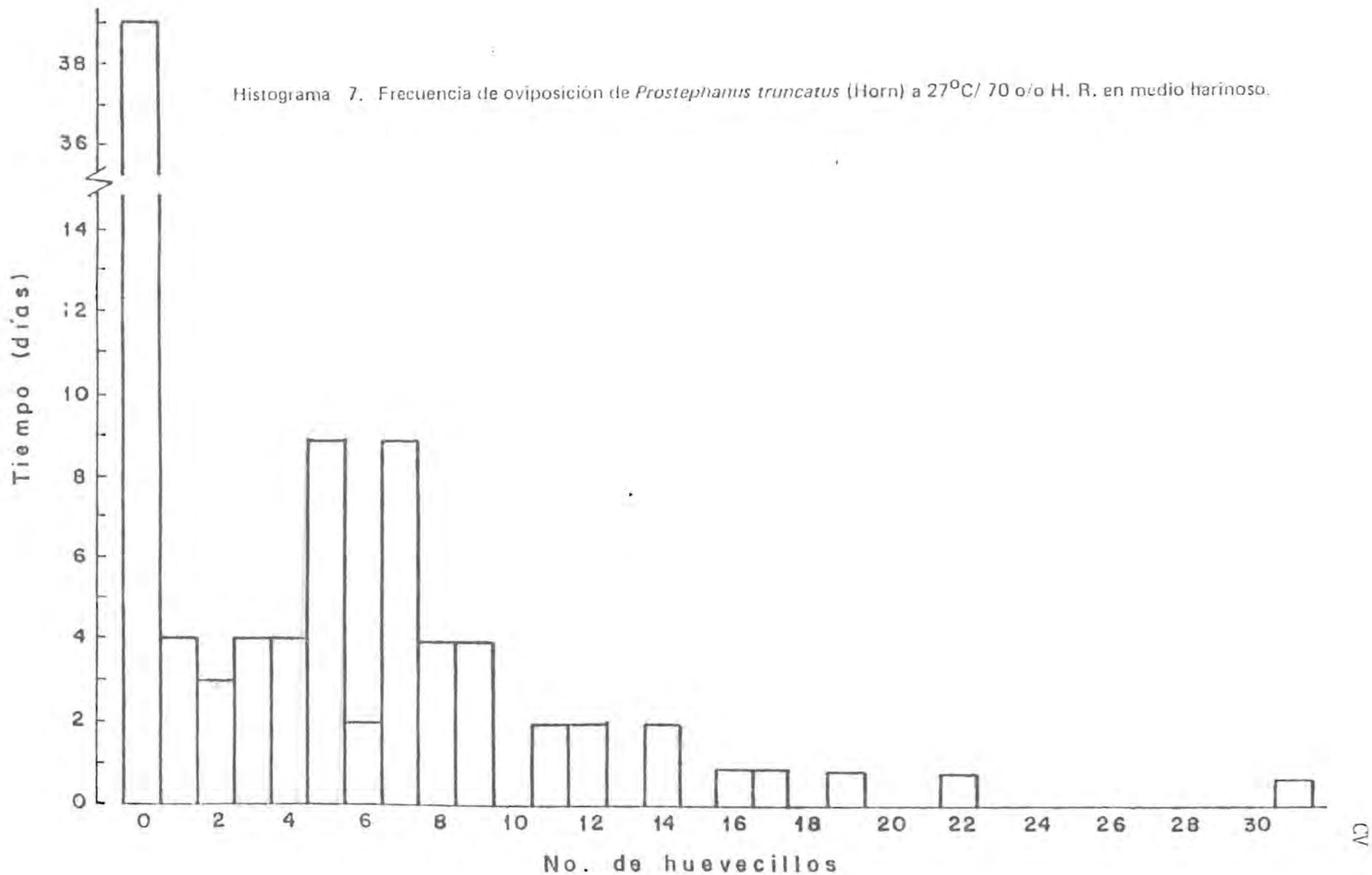


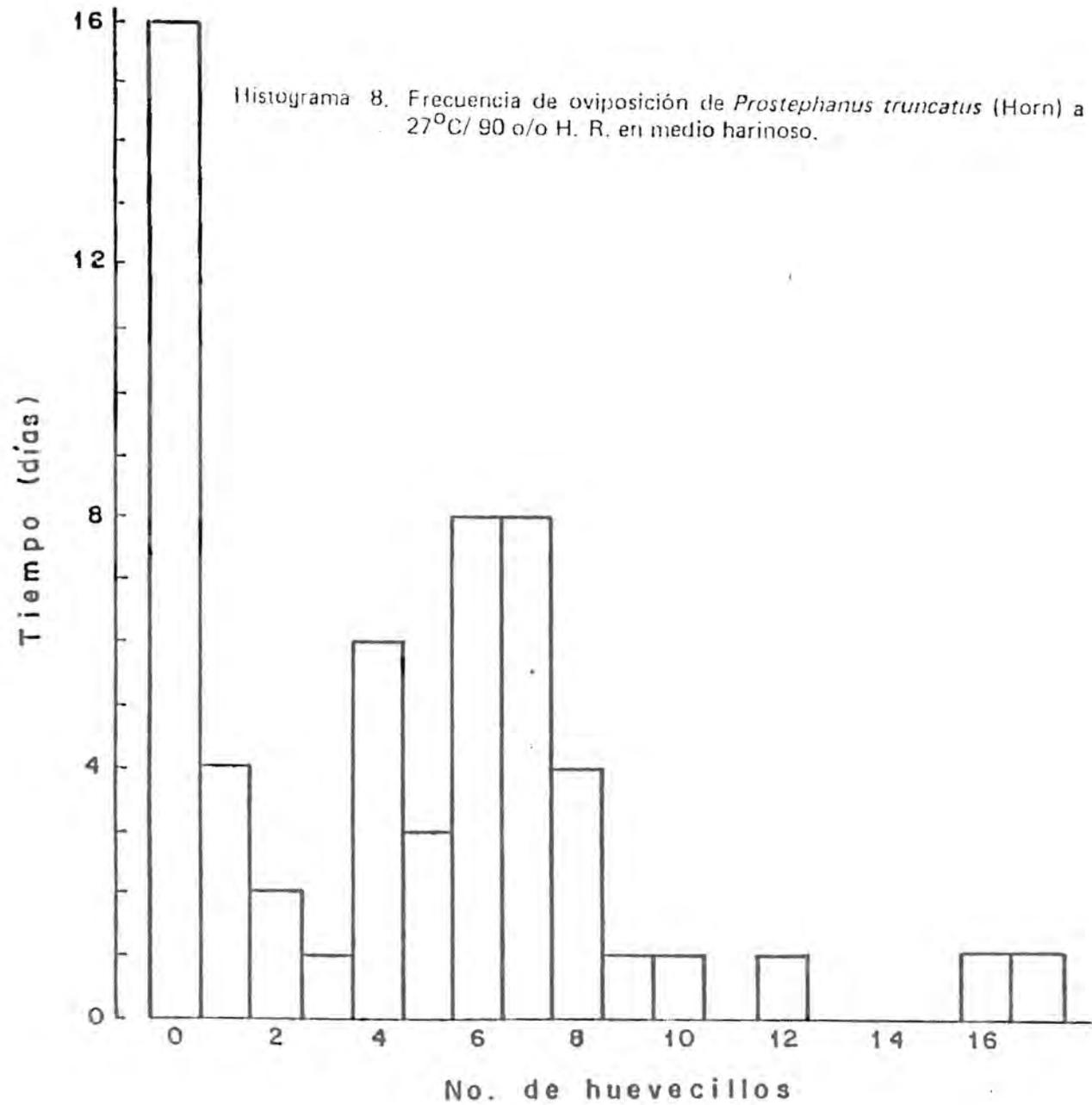


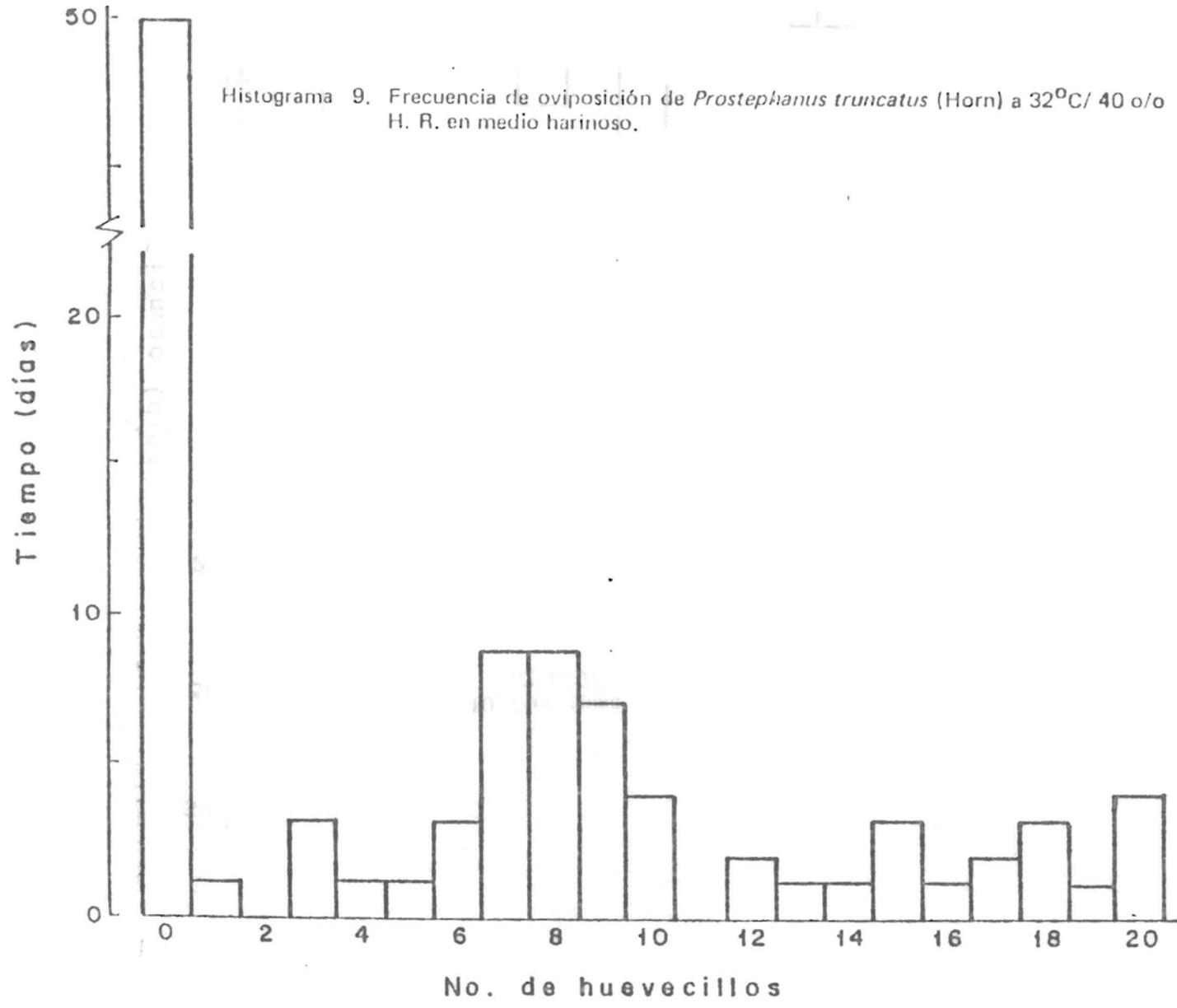


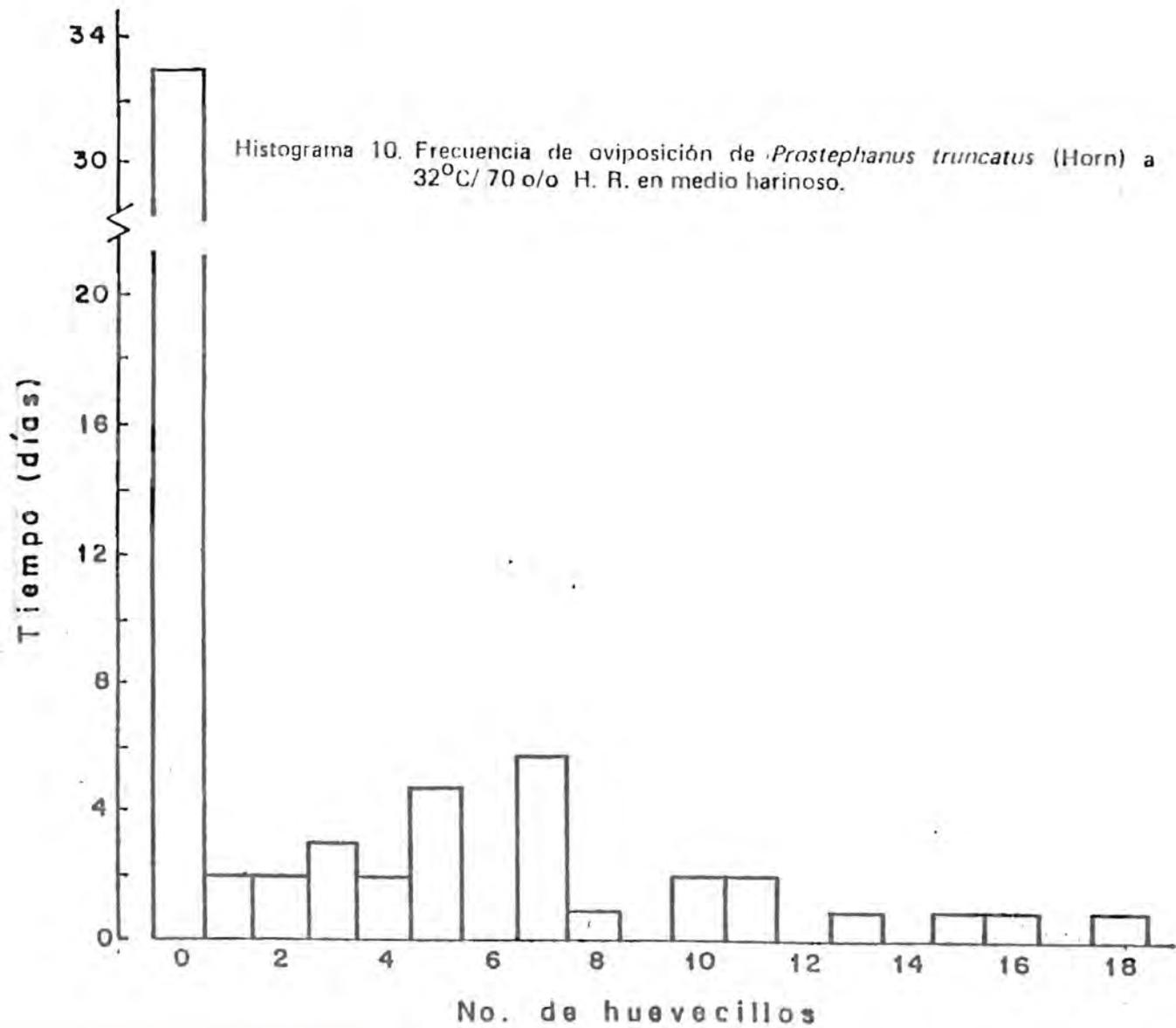


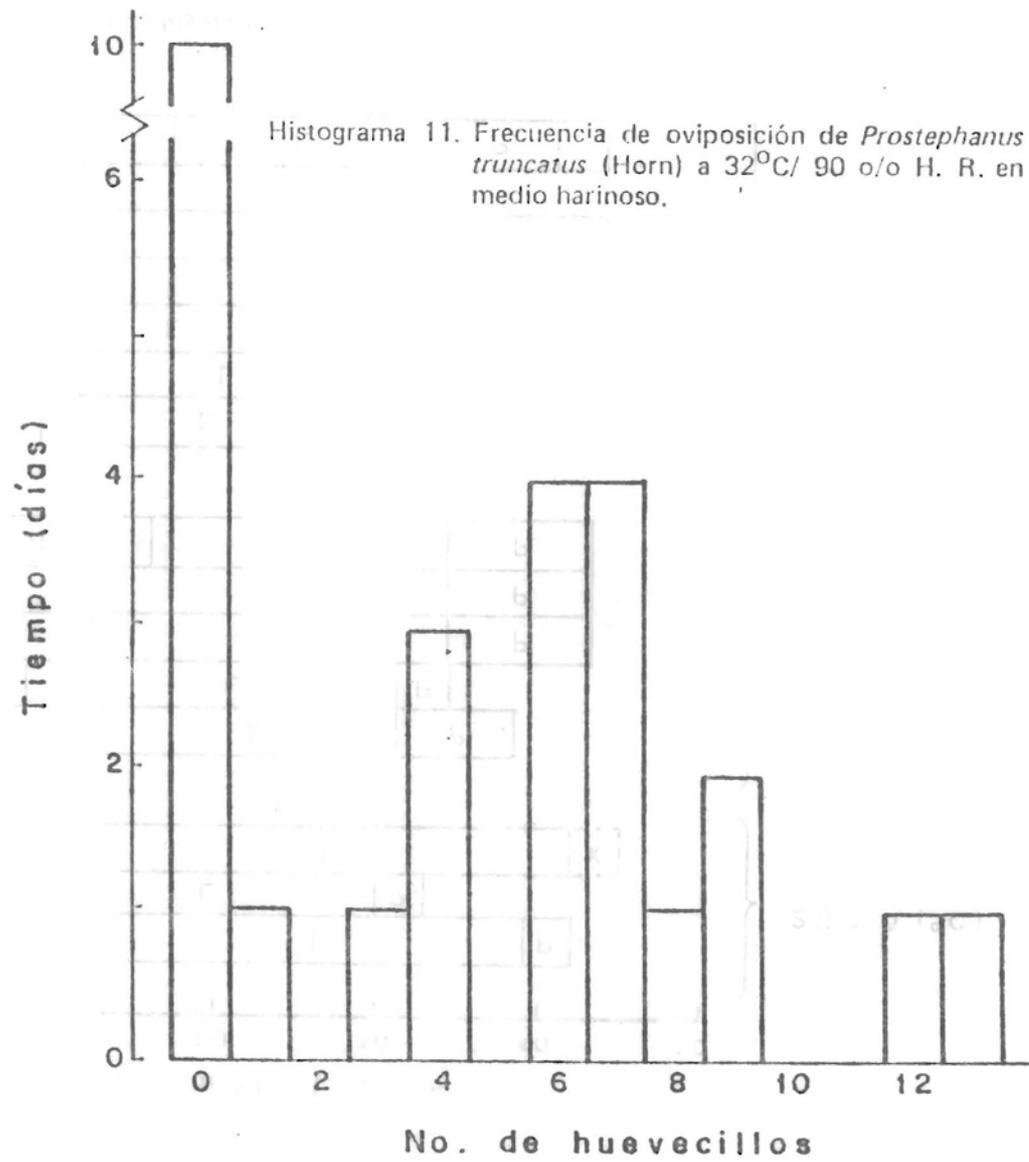
Histograma 7. Frecuencia de oviposición de *Prostephanus truncatus* (Horn) a 27°C/ 70 o/o H. R. en medio harinoso.

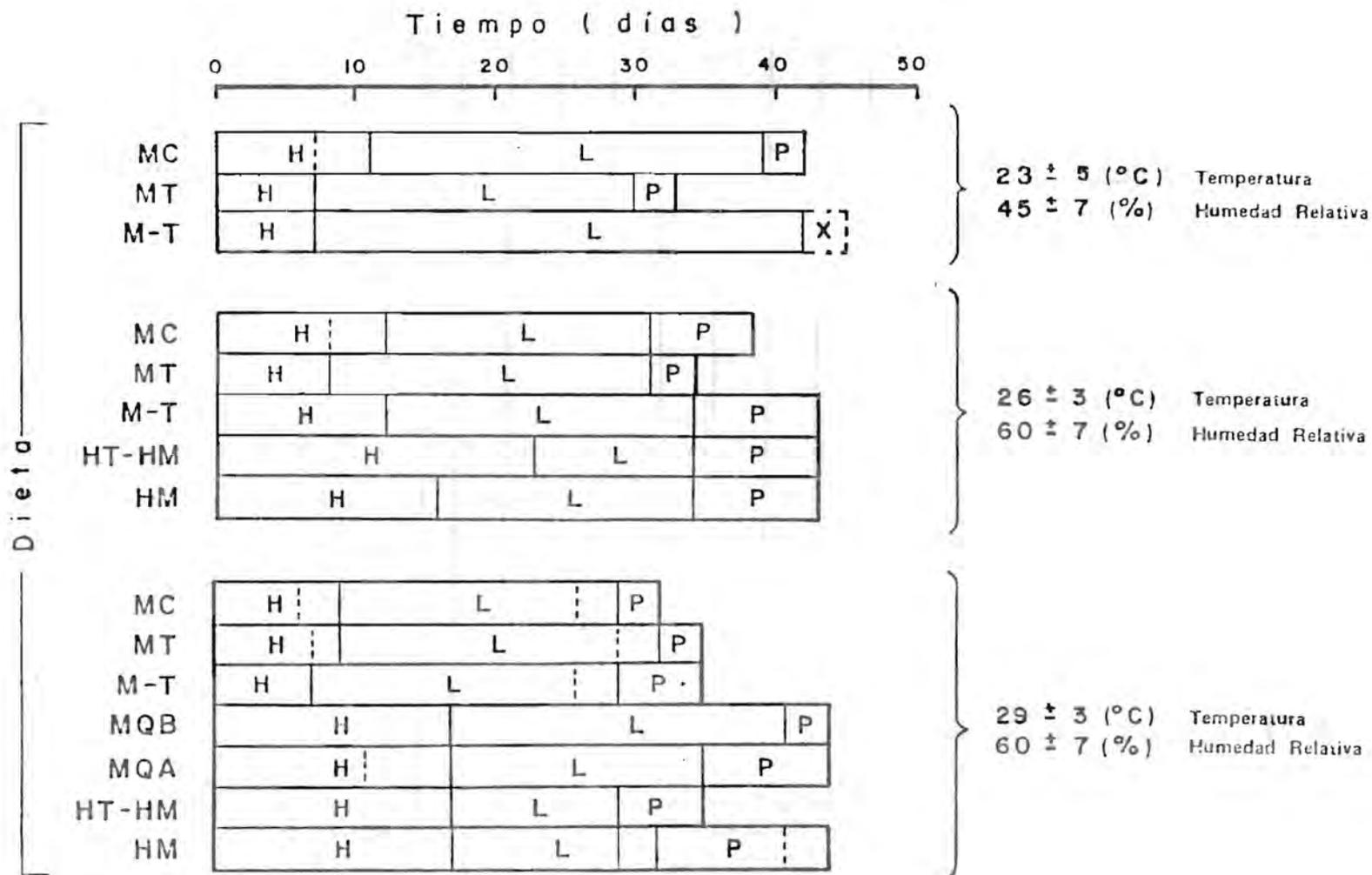








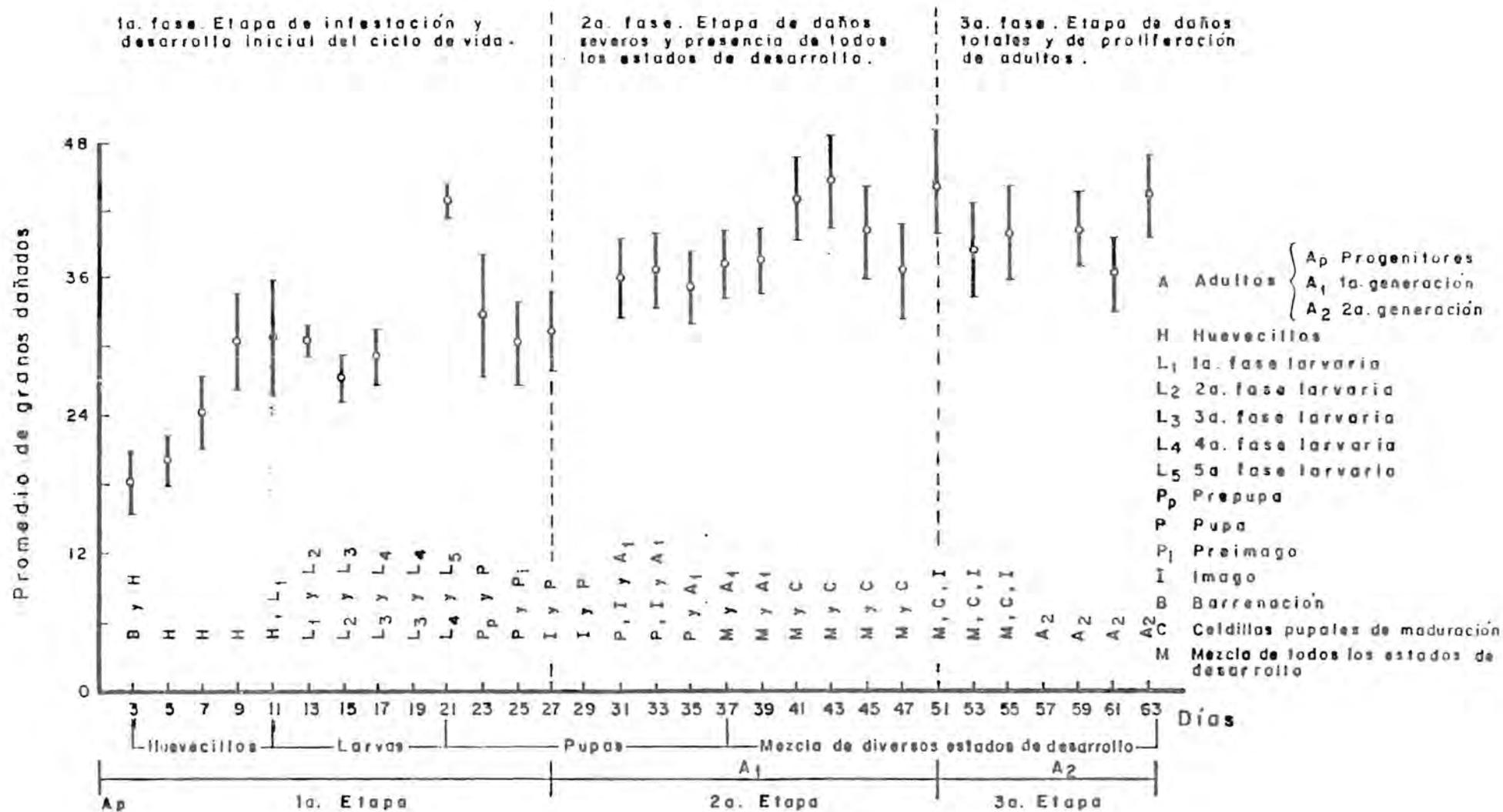




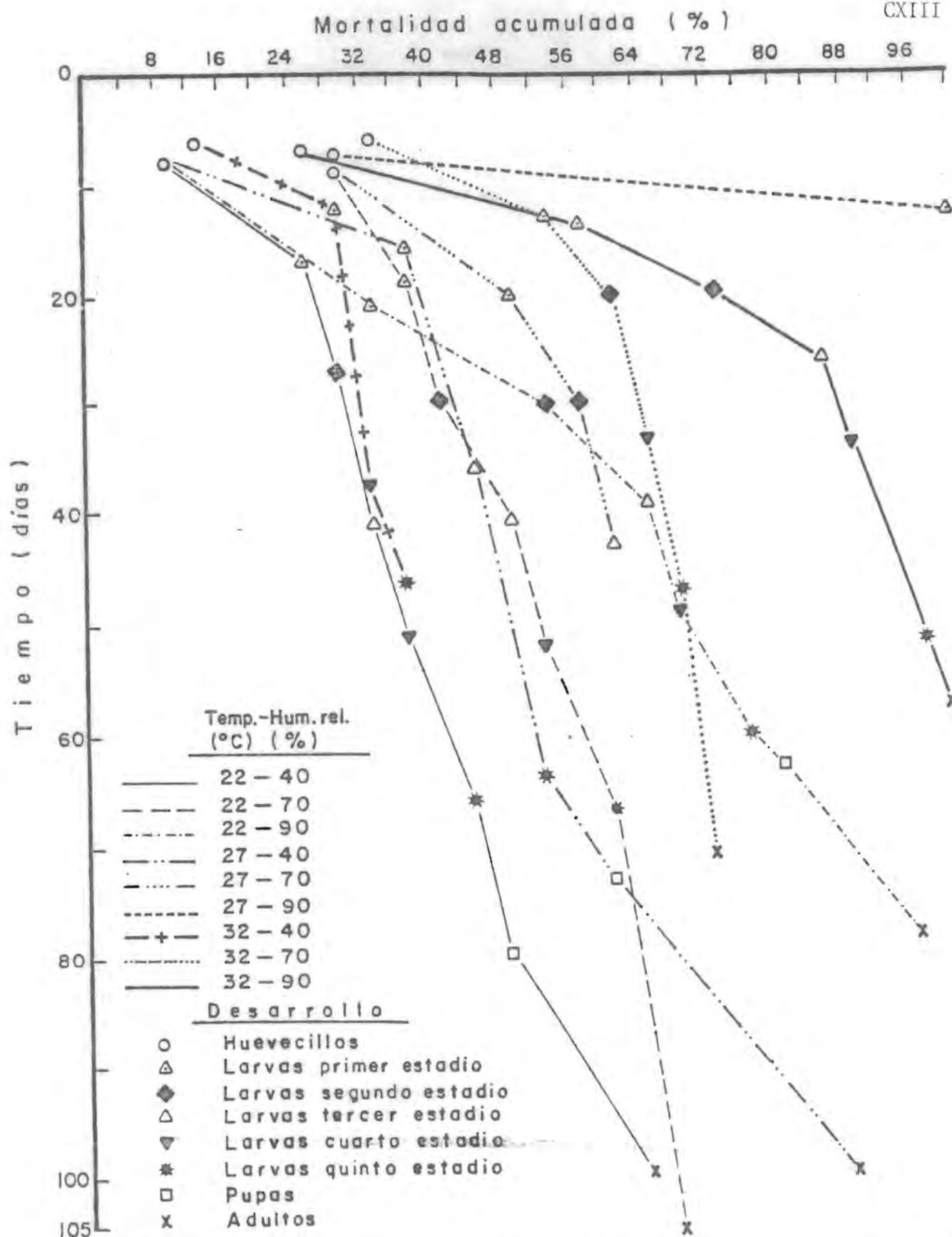
Histograma 12. Duración de los estados de desarrollo de *Prostephanus truncatus* (Horn) en diferentes dietas. MC= Maíz cacahuazintle; MT= Maíz Toluca, M-T= Maíz cacahuazintle y trigo blando, MQA= Maíz quebrado tamizado en malla del No. 20; MQB= Maíz quebrado tamizado en malla del No. 40; HT-HM= Harina de trigo y harina de maíz en proporción de 1:1; HM= Harina de maíz.

H=Huevecillo; L=Larva; P=pupa.

G. G R A F I C A S .



Gráfica 1. Grupos de maíz cacahuazintle dañados (promedios) por *Prostephanus truncatus* (Horn), a través del desarrollo postembrionario del barrenador grande de los granos (técnica radiográfica).



Gráfica 2. Porcentaje de mortalidad acumulada de *Prostephanus truncatus* (Horn) durante su ciclo de vida en harina de maíz y trigo (1:1) compactada, bajo diferentes ambientes controlados de temperatura y humedad relativa.

H. F I G U R A S

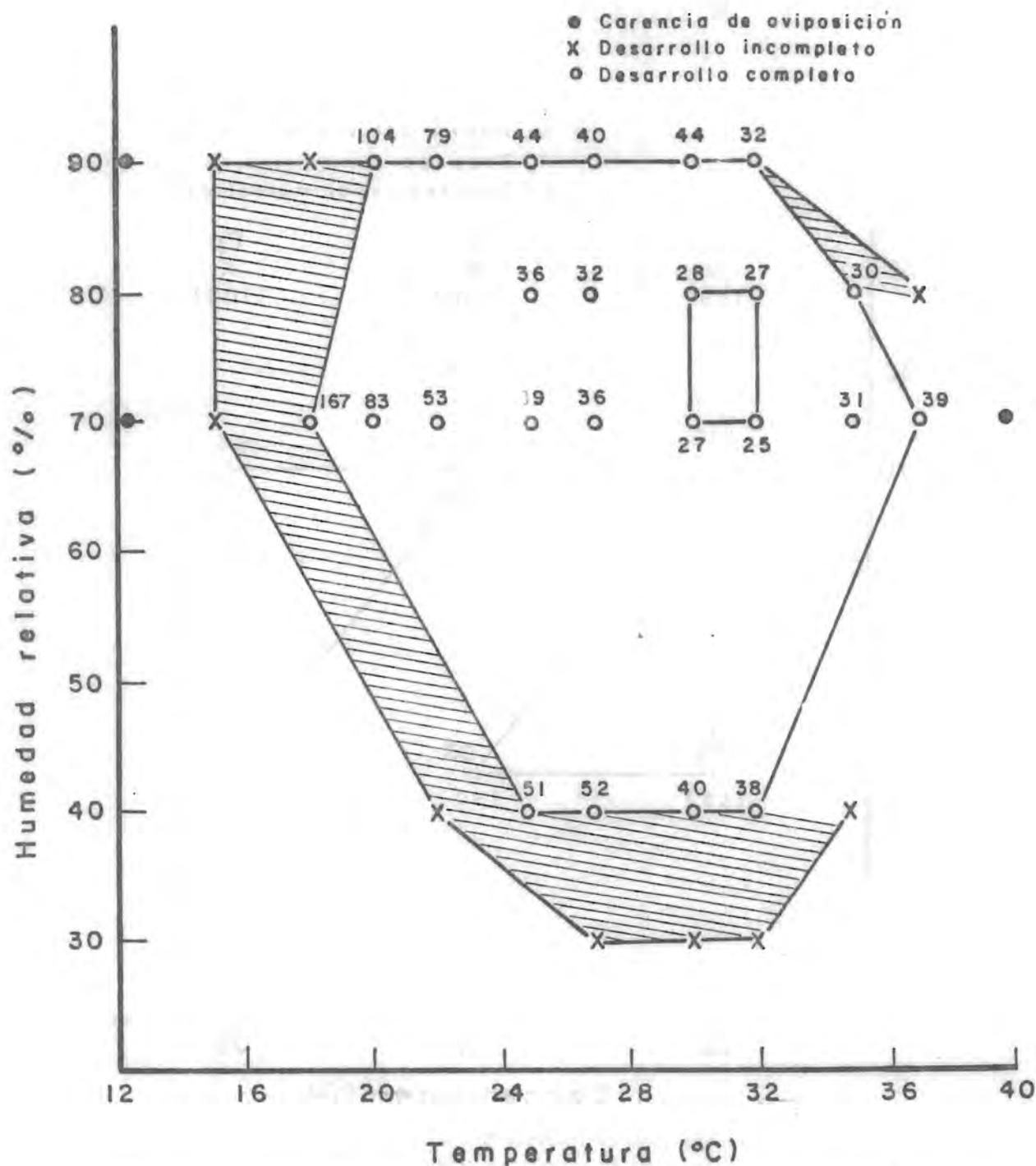


Figura 1. Periodo de desarrollo de huevecillo a adulto (en días) de *Prostephanus truncatus* colocados en tubos de vidrio de 1.8 mm de diámetro y 40 mm de longitud, conteniendo maíz molido. El área definida por el rectángulo, indica la zona de óptimo desarrollo. El área sombreada, indica la zona de desarrollo incompleto. (Tomado de Bell y Watters, 1982).

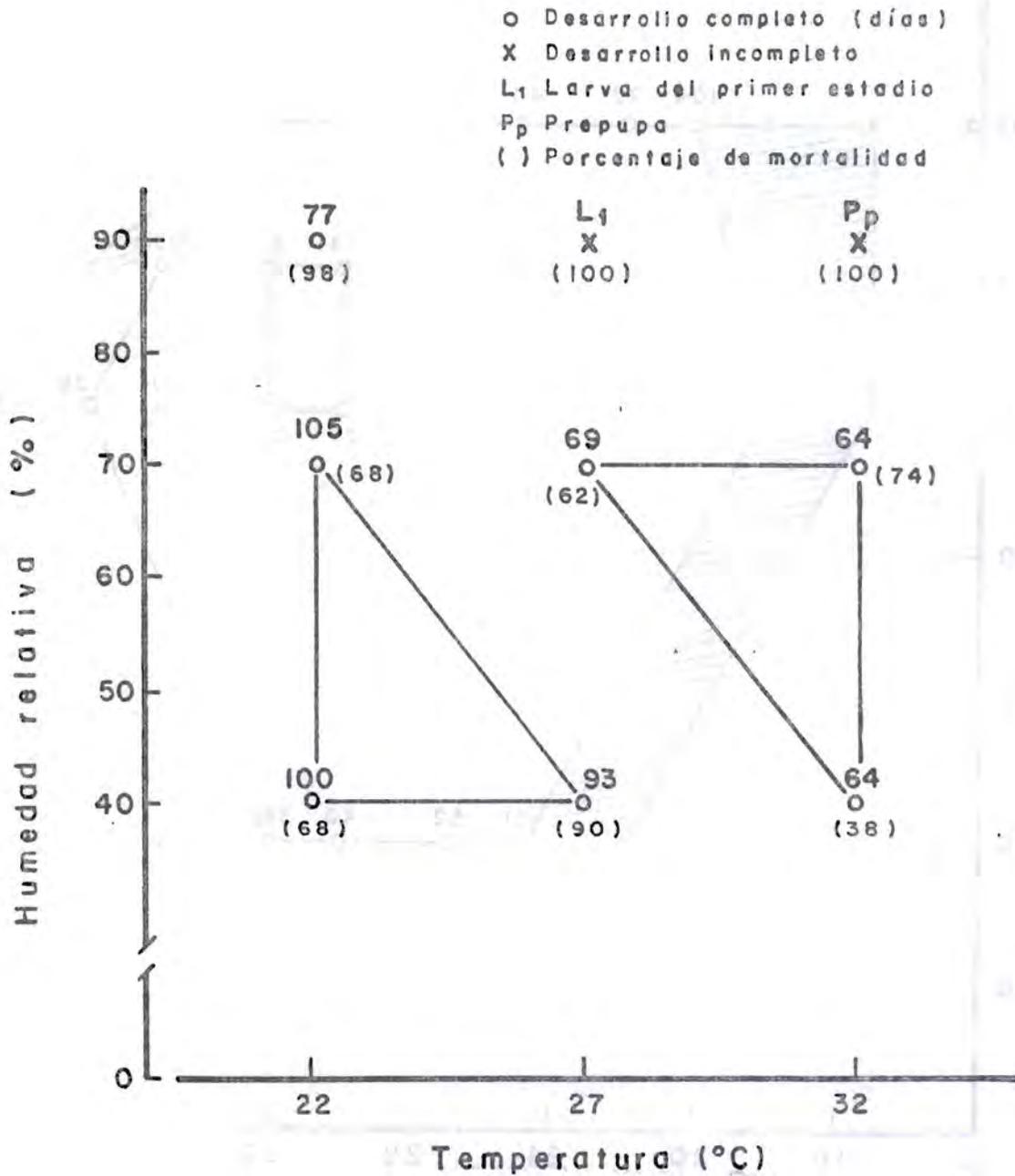


Figura 2. Desarrollo de huevecillo a adulto (días) y porcentajes de mortalidad de *Prostephanus truncatus* (Horn) en harina de maíz y trigo (1:1). Los triángulos indican los tiempos de desarrollo más similares. En los desarrollos incompletos (†) se indican los estadios que alcanzaron los insectos antes de morir.

I.. M O D E L O S M A T E M A T I C O S
D E L C I C L O D E V I D A D E
Prostephanus truncatus (Horn)

Si denotamos por $N_i(t)$ la subpoblación en el estado i y en el tiempo t , y por $i(t)$, $m_i(t)$, $U_i(t)$ a las tasas instantáneas de abastecimiento, muerte y maduración de individuos en el estado i , la tasa instantánea de cambio estará dada por:

$$(1) \quad dN_i / dt = i(t) - m_i(t) - U_i(t)$$

donde: $U_i(t) = i(t-t_i) P_i(t)$

con $d_i(t) =$ Tasa de abastecimiento del estado i

$P_i(t) =$ Probabilidad de sobrevivencia de un individuo en el estado i .

además $m_i(t) = i(t) N_i(t)$

con $i(t) =$ Tasa de mortalidad per capita del estado i ,

$N_i(t) =$ Población total en el mismo estado.

En consecuencia (1) se transforma en

$$dN_i / dt = i(t) - i(t-T_i) P_i(t) - i(t) N_i(t) \quad (2)$$

De hecho podemos plantear las ecuaciones del modelo del ciclo de vida de P. truncatus. En este espacio pueden reconocerse nueve estados, así que obtenemos un sistema de nueve ecuaciones simultáneas con argumento retardado que pueden resolverse numéricamente.

La simbología usada será la siguiente:

H	Huevecillo	
L1	Larva estadio 1	} Li Estadios larvarios
L2	Larva estadio 2	
L3	Larva estadio 3	
L4	Larva estadio 4	
L5	Larva estadio 5	
P1	Prepupa	
P2	Pupa	
A	Adulto	

Las ecuaciones son:

$$\dot{H}(t) = \alpha_H(t) - \alpha_H(-T_H) P_H - \sigma_H H(t)$$

$$\dot{L}_i(t) = \alpha_{L_i}(t) - \alpha_{L_i}(t-T_{L_i}) P_{L_i} - \sigma_{L_i} L_i(t) \quad i=1,2,3,4,5$$

$$\dot{P}_1(t) = \alpha_{P_1}(t) - \alpha_{P_1}(t-T_{P_1}) P_{P_1} - \sigma_{P_1} P_1(t)$$

$$\dot{P}_2(t) = \alpha_{P_2}(t) - \alpha_{P_2}(t-T_{P_2}) P_{P_2} - \sigma_{P_2} P_2(t)$$

$$\dot{A}(t) = \alpha_A(t) - \sigma_A [A(t)]$$

donde:

$$\alpha_H(t) = q A(t) \exp \left\{ -A(t)/A_0 \right\} + I(t)$$

$$\alpha_{L_i}(t) = \alpha_H(t-T_H) P_H$$

$$\alpha_{L_i}(t) = \alpha_{L_{i-1}}(t-T_{L_{i-1}}) P_{L_{i-1}} \quad i=2,3,4,5$$

$$\alpha_{P_1}(t) = \alpha_{L_5}(t-T_{L_5}) P_{L_5}$$

$$\alpha_{P_2}(t) = \alpha_{P_1}(t-T_{P_1}) P_{P_1}$$

$$\alpha_A(t) = \alpha_{P_2}(t-T_{P_2}) P_{P_2}$$

con:

q = Tasa máxima de producción de huevecillos por día.

A = Población inicial de adultos.

$I(t)$ = Número de huevecillos del primer estado.

A N E X O S

ANEXO 1. DISTRIBUCION GEOGRAFICA CONOCIDA (1989) DE
P r o s t e p h a n u s t r u n c a t u s (Horn)

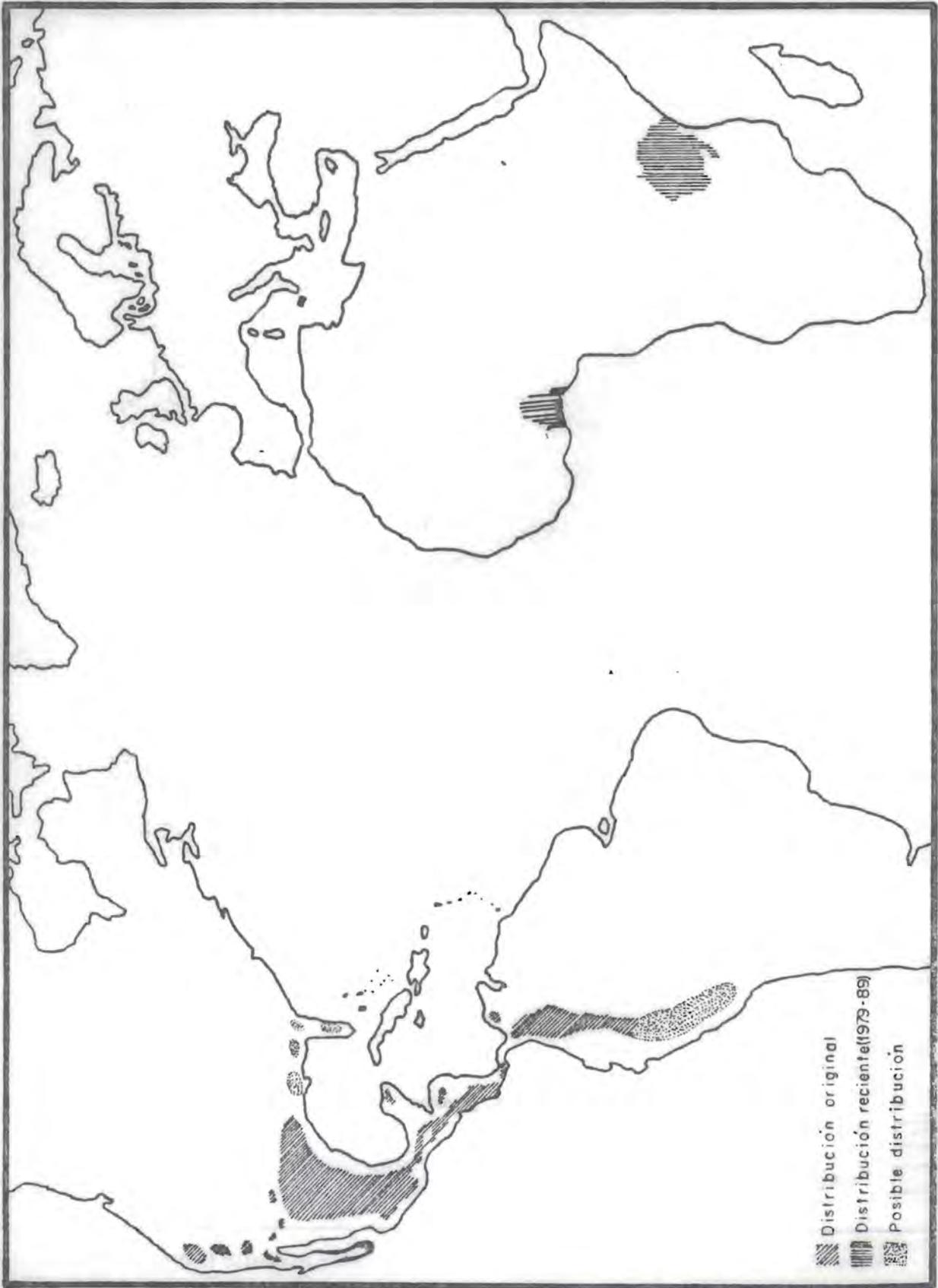
ANEXO 2. DESCRIPCIONES Y CLAVES

ANEXO No. 1 MAPAS DE LA DISTRIBUCION GEOGRAFICA CONOCIDA DE -
Prostephanus truncatus (Horn).

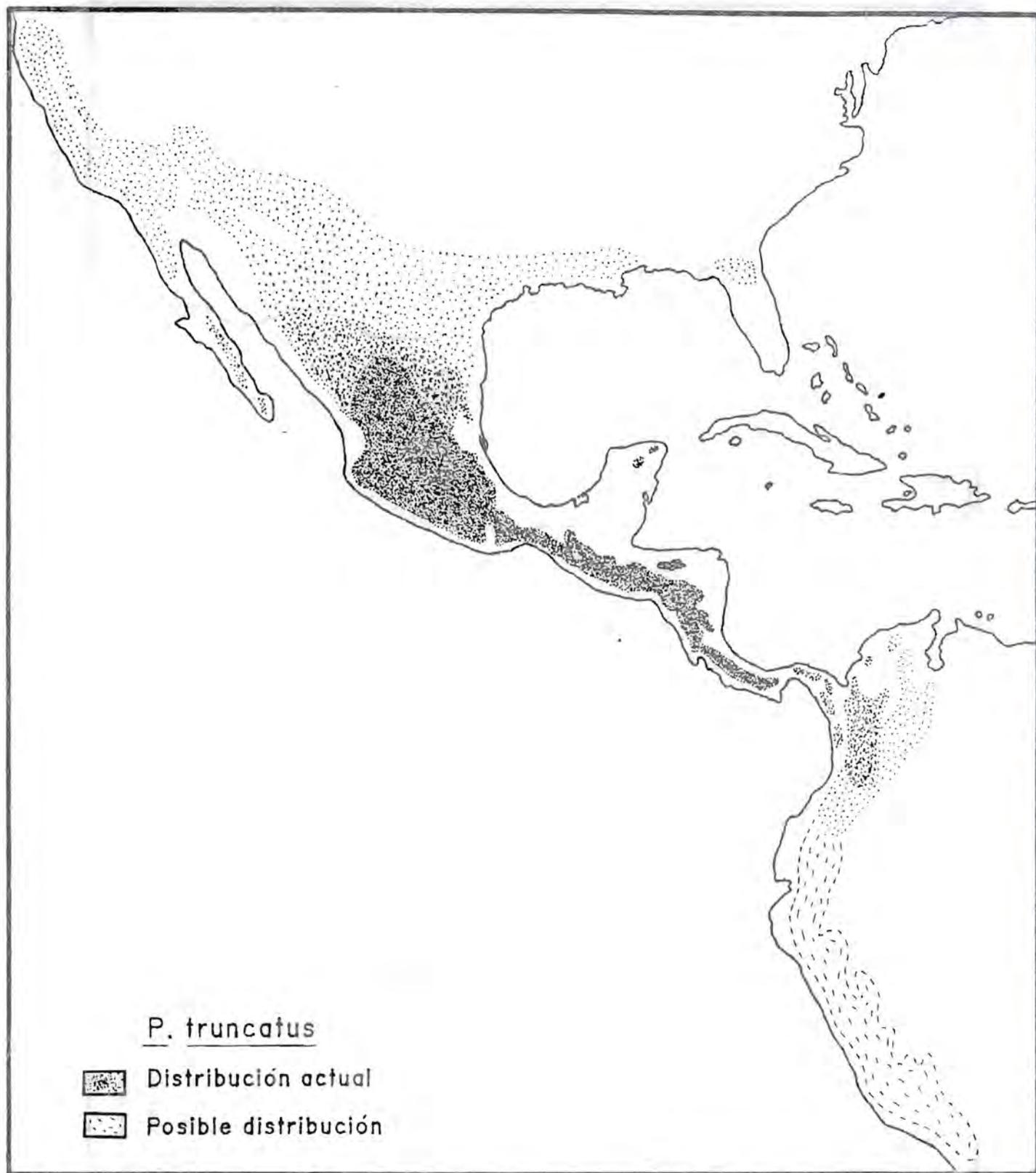
Mapa 1. Distribución mundial.

Mapa 2. Distribución aproximada en América.

Mapa 3. Distribución en Africa.



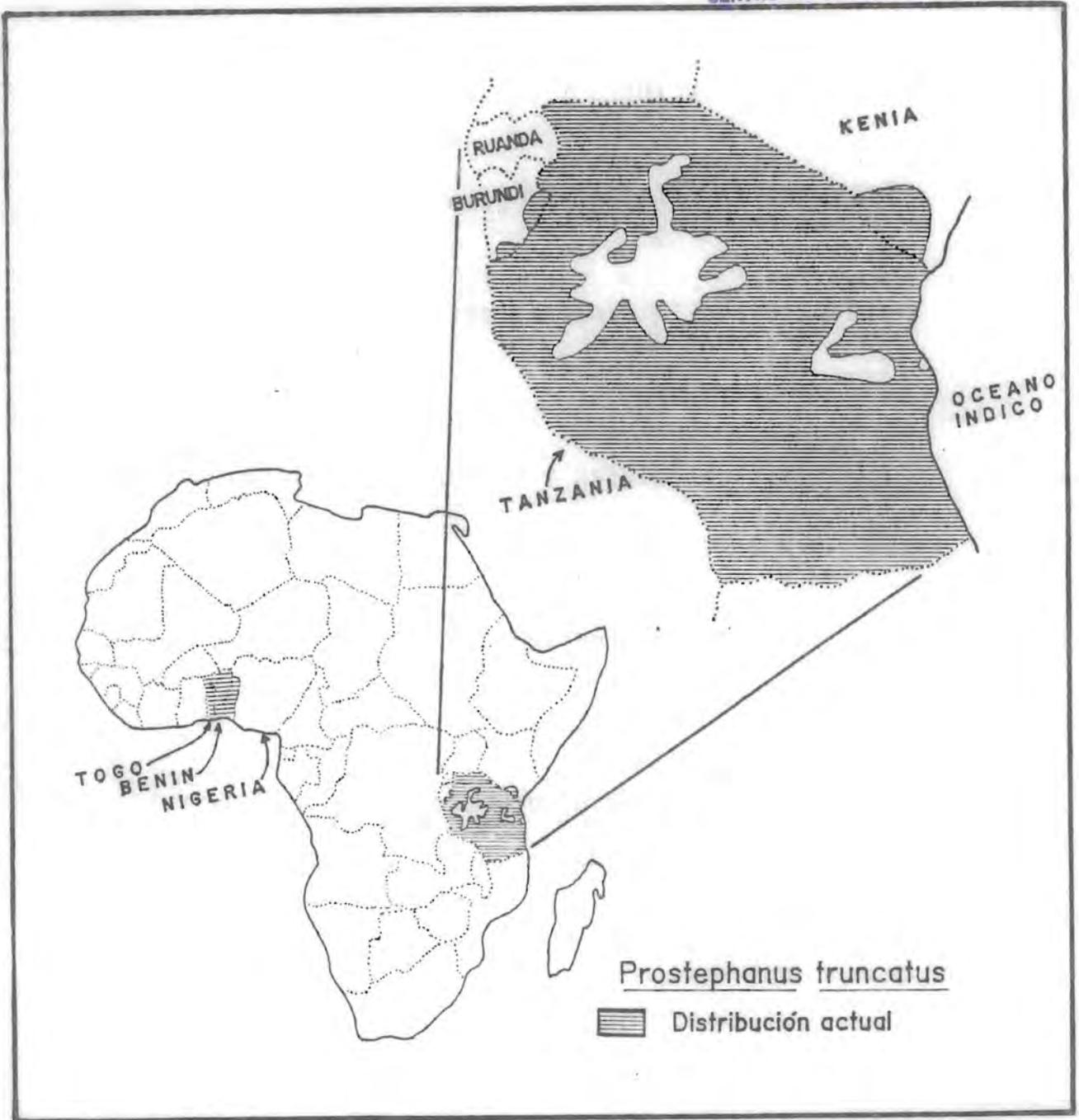
Mapa 1. Distribución mundial de *Prostephanus truncatus* (Horn), el barrenador grande de los granos.



Mapa 2. Distribución geográfica conocida de *Prostephanus truncatus* (Horn) en América. 1990



BIBLIOTECA
CENTRO DE ECOLOGIA



Mapa 3. Distribución geográfica de *Prostephanus truncatus* (Horn) en Africa. 1990

ANEXO No. 2 DESCRIPCIONES Y CLAVES

1. Colocación taxonómica del gran barrenador de los granos.
2. Descripción de la familia Bostrichidae según Arnett, Jr., 1971.
3. Clave para subfamilias y tribus de Bostrichidae según Fisher, 1950.
4. Clave para los géneros de la subfamilia Dinoderinae según Fisher, 1950.
5. Descripciones de los diversos estados de desarrollo de Prostephanus truncatus.

1. COLOCACION TAXONOMICA DEL GRAN BARRENADOR DE LOS GRANOS

REINO Animalia (Linneo, 1758).

Subreino Metazoa (Haeckel, 1868).

Sección Bilateria (Haeckel, 1868).

División Eucelomata (Haeckel, 1868).

Superphylum Schizocoela (Haeckel, 1868).

PHYLUM Arthropoda (Siebold y Sattnius, 1845).

Subphylum Euarthropoda (Vandel, 1949).

Superclase Mandibulata (Fabricius, 1775).

o Antennata

CLASE Insecta (Linnaeus, 1758)

o Hexapoda (Latreille, 1825).

Subclase Pterygota (Latreille, 1796).

División Endopterygota (Borror y DeLong, 1955)

u Holometabola (Brauer, 1885).

ORDEN Coleoptera (Linneo, 1758).

Suborden Polyphaga (Emery, 1885).

Serie Bostrychiformia (Arnett, 1971).

Superfamilia Bostrichoidea (Crowson, 1955).

FAMILIA Bostrichidae (Latreille, 1802).

Subfamilia Dinoderinae (Fisher, 1950).

GENERO Prostephanus (Lesne, 1897) = Dinoderus (Stephens, 1830).

ESPECIE truncatus (Horn, 1878).

2. DESCRIPCION DE LA FAMILIA BOSTRICHIDAE (LATREILLE, 1802)

"Los escarabajos bostríquidos barrenadores de madera"

(Arnett, Jr. 1971)

Apatide auctorum; Apatidae Bilberg, 1820,
Psoidae Le Conte, 1862; Bostrychidae
Zoufal, 1894.

La familia Bostrichidae es uno de los grupos más destruc-
tivos de los Coleópteros, comprende 455 especies (1935) en distin-
tas partes del mundo, aunque son especialmente destructivos en -
los trópicos donde causan gran daño a madera y bambú, especialmen-
te en los lugares donde estos materiales son empleados para la -
construcción o para la hechura de muebles. Se supone que los -
bostríquidos son barrenadores de madera cortada, sin dañar a los
árboles vivos, sin embargo, se han encontrado muchas especies que
atacan y ovipositan en árboles verdes. Algunas especies tienen su
habitat en túneles barrenados en tallos de vegetales verdes donde
se alimentan e hibernan. Sólo unas pocas especies se hallan ata-
cando productos almacenados, tubérculos secos y granos. Esta pro-
pensión de la familia a barrenar maderas, bambú y productos de al-
macén han contribuido a su amplia distribución por el comercio
(Fisher, 1950). Muchas de las especies contienen micetomas, que -
son órganos especializados que contienen bacterias y que están lo-
calizados al principio del intestino posterior, (Arnett, 1971). Es
una familia muy parecida a los Scolytidae, pero se diferencian -
de ellos por su pronotum tuberculado y de aspecto áspero, recto o

continuo, antenas no geniculadas con una masa de tres o cuatro - segmentos y cinco segmentos tarsales, 62 especies reportadas en Norteamérica (1961).

Los adultos son de forma alargada, cilíndrica y compacta, con una superficie externa muy dura, con todas sus partes - estrechamente adaptadas a barrenar maderas, con tamaños que fluctúan entre 2 a 50 mm, aunque usualmente miden de 2-20 mm de longitud, color generalmente negro y raramente rojo con manchones negros; cubierto o no con finos pelos, usualmente cortos y raramente en conjuntos de pelos largos, particularmente sobre la cabeza. Cabeza pequeña, hacia abajo, usualmente insertada en el protórax y no visible desde arriba, superficie punteada o rugosa. Antenas de 8 a 10 segmentos, rectas, no geniculadas con masa de tres a cuatro segmentos e insertada lateralmente cerca de los ojos. Labrum pequeño, transverso; mandíbulas grandes, curvadas, los ápices, a menudo, romos, algunas veces bifidas; palpos maxilares de cuatro segmentos, pequeños, delicados; gula pequeña, sutura gular distinguible; mentón trapezoidal; palpos labiales trisegmentados, pequeños, delicados. Ojos prominentes, bulbosos, pequeños, ovales. Pronotum grande; forma subcuadrada; bordes - usualmente no marginados; superficie en la región anterodorsal rugosa, rasposa, a menudo con cuernos curvos o ganchos; región pleural ancha; prosternum sencillo al frente de las coxas; cavidades precoxales abiertas por detrás. Mesosternum pequeño, Metasternum amplio y convexo. Patas con coxas anteriores pequeñas, cilíndricas, contiguas; coxas medias redondeadas, subglobulares, casi contiguas; coxas posteriores pequeñas y transversas; trocan

ter pequeño, intersticial; fémur ancho; tibia delgada, lisa, con un espolón apical, usualmente grande, algunas veces aserrado, frecuentemente el ápice con una corona de espinas, fórmula tarsal 5-5-5 con segmentos pequeños, delicados, simples; uñas grandes sin ninguna modificación con una ligera superficie serrada. Scutelum pequeño, triangular; Elitros variadamente modificados con espinas apicales y un declive apical usualmente presente, superficie usualmente punteada, vena costal vagamente presente; parte apical de los élitros frecuentemente provista de una o más tubérculos. Venación de las alas como en todos los Bostrychoidea con la M_1 próxima a una vena en cruz. Abdomen con cinco esternitos visibles, suturas completas.

3. CLAVE PARA LAS SUBFAMILIAS Y TRIBUS DE BOSTRICHIDAE. (Según Fisher, 1950).

- (1) Cabeza no completamente insertada en el protórax, visible desde arriba (2)
 - Cabeza completamente insertada en el protórax, no visible desde arriba (4)
- (2) Frente de la cabeza mostrando un lóbulo a cada lado del clipeo; disco del pronotum tuberculado..... DYSIDINAE
 - Frente de la cabeza no mostrando un lóbulo a cada lado del clypeus; disco del pronotum no tuberculado.....
PSOINAE (3)
- (3) Coxa anterior, claramente separada por el lóbulo prosternal; tibia anterior con una espina grande, arqueada en los ápices.....POLYCAONINI
 - Coxa anterior, no o parcialmente separada por el lóbulo prosternal; tibia anterior sin una espina grande arqueada en los ápices.....PSOINI
- (4) Pronotum completamente emarginado lateralmente EDECATOMINAE
 - Pronotum no totalmente emarginado lateralmente, raramente con una carina distinguible lateral a cada lado posteriormente..... (5)
- (5) Tarso posterior más corto que la tibia; pronotum redondeado u ojival, raramente truncado al frente.....DINODERINAE
 - Tarso posterior tan grande o más grande que la tibia (no tan grande en algunos especímenes de Apatides fortis (Lec.), pero el pronotum es emarginado al frente: pronotum truncado

- o emarginado al frente BOSTRICHINAE (6)
- (6) Primero y segundo segmento de la maza antenal reducida o -
 flabelada (7) .
- Primero y segundo segmento de la maza antenal caliciforme en forma de taza..... DINAPATINI
- (7) Proceso intercoxal del abdomen, tabular (en forma de T) o triangular..... BOSTRICHINI
- Proceso intercoxal del abdomen, lamelado (en forma de -
 I) NYLOPERTHINI

4. SUBFAMILIA DINODERINAE (Según Fisher, 1950).

Esta subfamilia esta compuesta de seis géneros: Rhizopertodes Lesne; Rhyzopertha Stephens, una especie; Stephanopachys Waterhouse, 9 especies; Dinoderus Stephens, 6 especies; Prostephanus Lesne, 4 especies; y Dinoderopsis Lesne.

CLAVE PARA LOS GENEROS DE LA SUBFAMILIA DINODERINAE

(Según Fisher, 1950)

- (1) Costado del clipeo claramente más corto que el labrum; pronoto con márgenes laterales bien marcados posteriormente..... (2)
 -Costado del clipeo tan o más largo que el labrum; pronoto sin márgenes laterales o rara vez marcados posteriormente, sin una hilera pequeña de tubérculos (3)
- (2) Segundo segmento de la antena más corto que el primero; pronoto con márgenes laterales lisos posteriormente y la mitad posterior del disco con puntuaciones; escutelum transverso
 Dinoderus Stephens
 -Segundo segmento de la antena igual en longitud al primero; pronotum con márgenes laterales con crestas y mitad posterior del disco con gránulos aplanados; escutelum cuadrado
 Rhyzopertha Stephens
- (3) Funículo antenal delgado, revestido de largos pelos, el segmento apical de la maza de la antena tan ancho o más ancho que el segmento precedente; pronotum ojival al frente; declive apical de los élitros con inclinación abrupta, con un margen subapi -

cal distinguible Prostephanus Lesne.
 -Funículo antenal robusto, revestido de pelos cortos, el segmento apical de la maza antenal más estrecho que el segmento precedente; pronotum ancho, redondeado al frente; declive apical de los élitros moderado, arqueado convexo, sin un margen subapical distinguible Stephanopachys Waterhouse.

Los géneros Rhizoperthodes y Dinoderopsis no están incluidos en la clave de Fisher, (1950) por no estar representados en los Estados Unidos.

CLAVE PARA LAS ESPECIES DE Prostephanus

- (1) Declive apical de los élitros con tubérculos..... (2)
 -Declive apical de los élitros sin tubérculos..... (3)
- (2) Declive apical de los élitros con uno o dos tubérculos, cortos, rectos, más o menos distinguibles a cada lado, la superficie con pelos largos y recurrentes..... punctatus (Say).
 -Declive apical de los élitros con un tubérculo largo y recurvado a cada lado, la superficie con pelos erectos, cortos e incóspicuos..... arizonicus Fisher.
- (3) Pelos sobre los élitros cortos recurvados, éstos sobre la parte anterior del disco, casi tan largos como los intervalos entre las puntuaciones; márgenes laterales del pronoto con una hilera de dientecillos cerca de los ángulos posteriores..... truncatus (Horn).
 -Pelos sobre los élitros largos, recurvados, éstos en la parte anterior del disco por lo menos dos veces más largos que los intervalos entre las puntuaciones; márgenes laterales del pronoto sin dientecillos o por lo menos una hilera de ellos indistinguible cerca de los ángulos posteriores.....
 apax Lesne.

5. DESCRIPCIONES DE Prostephanus truncatus (Horn)

DESCRIPCIÓN DEL HUEVECILLO. No existe ninguna descripción.

DESCRIPCIÓN DE LA LARVA. (Según Spilman, 1984).

GENERALIDADES. La larva de los bostríquidos puede ser distinguida de la larva de otros insectos que infestan alimentos almacenados por las siguientes características:

1. Forma escarabeiforme (cuerpo en forma de una "C") y color lechoso (Arnett, Jr. 1971).
2. Cabeza retráctil dentro del protórax y prognota.
3. Patas presentes.
4. Mesosternum y metasternum o terguitos abdominales, divididos en dos o tres pliegues.
5. Octavo espiráculo abdominal pequeño o no tan grande como otros espiráculos abdominales.
6. Espiráculos ovales o circulares.
7. Cerdas simples como pelos, no densos.
8. P. truncatus en estado larvario se diferencia de Rhyzopertha dominica, Dinoderus minutus y otras especies de Dinoderus por el largo proceso molar, la presencia de dos pliegues en el tergo I-V abdominal, cerdas ralas en las áreas laterales y una ligera curvatura en la parte final del abdomen.
9. El labrum es muy grande.
10. En posición adoral, la epifaringe esta poco modificada.

CABEZA

1. En posición dorsal más larga que ancha.

2. Fuertemente insertada dentro del protórax.
3. Desnuda, sin pelos, excepto con unas cuantas cerdas posteriores en la inserción antenal.
4. Sin manchas oculares u ocelos. Frente no distinguible.
5. Foramen magnum grande ventralmente.
6. Antena muy corta, con tres segmentos, simple.
7. Clypeus corto, muy ancho, con bordes posterior y anterior muy arqueados.
8. Labrum muy grande, casi circular, fuertemente convexo. Borde anterior con largas y densas cerdas que lateralmente llegan a ser ralas. Area central con dos depresiones transversales. Borde esclerotizado lateralmente.
9. Mandíbulas con superficie aboral débilmente curvada, ápice con cortos dientes adyacentes, semejantes a un cincel. Area molar dorsal con grandes proyecciones pseudomolares, procesos ventro-posteriores con cepillos apicales de obscuras microtriquias.

Los molares mandibulares, se tocan cuando las mandíbulas estan en reposo y se ajustan perfectamente en la depresión formada por el ángulo esclerotizado de la placa epifaringea. Probablemente el alimento es retenido en la depresión angular para la molienda con los molares. Quizá el pequeño cepillo en la prominencia ventral de cada molar, barre el alimento masticado de la depresión hacia el esófago. (Spilman, 1984).
10. Maxila claramente distinguible, ancha, redondeada apicalmente y galea no esclerotizada, cubierta con largas y densas cerdas; lacinia esclerotizada, separada,

delgada y curvada, basalmente separada de los estipes por la carencia de esclerotización, estipes estrechos esclerotizados; cardo largo y triangular; palpifer - largo y ancho; palpos con dos artejos.

11. Labium corto; submentón ancho y membranoso y con una hilera de cerdas transversas en la parte anterior y - muchas cerdas laterales; mentón ancho, membranoso, excepto en el área lateral que es esclerotizada; prementón más estrecho que el mentón; palpos con un artejo corto y ancho.
12. Epifaringe con tres largas cerdas en el borde ante - rior lateral, área central con tres hileras de sensilias.
13. Hipofaringe sin una lígula distinguible.

TORAX

1. Tergos con unas cuantas cerdas.
2. Espiráculo I, grande, circular, simple, peritrema estrecho, rodeado de 3 ó 4 carinas irregulares.
3. Tergos II y III con cerdas muy esparcidas y largas en los lóbulos laterales .
4. Esternitos con muy pocas cerdas esparcidas.

PATAS

1. Cortas.
2. Pata I, aproximadamente 1/3 más ancha que la II y III, aunque ligeramente más corta y con más cerdas que la II y III.

3. Uñas largas, delgadas y oscuras.
4. Longitud máxima de la pata de 10 mm.

ABDOMEN

1. Con una ligera curvatura hacia la parte final del cuerpo.
2. Tergos I-IV con pliegues transversos, formando dos pliegues tergaes por cada segmento.
3. Tergos VI-VIII casi lisos, sin pliegues transversales.
4. Último segmento, IX, redondeado posteriormente, con cerdas densas y largas cerca del año.
5. Esternito IX con una placa esclerotizada media longitudinal.
6. Ano longitudinal.
7. Urogonfi ausente (Arnett, Jr., 1971).

ESTADIOS LARVARIOS

La forma de identificar los tres estadios larvarios de Prostephanus truncatus según Subramanyam Bh. et al., (1985), es considerando la distancia promedio fronto-clypeal longitudinal, ventralmente esclerotizada a los lados y visible en posición dorsal en forma de hoz. Las distancias promedio para el primero, segundo y tercer instar son de 0.135, 0.183 y 0.274 mm respectivamente.

DESCRIPCION DE LA PUPA. (Según Spilman, 1984).

MORFOLOGIA

Cuerpo blanco que llega a oscurecerse con la edad. Mandíbulas usualmente negras. Elitros y alas plegadas cerca del cuerpo. Se pueden distinguir las espinas del pronotum, especialmente en las pupas más viejas. Pronotum liso, excepto por 18 grandes nódulos en la parte anterior media. Abdomen muy plegado o arrugado, sin tubérculos, urogonfi u otros procesos. Areas laterales del tergum y sternum con minúsculos uni, bi o tripartitas microtriquias. Espiráculos visibles desde arriba, con un amplio peritrema e irregulares pliegues.

SEXACION

Según Bell y Watters, (1982), las pupas de P. truncatus pueden sexarse porque en las hembras existe una área en el antepenúltimo segmento, en el que hay dos secciones grandes, lisas y redondeadas, mientras que en el macho esta área es pequeña y más abultada, dos o más segmentos pueden ser distinguibles a cada lado y uno o dos en la parte media.

DESCRIPCION DEL ADULTO

De acuerdo a la descripción taxonómica de Fisher, (1950), Lesne (1897) y Horn (1878).

1. Color rojo-pardo pálido a pardo-negruczo. Antenas rojizas. Ligeramente brillante. Los palpos y patas más pálidas.

2. Cabeza fuertemente convexa, parcialmente cubierta por el protórax, no visible desde arriba, vertex glabro y brillante, depresión transversa atrás de los ojos, con frente fina y escasamente punteada, poco cubierta de pelos largos y semierectos, con una abrupta deflexión en el margen anterior; clypeus fuertemente transverso, amplio, arqueado y emarginado en la frente, plano, punteado densamente y con pelos largos incospicuos, ralos y semierectos, con dos pequeños tubérculos en el margen medio anterior, lados tan o más largos que el labrum; labrum subtruncado o ampliamente redondeado y ciliado al frente; mentón largo, transverso, fuertemente lobulado al frente y enmedio; palpos maxilares y labiales iguales en longitud, densamente pubescentes, segmento apical de los palpos maxilares alargado, agudo hacia el ápice, segmento apical del palpo labial, oblongo y redondeado hacia el ápice; palpo maxilar de cuatro segmentos y labial de tres. Mandíbulas robustas, agudas en el ápice, con pequeños dientecillos en medio y márgenes exteriores; ojos fuertemente realzados, ovales, pequeños y transversos. Antenas insertadas lateralmente cerca de los ojos por arriba de la base de las mandíbulas, de 10 segmentos, clavadas, recubiertas de densos, cortos, amarillos y recurrentes pelos, con unos cuantos pelos largos y erectos entremezclado funículo delgado, cubierto de pelos largos sobre todo en el borde interior, primero y segundo segmentos robustos, iguales en longitud, el segundo subtriangular y el tercero oblongo, tercero y cuarto alar

dos, quinto al séptimo cortos y ligeramente anchos, segmentos ocho al diez formando un ensanchamiento, maza desarticulada, los segmentos iguales en longitud y el décimo segmento tan ancho o más ancho que el noveno.

3. Tórax. Pronoto globoso tan ancho como largo, más amplio hacia la parte basal y ojival al frente, sin un disco aparente, ásperamente granulado en la parte anterior y posteriormente inconspicuo pero densamente espinoso, lados con una hilera de pequeños dientecillos en margen lateral, tubérculos anteriores e imbricaciones posteriores y a la mitad a manera de hileras redondeadas anteriormente y con dientecillos elevados en hileras transversas como arcos hacia la mitad anterior. Los dientecillos redondeados en los ápices y separados unos de otros, los dos únicos del margen anterior casi contiguos, superficie con escasos pelos cortos, inconspicuos y recurrentes, densamente punteados a los lados. Escutelum pequeño y cuadrado. Metasternum ancho y convexo. Elitros fuertemente convexos, punteados, declive posterior abrupto, truncado, declive fuertemente marginado o carinado a cada lado posterior, formando un semicírculo. Los élitros en la base son tan anchos como el pronoto en la parte basal; lados paralelos, conjuntamente redondeados en el ápice, superficie amplia y densamente punteada, las puntuaciones corren más o menos en hile -

ras definidas; ligeramente revestidas con pelos cortos, recurvados y amarillentos, los cuales son tan largos como los intervalos entre las puntuaciones, las cuales se hallan sobre la parte anterior de círculos (fosetas) pequeños; declive apical escasamente recubierto de pelos cortos, erectos, amarillentos, sin tubérculos, densa e irregularmente punteados y granulosos en los intervalos. Margen subapical distinguible. Alas posteriores con la vena M1 subiendo directamente desde la vena cruzada; patrón de doblado del ala con una área B grande y transversa e indirectamente yaciendo sobre el área anal, separado por una masa de pequeños y variables dobleces; área C dividida y corta; ápice sin un doblez transverso definido, lóbulos anales sésiles (Arnett, Jr. 1971). Patas cortas, iguales en longitud, tibias ligeramente expandidas hacia los ápices, dentados o marginadas exteriormente, par anterior con espinas largas arqueadas en los ápices, con espolones apicales grandes. Tarso posterior más corto que la tibia, segmento apical de cada uno tan largo como los otros cuatro segmentos unidos precedentes. Fórmula tarsal 5-5-5. Coxa anterior y media contiguas. Uñas largas sin ninguna modificación, excepto por una ligera superficie serrada.

4. Abdomen. Con cinco esternitos visibles y suturas completas, último segmento ventral redondeado o trunco,

con el borde posterior desprovisto de fosetas en los dos sexos. En todo el abdomen finas y poco distinguibles puntuaciones y gránulos densos y finos.

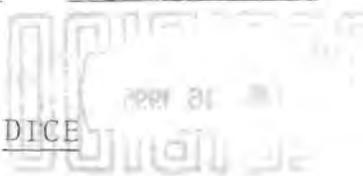
Genitalia del macho con un pene grande y aplanado horizontalmente, con dos apéndices accesorios basales, distalmente curvados, apicalmente agudos; parámetros no diferenciados, fusionados en la base; pars basalis pequeño, ventral, placa convexa, distalmente formando una pinza fuerte, curvada, la cual sujeta los bordes del pene y actúa como guía durante la cópula; basalmente con un par de fuertes parámetros.

Genitalia de la hembra con los paraproctos reducidos a un baculi; valvíferos reducidos; coxito membranoso, setífero; styli subapical (Arnett, Jr., 1971).

5. Cuerpo. Forma alargada y cilíndrica, en posición ventral recubierto de pocos pelos, largos, recurrentes y amarillentos.
6. Medidas. Longitud de 4-4.5 mm, ancho de 1-1.5 mm.
7. Sexación de adultos. De acuerdo a Shires y McCarthy, 1976, no se habían encontrado diferencias sexuales aparentes en los adultos vivos ya que el último segmento del abdomen cubre los genitalia externos, hasta que -

los autores revisaron cuidadosamente el tamaño de los tubérculos clipeales medios al frente. Con una seguridad de $91.33\% \pm 1.56$ en microscopio estereoscópico a 40X de aumentos se puede hallar que los tubérculos clipeales de la hembra son más realzados (35.87μ) y más distales entre sí (118.57μ) que los de los machos, de altura 22.55μ y amplitud entre tubérculo y tubérculo de 106.99μ .

F E D E E R R A T A S



EN:

DICE

DEBE DECIR

Fotografía No. 7

Mx

Md

Fotografía No. 17

Pbl

P1b

Fotografía No. 27

BC

BCo