

Bionomía del escarabajo estercolero *Planolinellus vittatus* (Say, 1825) (Coleoptera: Aphodiinae) en el Volcán Cofre de Perote, Veracruz, México

Imelda Martínez M.

Instituto de Ecología A.C. Departamento de Biodiversidad y Ecología Animal. Km. 2.5 Antigua

Carretera a Coatepec # 302. Congregación Las Hayas. 91140 Xalapa, Veracruz, México, imelda.martinez@inecol.edu.mx

RESUMEN

Considerando la importancia biológica, ecológica y económica que tienen los escarabajos del estiércol, en este trabajo se presentan datos sobre la bionomía de *Planolinellus vittatus* (Say, 1825), especie común en los pastizales ganaderos de la vertiente oriental del Cofre de Perote, Veracruz, México. En el rancho Pextlan, esta especie no es muy abundante, pero está activa casi todo el año. Las abundancias altas de individuos se presentan durante la primavera y el inicio del verano, de marzo a principios de junio, que coinciden con la época de sequía y el inicio de las lluvias. Es una especie multivoltina, con ciclos reproductivos que se solapan todo el tiempo. La máxima actividad reproductiva se observó cuando se presentan baja humedad y alta temperatura. El desarrollo preimaginal dura de 17 a 20 días a 23 °C y se lleva a cabo en la costra superficial y seca de la boñiga. Hembras y machos maduran muy rápido y comienzan a reproducirse a los 10 días de la emergencia. Su etapa reproductiva dura aproximadamente 15 días, tras la cual agotan su potencial reproductor y mueren. Este tipo de resultados son necesarios para implementar medidas de conservación de las especies de este grupo de insectos que son afectados por los residuos de los químicos empleados en las prácticas agropecuarias.

Palabras clave: escarabajo estercolero, fenología, reproducción, desarrollo preimaginal.

ABSTRACT

Considering the biological, ecological and economic importance of dung beetles, in this work some bionomic data of *Planolinellus vittatus* (Say, 1825) are presented. This species is not abundant in the site of study, but it is found nearly all the year. Highest densities are recorded during spring and the beginning of summer, from March to the beginning of June, in coincidence with dry periods with low humidity and high temperature. It is a multivoltine species, with reproductive cycles overlapping all the time, but with a higher reproductive activity during those months in which there are more individuals. The preimaginal development lasts from 17 to 20 days at 23°C and it happens in the superficial dry crust of the cowpat. Females and males mature very fast, and begin to reproduce 10 days after emergence, lasting their reproductive period about 15 days, and dying at the end of their reproductive activity. All these data are necessary to implement conservation measures for these insects which are seriously affected by the chemical residues used in agriculture and cattle raising.

Key words: dung beetle, phenology, reproduction, preimaginal development.

INTRODUCCIÓN

Los escarabajos coprófagos (agrupados en Scarabaeinae, Geotrupinae y Aphodiinae) al utilizar el estiércol del ganado bovino para su reproducción y alimentación (Lumaret 1980, Halffter y Edmonds 1982, Hanski y Cambefort 1991), reducen la pérdida de elementos nitrogenados, incrementan la fertilidad y la productividad del suelo (Cambefort 1986, Rougon *et al.* 1988, Yokoyama *et al.* 1991) y destruyen los huevos y quistes de parásitos del ganado (Bryan, 1973, Fincher 1975, Durie 1975, Chirico *et al.* 2003). Sin embargo, el empleo de herbicidas y de desparasitantes en las zonas ganaderas provoca su desaparición y en consecuencia se pierden áreas de pastizales (Martínez M. *et al.* 2000, 2001, Martínez M. y Lumaret 2006).

Planolinellus vittatus (Say, 1825) (*sensu* Dellacasa *et al.* 2002) es una especie con distribución transcontinental, siendo ésta la más amplia de todas las especies de Aphodiinae (Gordon 1983, Floate y Gill, 1998, Floate 2006). Se conoce su distribución en Canadá y Estados Unidos (Gordon 1983, Floate y Gill 1998, Floate 2006). En México, se ha encontrado en 21 de los 32 estados (Cabrero-Sañudo *et al.* 2007).

Es una especie que en Canadá presenta un pico de actividad de primavera al inicio del verano y su desarrollo preimaginal dura aproximadamente 58 días a 22 °C (Floate y Gill 1998).

Se encuentran ya descritos los sistemas reproductivos de ambos sexos (Martínez M. *et al.* 2001). Se ha estudiado también su fenología y los ciclos reproductivos en otras localidades de México (Martínez M. y Suarez 2006, Cabrero-Sañudo *et al.* 2007).

Considerando la importancia biológica, ecológica y económica que tienen los escarabajos del estiércol, en este trabajo se presentan algunos datos sobre la bionomía de *Planolinellus vittatus*, especie diurna, coprófaga, endocóprida, común en los pastizales inducidos de la zona ganadera que se encuentran en la ladera oriente del Volcán Cofre de Perote, Veracruz, México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los adultos de *Planolinellus vittatus* se estudiaron en los pastizales del rancho Pextlan, ubicado en el Municipio de Xico, a 19° 25' 29" norte, 97° 01' 43" oeste y una altitud de 1465 metros, sobre la ladera oriente del volcán Cofre de Perote, Veracruz, México. Los pastizales son inducidos y alrededor de ellos se encuentran algunos árboles de lo que fuera un bosque mesófilo.

Para conocer la fenología de esta especie se efectuaron 25 colectas mensuales. En cada colecta se tomaron cinco muestras de 250

gramos cada una, de estiércol de diferentes boñigas que tenían la costra seca y el interior húmedo. De cada muestra se separaron y se contaron los individuos de la especie en estudio, empleando la técnica de flotación en agua. Los datos de temperatura media mensual y de precipitación total mensual que se emplearon fueron brindados por la Comisión Nacional del Agua del Estado de Veracruz y obtenidos en la Estación Meteorológica de Oxtlapa, Veracruz, que es la más cercana al sitio de estudio. Esta estación se encuentra aproximadamente a 12 kilómetros del área de estudio y 400 metros más de altitud.

Para conocer el ciclo reproductivo, mensualmente se disecaron de 6 a 15 adultos de cada sexo, provenientes de las colectas en el pastizal. Los sistemas reproductivos obtenidos se fijaron en AFATD (etanol-formaldehído-ácido tricloracético-dimetilsulfóxido), se tiñeron con Feulgen-Verde Luz (Martínez M. 2002) y se definió el estado de madurez gonádica de cada individuo en el momento de la colecta.

El proceso de maduración gonádica fue analizado en hembras y machos de edad conocida. Para tal fin de colectaron costras de boñigas a 15 días de edad, que fueron transportadas al laboratorio y colocadas en cajas de plástico con un poco de tierra húmeda. Se esperó la emergencia de los imagos para colocarlos en terrarios justo después de la emergencia. Se elaboraron 12 terrarios de plástico de 5 centímetros de altura por 11 centímetros de diámetro con una tapa cubierta en el centro con tela de mosquitero. En cada terrario se colocó tierra húmeda hasta aproximadamente 2 centímetros de altura, se agregaron de 8 a 15 imagos recién emergidos y escogidos al azar, debido a que no hay dimorfismo sexual aparente, y 30 gramos de estiércol. Los terrarios se mantuvieron a 23 ± 0.4 °C, a 63 ± 0.8 % de humedad relativa y un fotoperiodo de 14 horas. Cada cinco días se revisaron dos terrarios y se disecaron todos los individuos. Los sistemas reproductivos de ambos sexos de las diferentes edades, a la emergencia, cinco, 10, 15, 20, 25 y 30 días, fueron fijados en AFATD (etanol-formaldehído-ácido tricloracético-dimetilsulfóxido) y teñidos con Feulgen-Verde Luz para determinar el estado de madurez sexual (Martínez M. 2002).

Para describir el desarrollo preimaginal se hicieron 20 terrarios con las mismas características que los mencionados anteriormente, y se mantuvieron en las mismas condiciones ambientales, a 23 ± 0.4 °C, a 63 ± 0.8 % de humedad relativa y un fotoperiodo de 14 horas. Cada terrario contenía de 5 a 10 adultos colectados en el campo. A los dos días se revisaron dos terrarios para observar el sitio de puesta y obtener los primeros estados preimaginales. Después se hizo lo mismo a los 4, 5, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 días. Todos los individuos en diferente estado de desarrollo se fijaron en el líquido de Peterson (tolueno-alcohol 96°-ácido acético-dioxano). Estas observaciones se hicieron también en costras secas de boñigas de edad conocida colectadas en el campo.

RESULTADOS

Planolinellus vittatus es una especie coprófaga, de comportamiento endocóprido. Los individuos midieron 3.1 ± 0.5 milímetros de longitud (n= 40).

Fenología.- En el rancho Pextlan, *Planolinellus vittatus* se puede encontrar durante todo el año, aunque no es una especie muy abundante. Las cantidades de individuos encontradas mensualmente en las muestras fueron diferentes. Así, las abundancias más altas se presentaron de marzo a junio, siendo la más alta al inicio de junio de los tres años estudiado. Siguieron las abundancias encontradas entre septiembre y diciembre; después en enero y febrero las abundancias mensuales disminuyeron hasta encontrarse de uno a tres individuos o ninguno en diciembre (Fig. 1A).

Las abundancias más altas de individuos se presentaron durante la primavera y el inicio del verano, durante la época de sequía y justo antes del inicio de la temporada de lluvias, cuando las temperaturas son las más altas y las precipitaciones más bajas. Durante el verano las abundancias disminuyeron, aparentemente debido a las precipitaciones muy fuertes y la disminución en la temperatura, que se presenta durante la temporada de lluvias. Las abundancias más bajas se presentaron durante el otoño y el invierno, cuando las temperaturas y las precipitaciones son las más bajas (Fig. 1 A, B). Aparentemente, existe una correlación estadística significativa entre el número de individuos y la temperatura ($r=0.7469$, $n=25$, $p<0.05$), mientras que entre la abundancia y la precipitación no existe correlación significativa ($r= 0.2257$, $n= 25$).

Ciclo reproductivo.- Las hembras de *Planolinellus vittatus* tienen dos ovarios, cada uno con cinco ovariolas, dos oviductos laterales, un oviducto común y una cámara genital en la que desemboca el oviducto común y el conducto de la espermateca (Fig. 2 A).

Los machos tienen dos testículos y dos conductos deferentes. Cada testículo tiene siete folículos testiculares, dos de ellos más grandes que los otros cinco. Presentan dos glándulas accesorias, cada una con su reservorio y su conducto. Los conductos deferentes y los conductos glandulares llegan al bulbo eyaculador que desemboca en el edeago (Fig. 2 B).

En todos los meses que se colectó esta especie, siempre se encontraron hembras antes o después de oviponer y machos antes y después de copular; no se observaron individuos inmaduros de ambos sexos durante todo el período de estudio. De marzo a junio de los tres años, se presentó una actividad reproductiva intensa: los machos copulan y las hembras oviponen casi constantemente. En julio y agosto, cuando se presenta una alta humedad debida a las lluvias y una baja en la abundancia de individuos, los individuos siguen copulando y oviponiendo. En septiembre no se colectó ningún individuo, debido a que las boñigas estaban muy mojadas por las lluvias. En octubre y noviembre, aunque se colectaron muy pocos individuos, éstos seguían activos sexualmente, lo que no fue así de diciembre a febrero, cuando la humedad no es muy alta pero la temperatura es muy baja (Fig. 3).

Planolinellus vittatus es una especie multivoltina, con ciclos reproductivos que se solapan todo el tiempo, sin estar bien definidos. Sin embargo, el período más activo de reproducción se presenta durante la primavera seca, como la que se presenta en el sitio de estudio, sobre todo al final, justo antes del inicio de las lluvias de verano, cuando las condiciones ambientales son de baja precipitación y alta temperatura.

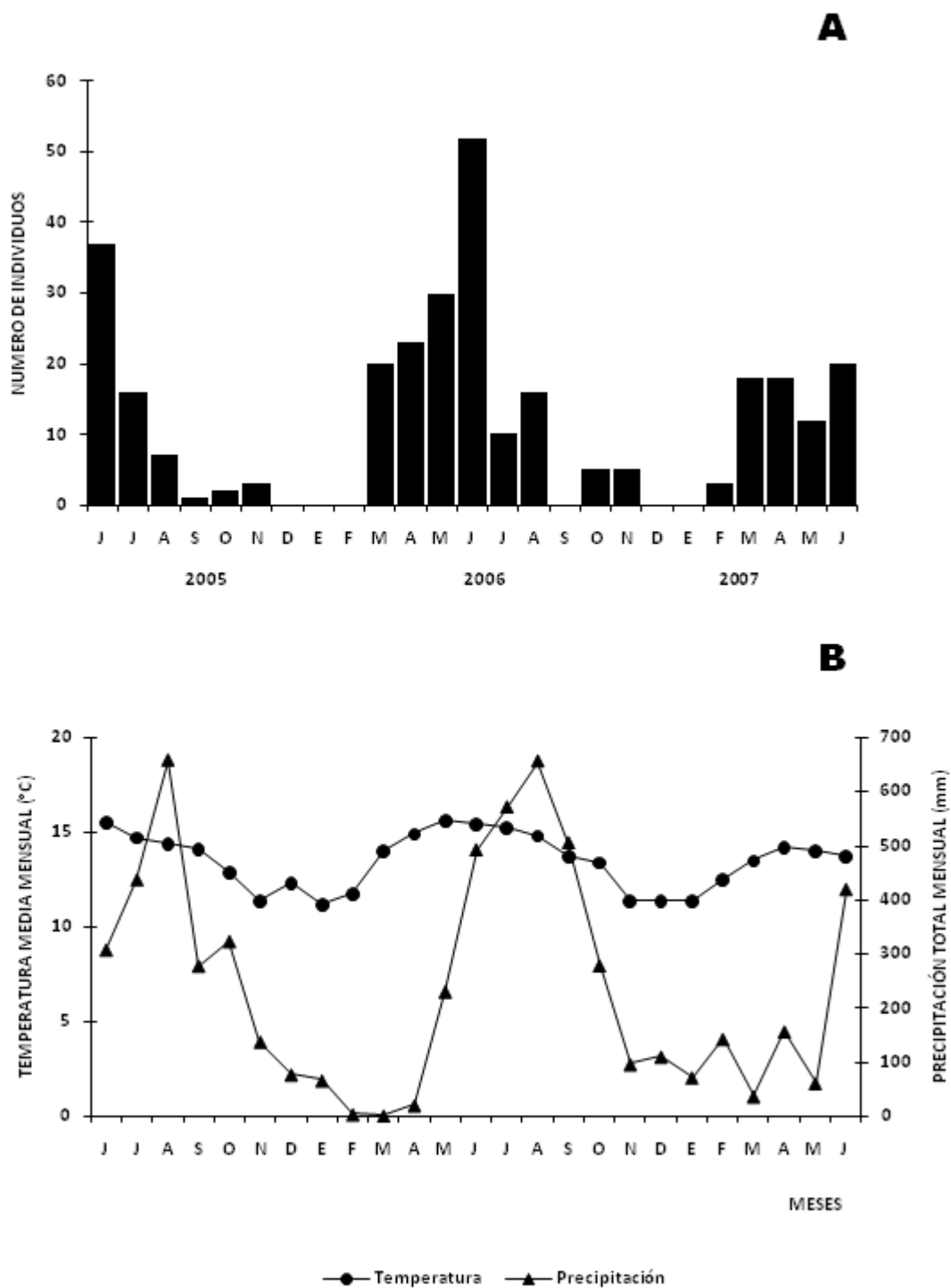


Figura 1. A, abundancias mensuales de individuos de *Planolinellus vittatus*; y, B, condiciones climáticas en el Rancho Pextlan, Xico, Veracruz, México, durante 25 meses de colecta. Los datos de temperatura y precipitación fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua de Xalapa, Ver., y fueron tomados en la Estación de Oxtlapa, Ver., que es la más cercana al sitio de estudio.

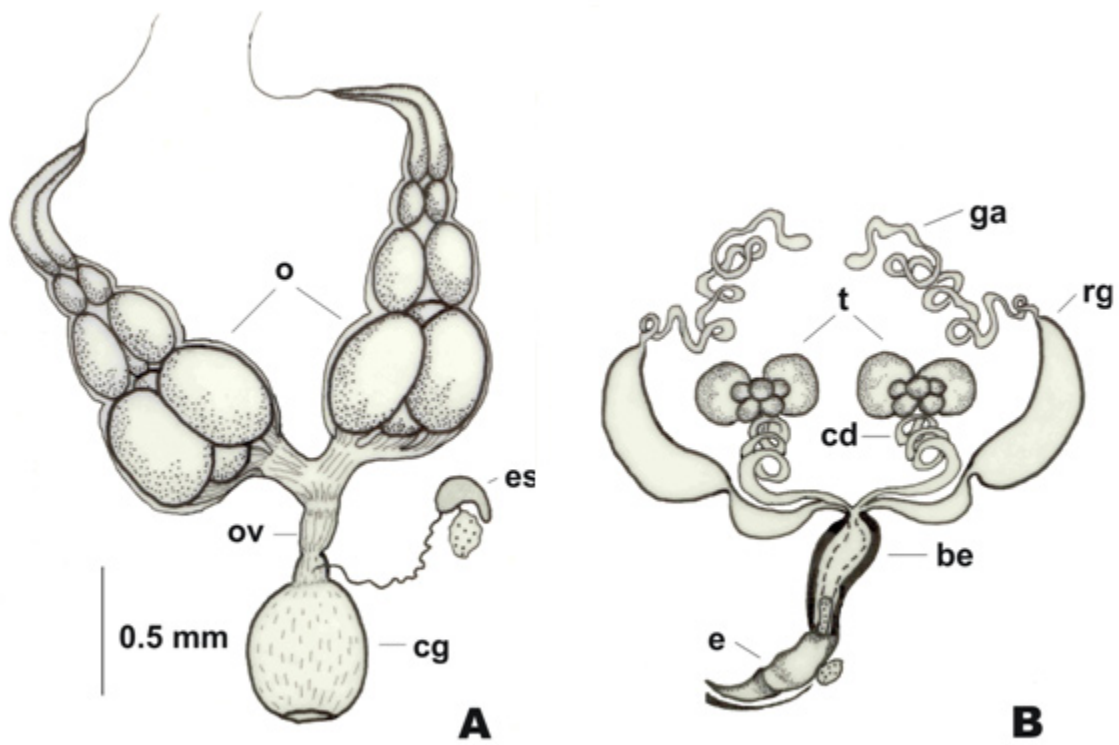


Figura 2. Esquemas de los sistemas reproductivos de *Planolinellus vittatus*. A, hembra, B, macho (tomados de Martínez M. *et al.* 2001): be, bulbo eyaculador; cd, conducto deferente; cg, cámara genital; e, edeago; es, espermateca; ga, glándula accesoria; o, ovarios; ov, oviducto común; t, testículo; rg, reservorio glandular.

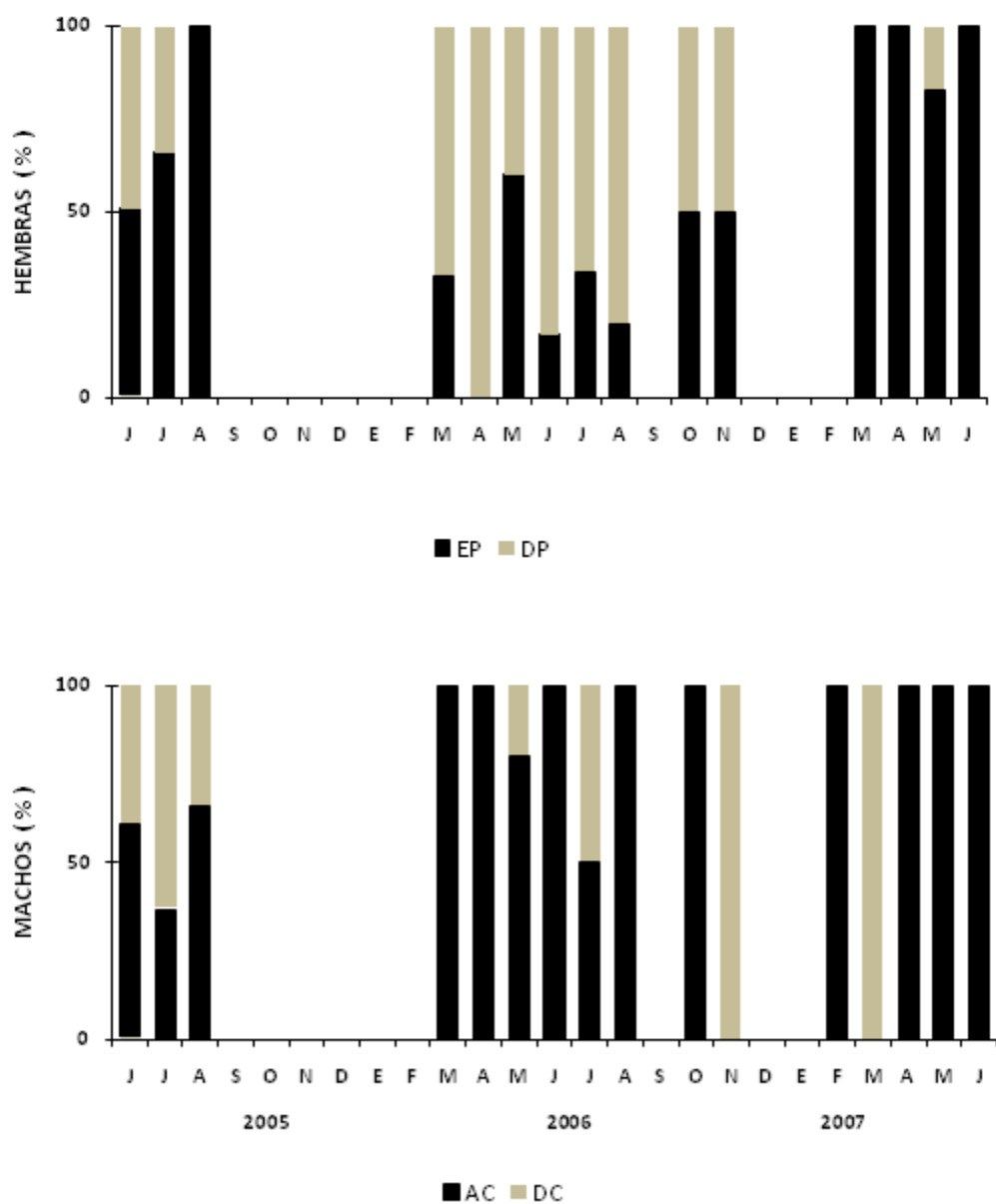


Figura 3. Estados de madurez gonádica en hembras (EP, en puesta; DP, después de puesta) y machos (AC, antes de cópula; DC, después de cópula) de *Planolinellus vittatus*. En septiembre, octubre y noviembre del 2005, los pocos individuos colectados no se diseccionaron. En diciembre, enero y febrero de los dos años, no se encontraron individuos en las muestras de estiércol.

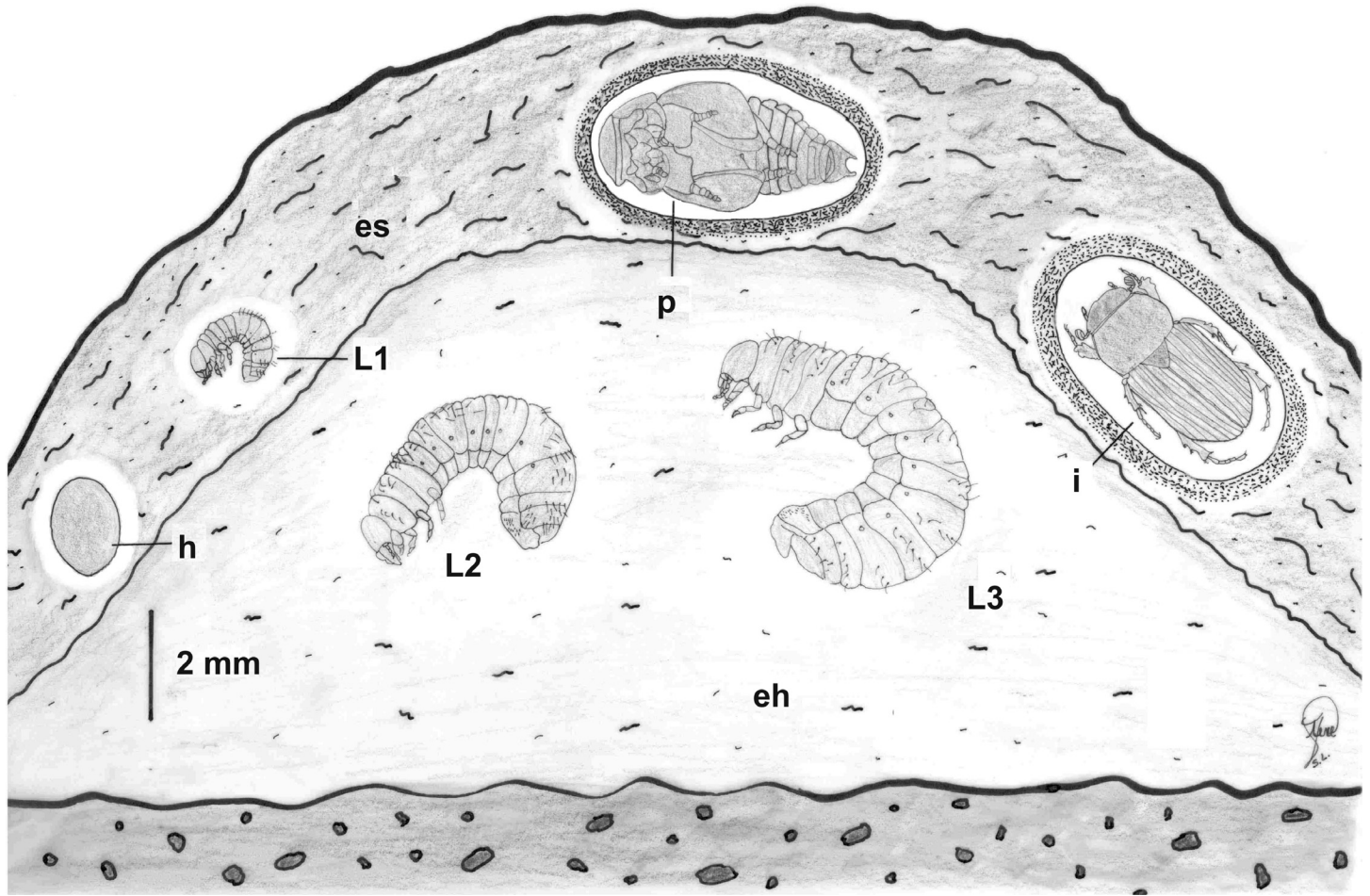


Figura 4. Esquema del desarrollo imaginal de *Planolinellus vittatus*: eh, estiércol húmedo; es, estiércol seco; h, huevo en la cámara de puesta; i, imago joven en el capullo; L1, larva estado 1; L2, larva estado 2; L3, larva estado 3; p, pupa en el capullo.

Desarrollo preimaginal.- El desarrollo embrionario y postembrionario de *Planolinellus vittatus* dura de 18 a 20 días y se lleva a cabo en la corteza seca de la boñiga (Fig. 4).

Las hembras ovipusieron cada huevo en una cámara de puesta que elaboraron entre el estiércol aun húmedo, en la costra de la boñiga. El desarrollo embrionario duró de 3 a 4 días (n=50). La larva del primer estado eclosionó del corion aproximadamente a los 5 días de la oviposición (n= 45). El periodo larval dura de 7 a 8 días (n =56) y presenta tres estados larvales. El estado de larva del primer estado duró muy poco, un día o menos (n=20), el segundo estado es el más largo de duración, duró aproximadamente 5 días (n= 25) y el tercer estado también es corto, tuvo una duración aproximada de un día (n=25). El periodo pupal, duró entre 7 y 8 días (n = 61), al cabo de los cuales los nuevos imagos emergieron (n = 76).

Las larvas del primer estado eran pequeñas, midieron 1.4 ± 0.2 milímetros (n=25) y no tenían nada de alimento en el intestino. Estas larvas eclosionaron en la costra seca de la boñiga y se desplazaron hacia el interior de la boñiga, para poder comer estiércol fresco. Las larvas del segundo estado midieron 4.9 ± 1.5 milímetros (n=25) y las que estaban en el tercer estado medían 5.7 ± 0.8 milímetros (n=25). Las larvas de 2º y 3º estado permanecieron alimentándose en la zona de estiércol fresco y contenían mucho alimento en el intestino. Al final del tercer estado las larvas regresaron a la costra seca de la boñiga, dejaron de ser activas, ya no se alimentaron, se tornaron blancas y ahí hicieron una cavidad que convirtieron en un capullo dentro del cual se convirtieron en pupas. El capullo es una estructura ovoide bien delimitada por una pared de estiércol seco y compacto de aproximadamente 0.5 milímetros de grosor, con la pared interna muy lisa, donde las pupas se quedaron inmóviles y no se alimentaron durante todo el período pupal. Después de la metamorfosis, el imago rompe uno de los extremos del capullo para emerger, volar y buscar alimento.

Maduración gonádica.- La maduración de los sistemas reproductivos de ambos sexos comenzó probablemente en la pupa, antes de la metamorfosis en imagos.

A la emergencia, las hembras (n=6) presentaron ovarios que habían comenzado a madurar. En cada una de las 10 ovariolas de ambos ovarios había un ovocito que medía entre 0.08 y 0.2 milímetros. A los 5 días de la emergencia, todas las hembras (n=10) tenían dos ovocitos en cada ovariola; el ovocito basal estaba mucho más grande que el segundo. Estas hembras estaban madurando, sólo en unas cuantas de ellas (n=2) se observaron algunos ovocitos basales casi maduros, antes de puesta. El tamaño de puesta de los ovocitos de esta especie es de aproximadamente 0.7 mm de diámetro mayor. Todas las hembras de 10 días (n=11) tenían en cada ovariola dos o tres ovocitos. El tamaño del ovocito basal fue más pequeño que el de la edad anterior; no se observaron ovocitos maduros, puesto que las hembras habían ovipuesto. A los 15 días, las hembras (n=8) seguían oviponiendo; todas tenían de 1 a 2 ovocitos pequeños madurando en la ovariola (Cuadro 1).

En las hembras de 15 días (n=8), el 50% de ellas había terminado de oviponer, su potencial reproductor se había agotado y en las ovariolas sólo quedaba el germario; el otro 50% tenía dos ovocitos pequeños por ovariola y habían ovipuesto. De igual manera a los 25 (n=6) y 30 días (n=7), aproximadamente el 50% de las hembras en cada caso presentaba sólo el germario, mientras que las otras tenían ovocitos pequeños (Cuadro 1). A partir de los 20 días, las hembras terminaron su potencial reproductor. Después de 30 días, la mortandad fue muy alta.

Así pues, las hembras de esta especie maduran muy rápido, ya que a los 10 días de la emergencia están maduras, y su período de puesta va desde los 10 a los 20 días. Terminan de oviponer entre los 20 y los 30 días de edad, cuando han agotado su potencial reproductor.

Los machos recién emergidos tenían folículos pequeños y reservorios también pequeños, pero con algo de secreción, por lo que comenzaban a madurar. Los folículos testiculares llegaron a su tamaño máximo a los 10 días de la emergencia, al mismo tiempo que los reservorios glandulares tuvieron un volumen alto, justo antes de la cópula (Cuadro 2).

A los 15 días, los machos habían copulado. Tanto los folículos testiculares como los reservorios glandulares habían disminuido en tamaño y volumen (Cuadro 2). Los testículos habían liberado espermatozoides y los reservorios sus secreciones, para formar el espermatóforo.

De los 10 a los 25 días después de haber emergido, los machos copularon, por lo que los valores tanto de los folículos testiculares como de los reservorios glandulares, aumentaron antes de cada cópula o disminuyeron después de cada una de ellas (Cuadro 2).

A partir de los 25 días, los machos ya no copularon y comenzaron a morir. A los 30 días se encontraron algunos machos vivos con folículos testiculares grandes pero con reservorios conteniendo muy pocas secreciones, casi vacíos. Por tanto, los machos de *Planolinellus vittatus* estuvieron maduros a los 10 días de la emergencia. Copulan entre los 10 y los 25 días y dejan de hacerlo entre los 25 y los 30 días después de la emergencia.

DISCUSIÓN

Planolinellus vittatus no es abundante en el sitio de estudio, pero se le encuentra durante todo el año, como se ha observado en otras localidades cercanas, como Tonalaco, Veracruz (Cabrero-Sañudo *et al.* 2007) o en Las Vigas, Veracruz (datos no publicados). En cambio, la población de esta especie es mucho más abundante en El Llano de las Flores, Oaxaca (Martínez M. y Suárez 2006). Esto puede ser debido a que en este último sitio que es un valle natural entre bosque de pinos donde se encuentra el ganado de una comunidad cercana, no se usan herbicidas y probablemente se emplean pocos vermícidias. En cambio, en los pastizales ganaderos que se encuentran en los sitios estudiados en el centro de Veracruz, donde se hace ganadería intensiva, desde hace años se usan herbicidas y vermícidias. Los residuos de los vermícidias son muy dañinos para los escarabajos estercoleros y la fauna del suelo en general y los residuos de los

herbicidas afectan también a otros animales incluyendo al hombre (Martínez M. y Lumaret 2006).

En México, *Planolinellus vittatus* presenta la actividad más alta durante los meses de marzo a el inicio de junio, durante la primavera y el inicio del verano. En Canadá la actividad más alta se presenta también durante la primavera, en abril y mayo, pero no se le encuentra todo el año (Floate y Gill 1998). En México, la época en que su actividad es más alta, es justo antes de que se presenten las primeras lluvias, lo que coincide con el fin de la época de sequía, fines de mayo e inicio de junio, época caracterizada por presentar altas temperaturas y baja humedad, condiciones ambientales que son óptimas para su reproducción. En cambio, la mayoría de las especies de escarabajos coprófagos (Aphodiinae, Scarabaeinae y Geotrupinae) son más activos durante la temporada de lluvias (Halfpter y Edmonds 1982, Martínez M. 1992, 2005, Cruz *et al.* 2002, Martínez M. y Suárez 2006, Cabrero-Sañudo *et al.* 2007, Trotta-Moreu *et al.* 2007).

Planolinellus vittatus es una especie multivoltina que presenta ciclos reproductivos no muy definidos que se solapan unos con otros, durante casi todo el año. Otros estudios efectuados sobre la fenología de esta misma especie en México, muestran los mismos resultados (Martínez M. y Suárez 2006, Cabrero-Sañudo *et al.* 2007). Esta especie es la única de Aphodiinae que se conoce hasta ahora como multivoltina. La mayoría de las especies estudiadas de este grupo son univoltinas, sólo algunas son bivoltinas (Martínez M. 2001).

El desarrollo preimaginal de *Planolinellus vittatus* se lleva a cabo en la costra superficial de la boñiga, en el área más seca. En otras especies estudiadas de Aphodiinae, se ha observado que la puesta y el desarrollo preimaginal se llevaron a cabo en la boñiga, a poca profundidad bajo la boñiga con y sin alimento, o lejos de la boñiga entre una masa de estiércol, más lejos de la boñiga (Martínez M. 2001). En ninguna especie de este grupo se conocía que la puesta y el desarrollo preimaginal se llevara a cabo en la zona superficial seca de la boñiga y no sabemos que significado tenga.

En las condiciones ambientales en que se estudio el desarrollo preimaginal a 23 ± 0.4 °C, 63 ± 0.8 % de humedad relativa y fotoperiodo de 14 horas, tuvo una duración de 18 a 20 días, mientras que en Canadá duró aproximadamente 58 días a 22 °C (Floate y Gill 1998). Aunque hay una diferencia de un grado de temperatura entre los dos estudios, debe considerarse que esos tres parámetros climáticos difícilmente se pueden analizar de manera independiente y en el trabajo de Floate y Gill (1998), no se dan estos datos que seguramente son diferentes.

Las hembras de *Planolinellus vittatus* oviponen un solo huevo dentro de una cámara en la boñiga, como en la mayoría de las especies de Aphodiinae estudiadas (Lumaret 1975, Holter 1979, Yoshida y Katakura 1992, Verdú y Galante 1995, Hirschgerger y Navina 1996, Gittings y Giller 1997, Vitner 1998). En Aphodiinae este comportamiento de oviposición haciendo cámaras de oviposición en la boñiga o en el suelo bajo la boñiga, son considerados primitivos, a diferencia de los comportamientos más evolucionados en los cuales las cámaras de oviposición son acompañadas por estiércol colocado por la hembra, bajo la boñiga a diferentes distancias (Yoshida y Katakura, 1992; Vitner 1998). Sin embargo, en ninguna especie de Aphodiinae se había descrito la formación de un capullo pupal, en la corteza de la boñiga, como lo hace *Planolinellus vittatus*. Este comportamiento de reproducción debería ser más estudiado en esta especie y en otras afines para compararlo y conocer cual es su significado.

Las hembras y los machos de *Planolinellus vittatus* maduran muy rápido, comienzan a reproducirse a los 10 días de la emergencia y su ciclo reproductivo dura aproximadamente 15 días. La mayoría de las especies de escarabajos estercoleros presentan un tiempo de maduración sexual mucho más largo; así, en algunas especies de Scarabaeinae puede durar 30 días o mucho más (Martínez M. 1992, Martínez M. y Huerta 1997).

Los escarabajos estercoleros brindan servicios ecológicos en los ecosistemas de pastizales que se han estimado económicamente, su ausencia produce pérdidas en el ecosistema y pérdidas económicas a los ganaderos (Fincher 1981, Losey y Vaughan 2006, Nichols *et al.* 2008). Se estima que el valor de los servicios (incluyendo solamente el enterramiento del estiércol, control de plagas, polinización y nutrición de la vida silvestre) que brindan insectos de diferentes grupos, en Estados Unidos es de aproximadamente 60 billones de dólares anuales (Losey y Vaughan 2006). Los escarabajos estercoleros, son un grupo que ha llamado mucho la atención y han sido muy estudiados por la importancia que tienen en las áreas ganaderas (Nichols *et al.* 2008). Sin embargo, en México no se ha estimado económicamente cuanto representa su presencia en los pastizales ganaderos. Particularmente se deberían hacer este tipo de estudios en el estado de Veracruz, donde aproximadamente el 70% de su superficie está ocupada por pastizales ganaderos (Barrera 1992).

A pesar de su importancia, el impacto humano, particularmente el empleo de químicos para el manejo del ganado y de los pastizales, ha hecho disminuir la diversidad de escarabajos coprófagos (Lumaret y Martínez M., 2005, Martínez M. & Lumaret 2006). Por esto mismo, los estudios de la fenología y la reproducción de las especies de estos insectos deberían hacerse en más especies para sentar algunas de las bases para su conservación.

Se conoce que algunas especies univoltinas se ven afectadas por el empleo de químicos en las prácticas agropecuarias ya que son aplicados durante la época reproductiva, a tal grado que se podrían perder poblaciones enteras y hasta extinguirse las especie (Martínez M. *et al.* 2001). De la misma manera, *Planolinellus vittatus* aunque sea una especie multivoltina, seguramente también es afectada por los químicos que se usan precisamente durante su etapa reproductiva. La recomendación que se debe hacer a los ganaderos de la zona de estudio sería, programar el uso de vermícidias y herbicidas tratando de no abarcar la época reproductiva de los escarabajos coprófagos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está dedicado a la memoria de Raúl Muñoz Vélez, querido amigo y entomólogo que dedicó su vida al estudio de los Curculionidae. Se hizo gracias al valioso apoyo técnico de Ma. Teresa Suárez (Instituto de Ecología A. C., Xalapa, Ver. México), a la ayuda de Marco Dellacasa (Universidad de Pisa, Italia) y al apoyo financiero de dos instituciones: el Instituto de Ecología, A. C. y el

CONACYT mediante el proyecto “Escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeoidea: Aphodiinae, Geotrupinae) de la Sierra Madre Oriental: datos biológicos y distribución de algunas especies” (67503). La autora agradece a dos árbitros anónimos los comentarios y sugerencias hechas al manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Barrera N. 1992. El impacto ecológico y socioeconómico de la ganadería bovina en Veracruz. (pp. 79-114). En: Boege E. y H. Rodríguez (coords.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Instituto de Ecología A.C., Fundación Friedrich Ebert y CIESAS-GOLFO, Xalapa, Ver.
- Bryan, R.P. 1973. The effects of dung beetle activity on the number of parasitic gastrointestinal helminths larvae recovered from pasture samples. *Australian Journal of Agricultural Research* 24: 161-168.
- Cabrero-Sañudo, F. J., N. Trotta-Moreu N. and I. Martínez M. 2007. Phenology, reproductive cycles, and species composition of a dung beetle community (Coleoptera: Scarabaeoidea) from a high mountain pasture system on the oriental neovolcanic axis (Veracruz, Mexico). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 109(4): 813-828.
- Cabrero-Sañudo, F. J., M. Dellacasa, I., Martínez M. y G. Dellacasa. 2007. Estado actual del conocimiento de los Aphodiinae mexicanos (Coleoptera: Scarabaeoidea: Aphodiidae). En: Zunino, M. y A. Melic (Eds.) *Escarabajos, diversidad y conservación biológica. Ensayos en homenaje a Gonzalo Halffter*. Sociedad Entomológica Aragonesa. Monografías 3er Milenio (7): 69-92.
- Cambefort, Y. 1986. Rôle des coléoptères Scarabaeidae dans l'enfouissement des excréments en savane guinéenne de Côte - d'Ivoire. *Acta Oecologica, Oecologia Generalis* 7(1): 15-21.
- Chirico, J., S. Wiktelius and P. J. Waller. 2003. Dung beetle activity and development of trichostrongylid eggs into infective larvae in cattle faeces. *Veterinary Parasitology* 118(1-2): 157-163.
- Cruz, R. M., I. Martínez M. and M. Alvarado 2002. Population and reproductive features of *Aphodius (Trichaphodius) opisthius* Bates and *Cephalocyclus hoguei* Bates (Coleoptera, Aphodiidae: Aphodiinae). *The Coleopterists Bulletin* 56(2): 221-235.
- Dellacasa, M., R. D. Gordon and G. Dellacasa. 2002. Aphodiinae described or recorded by Bates in Biología Centrali Americana (Coleoptera Scarabaeoidea: Aphodiidae). *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)* (86): 155-223.
- Durie, P. 1975. Some possible effects of dung beetle activity on the infestation of pastures by intestinal worm larvae of cattle. *Journal Applied Ecology* 12: 827-931.
- Fincher, G. T. 1975. Effect on dung beetle activity on the number of nematode parasitoid required by grazing cattle. *Journal of Parasitology* 61: 759-762.
- Fincher, G. T. 1981. The potential value of dung beetles in pasture ecosystems. *Journal of Georgia Entomological Society* 16: 316-333.
- Floate, K.D. 2006. Insects in cattle dung. *Aphodius vittatus* Say (Scarabaeidae: Aphodiinae) Relative abundance. Seasonal activity. Distribution in Canada. http://res2.agr.ca/lethbridge/scitech/kdf/dungbugs/vittatus_e.htm (2006)
- Floate, K. D. and B.D. Gill. 1998. Seasonal activity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) associated with cattle dung in southern Alberta and their Geographic distribution in Canada. *The Canadian Entomologist* 130: 131-151.
- Gittings, T. and P. S. Giller. 1997. Life history traits and resource utilisation in an assemblage of north temperate *Aphodius* dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). *Ecography* 20: 55-66.
- Gordon, R. D. 1976. Studies on the genus *Aphodius* of the United States and Canada (Coleoptera: Scarabaeidae). IV. A taxonomic revision of Horn's group A. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 78: 458-478
- Gordon, R. D. 1983. Studies on the genus *Aphodius* of the United States and Canada (Coleoptera: Scarabaeidae) VII. Food and habitat; distribution; key ton eastern species. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 85(4): 633-652
- Halffter, G. and W. D. Edmonds. 1982. *The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae). An ecological and evolutive approach*. Publ. 10, Instituto de Ecología, A.C. México, D.F.
- Hanski, I. and Y. Cambefort .1991. *Dung Beetles Ecology*. Princeton Univ. Press. Princeton, New Jersey.
- Hirschberger P. and D. Navina. 1996. Oviposition of the dung beetle *Aphodius ater* in relation to the abundance of yellow dung fly larvae (*Scatophaga stercoraria*). *Ecological Entomology* 21: 352-357.
- Holter, P. 1979. Effect of dung-beetles (*Aphodius spp.*) and earthworms on the disappearance of cattle dung. *Oikos* 32: 393-402.
- Losey, J. E. and M. Vaughan. 2006. The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience* 56(4): 311-323.
- Lumaret, J. P. 1975. Étude des conditions de ponte et de développement larvaire d'*Aphodius (Agrilinus) constans* Duft. (Coléoptère Scarabaeidae) dans la nature et au laboratoire. *Vie et Milieu (25) fasc. 2 série C*: 267-282
- Lumaret, J. P. 1980. *Les bousiers*. Balland, France.
- Lumaret, J. P. y I. Martínez M.. 2005. El impacto de productos veterinarios sobre insectos coprófagos: consecuencias sobre la degradación del estiércol en pastizales. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 21(3):137-148.
- Martínez M., I. 1992. Données comparatives sur l'activité reproductrice chez *Canthon indigaceus chevrolati* Harold et *Canthon cyanellus cyanellus* LeConte (Coleoptera, Scarabaeidae). *Annales de la Société entomologique de France (n.s.)* 28 (4): 397-408.
- Martínez, M. I. 2001. La biología reproductiva en Aphodiidae (Coleoptera Scarabaeoidea): síntesis de datos conocidos. *Bolletino della Società Entomologica Italiana* 133(2):113-130.

- Martínez, M. I. 2002. Técnicas básicas de anatomía microscópica y de morfometría para estudiar los insectos. *Boletín de la de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 30:187-195.
- Martínez M. I. 2003. Spermatophore in Aphodiinae (Coleoptera Scarabaeidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 105(4): 982-989.
- Martínez, M. I. 2005. Abundancias poblacionales y ciclos reproductivos de tres especies de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Aphodiinae: Aphodiini) del Volcán Cofre de Perote, Veracruz, México. *Folia Entomológica Mexicana* 44(1): 27-36.
- Martínez M. I. y M. Alvarado. 2001. Comportamiento de nidificación en *Aphodius (Trichaphodius) opisthius* Bates. *Elytron* 15: 73-78.
- Martínez, M. I., M. Cruz R. y J. P. Lumaret. 2000. Efecto del diferente manejo de los pastizales y del ganado sobre los escarabajos coprófagos *Ataenius apicalis* Hinton y *Ataenius sculptor* Harold (Scarabaeidae: Aphodiinae: Eupariini). *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)* (80): 185-196.
- Martínez M., I. y Huerta C. C. 1997. Coordinated activity of the ovary, pars intercerebralis and corpus allatum during the prenesting and nesting cycles of *Copris incertus* Say (Coleoptera Scarabaeidae: Scarabaeinae). *The Coleopterist Bulletin* 51(4): 351-363.
- Martínez, M. I., C. Deloya and M. Dellacasa. 2001. Anatomical and functional data on female and male reproductive systems of some dung beetle species of Aphodiinae and Eupariinae inhabiting México (Coleoptera: Aphodiidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 103(1): 227-248.
- Martínez, M. I. y J. P. Lumaret. 2006. Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias en la entomofauna y el entorno ambiental. *Folia Entomológica Mexicana* 45(1): 57-68.
- Martínez, M. I., J. P. Lumaret and M. Cruz R. 2001 . Suspected side effects of a herbicide on dung beetle populations (Coleoptera: Scarabaeidae). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Paris. Sciences de la Vie* 324:989-994.
- Martínez M. I. and M. T. Suárez. 2006. Phenology, Trophic Preferences, and Reproductive Activity in Dung Beetle Species (Coleoptera: Scarabaeoidea) in El Llano de las Flores, Oaxaca, México. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. 108(4): 774-784.
- Nichols, E., S. Spector, J. Louzada, T. Larsen, S. Amézquita and M.E. Favila. 2008. Ecological functions and ecosystems services provided by Scarabaeinae dung Beetles. *Biological Conservation* 141:1461-1474.
- Rougon, D., C. Rougon, J. Trichety et J. Levieux. 1988. Enrichissement en matière organique d'un sol sahélien au Niger par les insectes coprophages (Coleoptera, Scarabaeidae). Implications agronomiques. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol* 25: 413-434.
- Trotta-Moreu, N., E. Montes de Oca Torres and I. Martínez M. 2007. Ecological and reproductive characteristics of *Geotrupes (Halffierius) rufoclavatus* Jeckel 1865 (Coleoptera: Scarabaeoidea: Geotrupinae) on the Cofre de Perote volcano (Veracruz, Mexico). *The Coleopterist Bulletin* 61(3):435-446.
- Verdú, J. R. and E. Galante. 1995. Life history and description of the larval stage of *Aphodius lusitanicus* Erichson, 1848 (Coleoptera: Scarabaeoidea: Aphodiinae). *Acta Zoologica cracoviensia* 38(2): 205-212.
- Vitner, J. 1998. Reproductive biology of the Central European *Aphodius* species with large scutellum (Coleoptera: Scarabaeidae: Aphodiinae). *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae* 62: 277-253.
- Yokoyama, K., H. Kai, T. Koga and T. Aibe. 1991. Nitrogen mineralization and microbial populations in cow dung, dung balls and underlying soil affected by paracoprid dung beetles. *Soil Biology & Biochemistry* 23(7):643-647.
- Yoshida, N. and H. Katakura. 1992. Evolution of oviposition habits in *Aphodius* dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). *Pan-Pacific Entomologist* 68(1): 1-7.

Recibido: 19 de septiembre 2008

Aceptado: 14 de octubre 2008