

## DENSIDAD Y BIOMASA DE LARVAS DE ESCARABAJOS DYNASTINAE (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) EN UN BOSQUE TEMPLADO CON MANEJO FORESTAL EN MÉXICO

Sandra García de Jesús<sup>1</sup>✉, Claudia E. Moreno<sup>1</sup> y Miguel Ángel Morón<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Biológicas, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carretera Pachuca-Tulancingo km. 4.5, Ciudad del Conocimiento, 42184 Pachuca, Hidalgo, México.

<sup>2</sup>Red de Biodiversidad y Sistemática, Instituto de Ecología, A.C. Carretera Antigua a Coatepec 351, El Haya, 91070 Xalapa, Veracruz, México.

✉ Autor de correspondencia: sandsgj04@gmail.com

**RESUMEN.** El objetivo de este estudio fue comparar la densidad (individuos por metro cuadrado: ind./m<sup>2</sup>) y la biomasa (peso seco: g) de larvas de escarabajos Dynastinae (Melolonthidae) entre predios con diferentes años acumulados de un aprovechamiento forestal sustentable (Método Tlaxco), así como la densidad promedio mensual. El muestreo se realizó en los meses de abril, junio, agosto y octubre de 2014 en el municipio de Tlaxco, Tlaxcala. Se recolectaron 69 larvas, 62.32 % pertenecen al género *Xyloryctes*, 24.64 % a *Orizabus* y 13.04 % a *Ancognatha*; además de tres larvas del género *Phyllophaga* que por su escasa representatividad no se consideraron en los análisis de densidad y biomasa. La densidad y la biomasa promedio fueron mayores en el predio con 11 años de manejo forestal (densidad  $2.41 \pm 0.84$  ind./m<sup>2</sup>, biomasa  $0.57 \pm 0.25$  g) y en el predio control (densidad  $2.05 \pm 1.0$  ind./m<sup>2</sup>, biomasa  $0.50 \pm 0.29$  g). La mayor densidad mensual promedio se registró en abril ( $2.30 \pm 0.61$  ind./m<sup>2</sup>), pero no se encontraron diferencias significativas en la densidad entre los meses de muestreo. Solo las larvas del género *Xyloryctes* estuvieron presentes en todos los predios y meses de muestreo.

**Palabras clave:** Gallina ciega, densidad, peso seco, método Tlaxco, Tlaxcala.

### Density and biomass of Dynastinae scarab larvae (Coleoptera: Melolonthidae) in a managed temperate forest in Mexico

**ABSTRACT.** The aim of this study was to compare the density (individuals per square meter: ind./m<sup>2</sup>) and biomass (dry weight: g) of Dynastinae larvae (Melolonthidae) beetles from stands with different years of sustainable forestry management (Tlaxco Method), we also compared mean density per month. Sampling was carried out on April, June, August and October 2014 in the municipality of Tlaxco, Tlaxcala. We collected 69 larvae, 62.32% of them belong to the genus *Xyloryctes*, 24.64% to *Orizabus* and 13.04% to *Ancognatha*. We also found three larvae of the genus *Phyllophaga* that were not considered for the analyses of density and biomass. Mean density and biomass were higher in the 11 years stand (density  $2.41 \pm 0.84$  ind./m<sup>2</sup>, biomass  $0.57 \pm 0.25$ g) and the control stand (density  $2.05 \pm 1.0$  ind./m<sup>2</sup>, biomass  $0.50 \pm 0.29$ g) than in the other stands. The greatest mean density was recorded in April ( $2.30 \pm 0.61$  ind./m<sup>2</sup>), but we did not found statistical differences in density among sampling months. Only the larvae of the genus *Xyloryctes* were present in all stands and sampling months.

**Keywords:** White grubs, abundance, dry weight, Tlaxco method, Tlaxcala.

## INTRODUCCIÓN

Las larvas de coleópteros de tipo escarabeiforme, en forma de “C”, son conocidas comúnmente como “gallinas ciegas”; taxonómicamente incluye a los escarabajos de la familia Melolonthidae (Dynastinae, Rutelinae y Melolonthinae) y Cetoniidae (Cherman y Morón, 2014). Los hábitos alimentarios de estas larvas cambian durante su ciclo de vida, los escarabajos adultos son principalmente fitófagos, mientras que las larvas son saprófagas o saproxilófagas (García-López *et al.*, 2010). Este tipo de larvas puede llegar a consumir de 45 a 80 veces su peso en raíces o materia

orgánica para completar su desarrollo y forman parte de la macrofauna edáfica (> 10.4 mm) (Romero-López *et al.*, 2010).

Por su comportamiento similar a las lombrices geófagas, estas larvas han sido llamadas como ingenieros del suelo, sus desplazamientos continuos incrementan la porosidad, la infiltración de agua y la aireación en los ambientes edáficos. Además, promueven la formación de estructuras biogénicas en el suelo, como perforaciones, galerías y depósitos de excremento que potencializan las diversas actividades biológicas relacionadas con los procesos de descomposición de la materia orgánica (Romero-López *et al.*, 2010). Por ejemplo, al comparar la tasa de infiltración de agua en el suelo en tres tratamientos, suelo con larvas de *Ancognatha falsa* (Melolonthidae), suelo con adultos de lombrices de *Pontoscolex corethrurus*, y el tratamiento control (solo suelo), los resultados mostraron que la tasa de infiltración fue significativamente más alta en el suelo con actividad de *A. falsa* en comparación con el resto de los tratamientos (Romero-López *et al.*, 2015). En el caso de larvas de escarabajos Cetoniidae, se detectó que a nivel de microhábitat los depósitos de excremento de estas larvas son uno de los factores determinantes en la facilitación y la adecuación de otras especies de insectos saprófagos, como los dípteros de la familia Syrphidae (Sánchez-Galván *et al.*, 2014).

A pesar de su importancia ecológica, abundancia, biomasa y de su participación en procesos de reciclaje de la hojarasca y madera muerta, en México son escasos los datos sobre densidades de larvas rizófagas o saprófagas de Melolonthidae en ambientes forestales de montaña (Morón *et al.*, 2010). Tal es el caso del estudio realizado en remanentes de bosque mesófilo y encinares ubicados a una altitud entre los 1600 a 1760 m, en Teziutlán (Puebla). En estos suelos forestales se registró una densidad promedio de 0.23 ind./m<sup>2</sup> y una riqueza de nueve morfoespecies de los géneros *Diplotaxis*, *Isonychus*, *Macroductylus* (Melolonthidae), *Paranomala* (Rutelinae) y *Cyclocephala* (Dynastinae); mientras que en bosques de *Pinus montezumae* a una altitud entre los 3100 y 3600 m (en el Parque Nacional Izta-Popo), la densidad promedio fue de 1.25 ind./m<sup>2</sup> y una riqueza de tres morfoespecies que correspondieron a los géneros *Phyllophaga* y *Orizabus* (Morón *et al.*, 2010). Existen registros de la composición a nivel de género de larvas edafícolas de Melolonthidae en dos zonas de bosque templado del estado de Tlaxcala: en el Parque Nacional La Malinche se registraron 71 larvas de Melolonthidae, de los cuales la subfamilia Dynastinae estuvo representada por *Orizabus* y *Xyloryctes* y los Melolonthinae por el género *Phyllophaga* y *Macroductylus*; el segundo caso corresponde a la porción noreste de la Sierra Tlaxco-Caldera-Huamantla, en esta zona se recolectaron 79 larvas de Melolonthidae, donde los Dynastinae fueron *Ancognatha*, *Xyloryctes* y *Orizabus*, y hubo registro de larvas de Melolonthinae del género *Phyllophaga* (García de Jesús, 2006 y 2011). A partir de estos trabajos fue posible identificar larvas de escarabajos de los géneros *Phyllophaga* (Melolonthidae), *Orizabus*, *Xyloryctes* y *Ancognatha* (Dynastinae), como las de mayor abundancia en ecosistemas de montaña a una altitud entre los 2600 y 3600 m en la porción oriental de la Faja Volcánica Transmexicana.

El objetivo de este trabajo fue comparar la densidad y la biomasa de larvas de escarabajos a nivel de género de la subfamilia Dynastinae (Melolonthidae) en predios con diferentes años acumulados de un manejo forestal sustentable, así como entre los meses de recolecta. Esta información permitirá evaluar la abundancia de estos escarabajos saprófagos en los ecosistemas forestales de la región.

## MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se realizó en cinco predios ubicados entre los 2600 a 3000 msnm, en el municipio de Tlaxco, Tlaxcala, México (19° 37' 18.31" y 19° 36' 47.48" N y 98° 05' 59.42" y 98° 05' 40.29" O). El clima es templado subhúmedo con precipitaciones en verano. La mayor precipitación se

registra en junio, julio y agosto, con valores entre 100.2 a 131.0 mm mensuales. La temperatura media más alta se presenta en abril y mayo (entre 15.2 y 15.8 °C), y la temperatura mínima en enero, con una media anual de 5.7 °C (Díaz-Padilla *et al.*, 2009). La vegetación es bosque de coníferas con encinos, donde las especies más abundantes son *Pinus rudis*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus teocote* y *Abies religiosa*. Los predios presentan diferentes años acumulados de aprovechamiento forestal sustentable con el Método Tlaxco de Renovación Silvícola (Método Tlaxco). Uno de los predios se considera como control, sin actividades de aprovechamiento desde hace por lo menos 17 años, los otros cuatro predios han sido aprovechados durante 2, 11, 12 y 15 años. En este método las áreas de corta de regeneración son a través de un sistema de pequeñas matarrasas que no exceden los 2500 m<sup>2</sup> (un cuarto de hectárea) y los residuos del aprovechamiento son acomodados a contrapendiente (Caballero-Cervantes, 1993).

Con el objetivo de tener una representación de la variación estacional (primavera, verano y otoño) las recolectas se realizaron en los meses de abril, junio, agosto y octubre de 2014. En cada predio se realizó el muestreo de suelo en dos sitios diferentes cada mes, esto permitió obtener muestras de suelo de 10 sitios por predio y un total de 40 sitios durante el periodo de colecta. La distancia mínima entre los sitios fue de 200 m, al interior de cada sitio se tomaron tres muestras de suelo, cuidando de no salir de un radio de 20 m. La ubicación de cada muestra fue con base en la presencia de claros, cubierta vegetal y troncos podridos y consistió en un cuadrante en suelo de 50 x 90 cm (área de 0.45 m<sup>2</sup>) en el cuál se cavó un pozo de manera transversal a la pendiente de 30 cm de profundidad. Una vez delimitada el área de la muestra antes de comenzar a cavar, se procedió a retirar la vegetación y hojarasca haciendo una revisión manual directa del humus y del suelo. Las larvas fueron colocadas en bolsas de plástico con un poco de sustrato y fueron transportadas al laboratorio para ser fijadas en líquido de Pampel, donde permanecieron por una semana. Después fueron colocadas en frascos con alcohol al 70 %. Para la determinación taxonómica de las larvas a nivel de género se utilizó la clave de Morón y Deloya (1991), y para el género *Ancognatha* se identificaron por comparación con las descripciones de García de Jesús (2010) y Ramírez-Salinas *et al.*, 2004.

Las larvas se dejaron fuera del alcohol durante 24 horas y antes de pesarlas por primera vez se les midió la anchura máxima craneal y la longitud total. Para obtener los valores de la biomasa (peso seco), el tiempo y la temperatura de secado se basó en el protocolo utilizado por Sabadel *et al.* (2016), después de las 24 horas, se procedió a obtener el primer registro de peso (balanza analítica Scientech ZSA80®, precisión 0.01 g). Este primer registro fue utilizado como el valor de “peso fresco” y sirvió como medida de referencia antes del secado. Con los valores de “peso fresco” y longitud total, las larvas fueron separadas en dos grupos. El primer grupo lo integraron aquellas larvas con una longitud de 10 a 30 mm y con un peso aproximado de 0.005 - 0.35 g, y en el segundo grupo se incluyeron larvas > 30 mm y con un peso > 0.35 g. El primer grupo durante seis horas y el segundo durante 24 horas, ambos a una temperatura de 50 °C. El peso seco final fue aquel que ya no mostró variación después del tiempo de secado.

Los datos de densidad (D) por cuadrante se obtuvieron a través de la siguiente fórmula  $D = N/A$ , donde, N es la abundancia (número de larvas) y A es el área del cuadrante (0.45 m<sup>2</sup>). Para comparar estadísticamente la densidad y la biomasa promedio por predio y la densidad entre los meses de colecta se usó la prueba de Kruskal-Wallis. Los análisis fueron realizados en el programa SigmaStat (2006) Versión 3.5.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total fueron recolectadas 69 larvas, el 62.32 % perteneció al género *Xyloryctes*, el 24.64 % a *Orizabus* y sólo el 13.04 % correspondió al género *Ancognatha*. Se obtuvieron también tres larvas

del género *Phyllophaga* (Melolonthinae), y por esta baja abundancia no se consideraron en los análisis de densidad y biomasa.

Por la cercanía a la zona de estudio, estas muestras de larvas de Dynastinae fueron similares a las obtenidas en los bosques de la porción noreste de la Sierra Tlaxco-Caldera-Huamantla, aunque en diferente proporción, 47.3 % fueron larvas de *Ancognatha*, 29.1 % *Xyloryctes* y 23.6 % *Orizabus* (García de Jesús, 2011). En el caso del Parque Nacional La Malinche las larvas de Dynastinae están representadas por *Orizabus* (78.8 %) y *Xyloryctes* (21.2 %), este último género estuvo ausente en el Parque Izta-Popo donde se registró un solo género de dinastino, *Orizabus* (113 larvas) (García de Jesús, 2006; Tapia-Rojas, 2005).

Cabe señalar el predominio de larvas de *Xyloryctes* (62.32 %) pues en los trabajos antes mencionados los géneros dominantes fueron *Ancognatha* y *Orizabus*; sin embargo, en el trabajo de Minor (2010) las larvas de *Xyloryctes* fueron marcadamente dominantes en los bosques de encino con vegetación de galería y matorral xerófito de Huehuetitla a una altitud de 2300 m. Esto podría indicar que las larvas de este género mantienen poblaciones numerosas en condiciones de perturbación propias del manejo forestal como es la apertura de claros.

La densidad y biomasa promedio de larvas de Dynastinae fueron mayores en el predio con 11 años de manejo (densidad  $2.41 \pm 0.84$  ind./m<sup>2</sup>, biomasa  $0.57 \pm 0.25$  g) y en el predio sin manejo forestal (densidad  $2.05 \pm 1.0$  ind./m<sup>2</sup>, biomasa  $0.50 \pm 0.29$  g). El predio con 12 años de manejo silvícola registro la menor densidad y biomasa de larvas (densidad  $0.28 \pm 0.14$  ind./m<sup>2</sup>, biomasa  $0.06 \pm 0.04$  g). Sin embargo, las diferencias entre predios no fueron estadísticamente significativas ni para la densidad ( $p > 0.05$ , H = 4.97, gl = 4), ni para la biomasa ( $p > 0.5$ , H = 3.16 gl = 4) (Fig. 1).

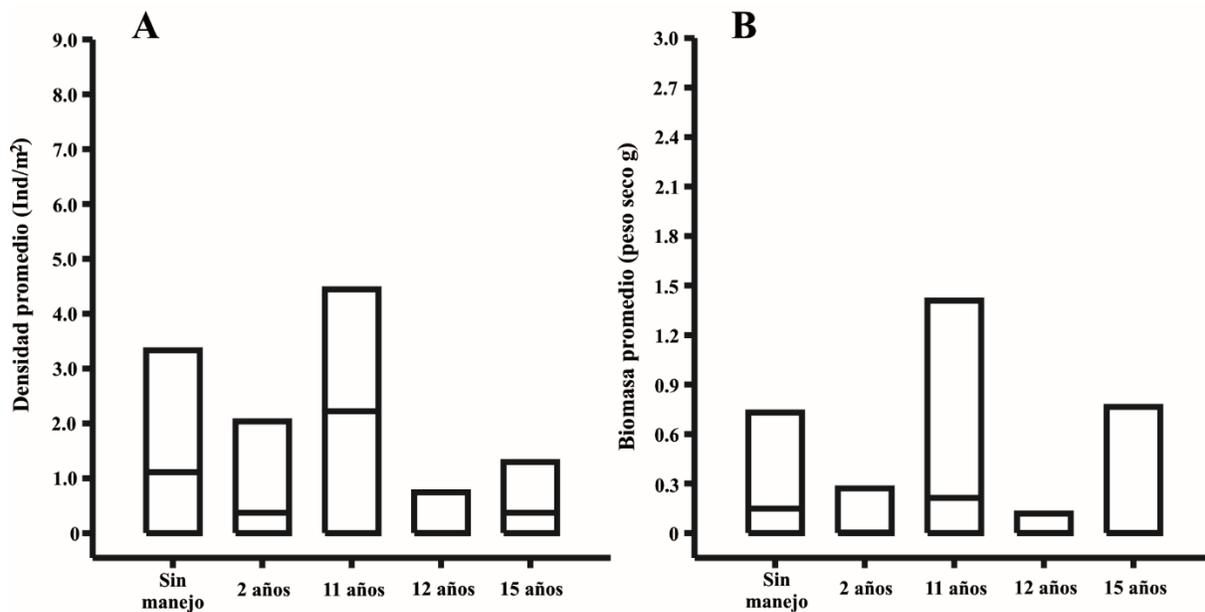


Figura 1. Densidad (A) y Biomasa (B) promedio de larvas de escarabajos Dynastinae (Melolonthidae) en cinco predios con distintos años acumulados de manejo forestal. Los bordes de las cajas definen el 25 % y 75 % de los percentiles. La mediana está indicada con la línea horizontal. En ninguno de los casos hubo diferencias estadísticas significativas.

Al comparar la densidad y biomasa promedio por género en cada predio, *Xyloryctes* estuvo presente en los cinco predios, siendo el predio sin manejo forestal donde se presentó la mayor densidad ( $1.5 \pm 0.93$  ind./m<sup>2</sup>) pero la biomasa promedio fue mayor en el predio con 11 años de

manejo ( $0.52 \pm 0.23$  g). En el predio con 12 años los géneros *Orizabus* y *Ancognatha* estuvieron ausentes (Fig. 2).

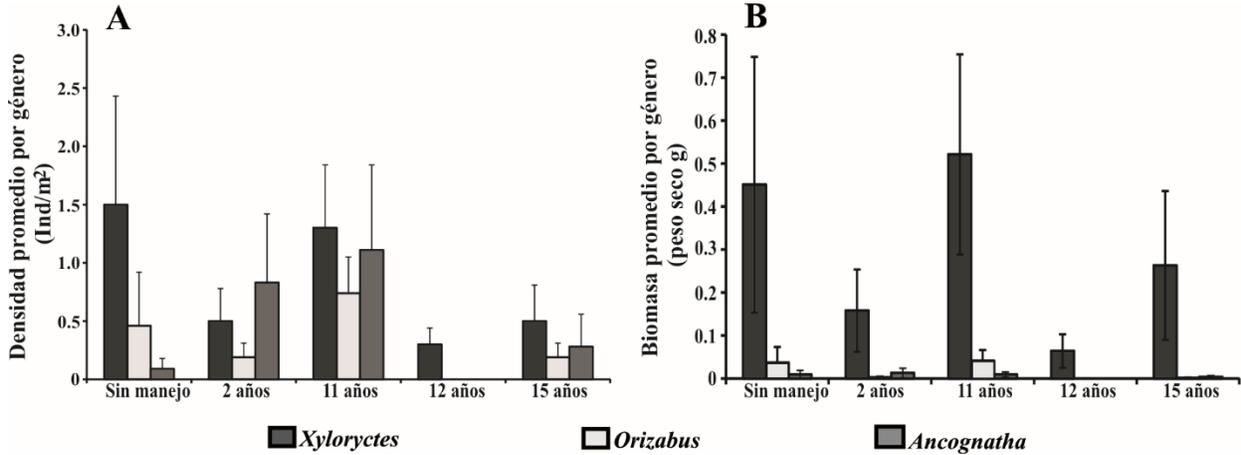


Figura 2. Densidad (A) y biomasa (B) promedio de larvas de Dynastinae (Coleoptera Melolonthidae) de los géneros *Xyloryctes*, *Orizabus* y *Ancognatha* en los cinco predios. Las barras de error indican los errores estándar.

Las diferencias en densidad y biomasa promedio entre los predios con 11 y 12 años de manejo podrían ser atribuidas principalmente a la composición de la vegetación. En el primer caso, la vegetación predominante es un bosque mixto de pino-encino, entre los 2700 y 2800 msnm., mientras que el predio con 12 años que se encuentra a una altitud similar (2664-2900 m) es prácticamente un monocultivo de *Pinus teocote* con una dominancia del 90 %. Se ha reportado que los descomponedores microbianos y los invertebrados edafícolas usan selectivamente los recursos provistos por la materia orgánica en descomposición, esta selección depende de la calidad de la hojarasca (composición química y física), la cual varía según la composición y estructura del dosel (Bautista y Suárez, 2013; Handa *et al.*, 2014). Así, en el predio con 11 años de manejo se estaría dando las condiciones a nivel de microhábitat más adecuadas para el crecimiento de larvas de escarabajos Dynastinae (Melolonthidae), las cuales se alimentan con hojarasca fragmentada en avanzado grado de descomposición (Bitar y Morón, 2014).

Respecto a la densidad mensual fue en abril cuando se registró el mayor valor promedio ( $2.30 \pm 0.61$  ind./m<sup>2</sup>), sin embargo, las diferencias no fueron significativas ( $p > 0.05$ ,  $H = 9.50$ ,  $gl = 3$ ); aunque es en este mes cuando se registraron los tres géneros (*Xyloryctes*, *Orizabus*, y *Ancognatha*). Cabe señalar que las larvas de *Xyloryctes* estuvieron presentes durante los cuatro meses del muestreo, mientras que en octubre no hubo registro de larvas de *Ancognatha*. (Fig. 3).

De acuerdo con los registros de larvas en sitios similares, la mayor abundancia de larvas de Melolonthidae en muestras de suelo forestal se registró durante los meses de abril a junio, aunque varía dependiendo de la zona, por ejemplo, en el Parque Nacional La Malinche fue en el mes de abril donde se registró la mayor abundancia, mientras que en los bosques de la Sierra Tlaxco-Caldera-Huamantla, la mayor abundancia ocurrió en enero para el género *Ancognatha* y en junio para los géneros *Orizabus* y *Xyloryctes*; las larvas de este último género fueron recolectadas en su mayoría durante mayo y junio en la barranca de Huehuetitla (García de Jesús, 2006, 2011 y Minor, 2010).

En general, la mayor densidad de larvas se registró durante los primeros meses de la época de lluvias, cabe señalar que estos resultados deben tomarse con cautela ya que el presente trabajo sólo incluye muestreo en cuatro meses del año, y no hay información de lo que ocurre en los otros meses en la zona de estudio. Sin embargo, el conocimiento sobre el ciclo de vida de los Melolonthidae

indica que es durante el verano donde se da la confluencia de larvas de diferentes estadios de especies con ciclos de vida tanto anuales como bianuales. En altitudes elevadas, la eclosión de las larvas puede ser al final de la primavera (mayo) o al inicio de verano (junio), así la ocurrencia de larvas del tercer estadio puede darse desde mediados de verano hasta principios de la primavera siguiente (finales de marzo) En el caso de los ciclos bianuales los huevos de las larvas del primer estadio se pueden observar entre junio y julio, las larvas del segundo estadio se presentan a partir de agosto hasta febrero del siguiente año y las larvas del tercer estadio pueden ser observadas a partir de junio (Morón *et al.*, 2010a).

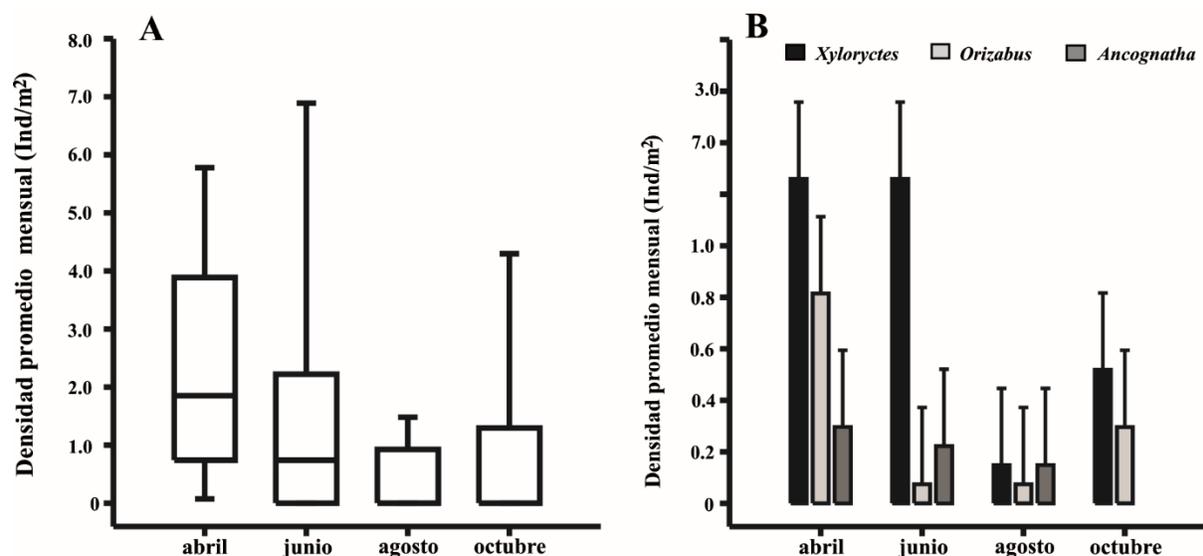


Figura 3. A. Densidad promedio entre los meses de colecta, los bordes de las cajas definen el 25 % y 75 % de los percentiles. La mediana está indicada con la línea horizontal. Las barras de error indican el valor mínimo y máximo, las diferencias no fueron significativas. B. Densidad promedio mensual por género. Las barras de error indican los errores estándar.

Romero- López *et al.* (2010) señalan la importancia de explotar el potencial de las larvas de Melolonthidae, o gallinas ciegas, como un grupo ecológicamente benéfico en estudios de suelos agrícolas y forestales, pues los escasos trabajos que hay sobre insectos subterráneos en plantaciones forestales tienden a las generalizaciones, frecuentemente se habla de “plagas de gallina ciega”, sin verificar la identificación o la evaluación de los daños (Morón *et al.*, 2010b). Es por ello que la información recabada en ambientes forestales dentro de la Faja Volcánica Transmexicana genera nuevas preguntas. Por ejemplo, las diferencias en densidad y biomasa del género *Xyloryctes* ¿En qué medida podrían ser resultado de las prácticas de manejo forestal, o de un efecto de la temporalidad de la colecta? En esta co-ocurrencia de larvas saprófagas de diferentes géneros, ¿Qué tipo de interacciones podrían estar ocurriendo, competencia o facilitación con otras especies saprófagas?.

## CONCLUSIÓN

Se registraron larvas de Dynastinae (Melolonthidae) de tres géneros: *Xyloryctes*, *Orizabus* y *Ancognatha*. La mayor densidad promedio en bosques con manejo forestal Método Tlaxco es de 2.4 larvas por metro cuadrado y una biomasa promedio (peso seco) de 0.57 g por larva. Las larvas de *Xyloryctes* estuvieron presentes en todos los predios forestales y son las principales larvas saprófagas de escarabajos en este tipo de bosques templados con manejo forestal.

## Agradecimientos

La primera autora agradece al CONACyT por la beca otorgada número 359775. Este trabajo es una contribución del proyecto “Evaluación de la diversidad de especies mediante el análisis e integración de elementos ecológicos, funcionales y evolutivos” apoyado por SEP-CONACYT Ciencia Básica 222632. Se agradece al Ing. Juan Carlos Caballero Cervantes por el apoyo para el acceso a los predios forestales e información sobre el manejo silvícola Método Tlaxco. A Erika Elizalde Amelco, Carmen Díaz Ramírez, Yeimy Sánchez Ahuactzin y Gabriel Cordero Martínez por su apoyo en el trabajo de campo. Se agradece a los dos revisores anónimos por las sugerencias para la mejora de este manuscrito.

## Literatura Citada

- Bautista, E. H. D. y J. C. Suárez. 2013. Fauna del suelo y hojarasca en arreglos agroforestales de la Amazonia Colombiana. *Momentos de Ciencia*, 10: 59–66.
- Bitar, A. y M. A. Morón. 2014. Revisión y análisis filogenético del género *Xyloryctes* (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae: Oryctini). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 753–796.
- Caballero-Cervantes, J. C. 1993. *Silvicultura practica el Método Tlaxco de Renovación Silvícola (M-T)*. Libro técnico. Universidad Autónoma de Tlaxcala, México, 19-25 pp.
- Cherman, M. A. y M. A. Morón. 2014. Validación de la familia Melolonthidae Leach, 1819 (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 30: 201–220.
- Díaz-Padilla, G., Medina-García, G., Ruíz-Corral, J. A y V. Serrano-Altamirano. 2009. *Estadísticas Climatológicas Básicas del Estado de Tlaxcala*. Libro técnico No. 21 SAGARPA-INIFAP, México, 168 p.
- García de Jesús, S. 2006. *Estudio Faunístico de Coleoptera Lamellicornia de la Región La Malinche, Tlaxcala, México*. Tesis de Licenciatura en Biología. Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Puebla, México. 104 p.
- García de Jesús, S. 2011. *Fauna de Coleoptera Scarabaeoidea de los bosques de coníferas de los municipios de Emiliano Zapata y Terrenate, Tlaxcala, México*. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATx). Ixtacuixtla, Tlaxcala, 76 p.
- García-López, A., Micó, E., Numa, C. and E. Galante. 2010. Spatiotemporal variation of scarab beetle assemblages (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae, Melolonthinae, Rutelinae) in the premontane rain forest in Costa Rica: A question of scale. *Annals of the Entomological Society of America*, 103: 956–964.
- Handa, T., Aert, R., Berendse, F., Berg, M. P., Bruder, A., Butenschoen, O., Chauvet, E., Gessner, M. O., Jaibol, J., Makkonen, M., McKie, B. G., Malmqvist, B. E., Peeters, T. H. M., Scheu, S., Schmid, B., Ruijven, J., Vos, V. C. A. and S. Hättenschwiler. 2014. Consequences of biodiversity loss for litter decomposition across biomes. *Nature*, 7499: 218–221.
- Minor, P. 2010. *Coleópteros lamellicornios de la barranca de Huehuetitla, Tlaxcala, México*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Agrobiología, Universidad Autónoma de Tlaxcala (UAT), Tlaxcala, 54 p.
- Morón, M. A., Tapia-Rojas, A. M. y L. E. Rivera-Cervantes. 2010. Plagas del suelo en sistemas forestales. Pp. 404–409. *In*: Rodríguez del Bosque, L. A. y M. A. Morón (Eds.). *Plagas del Suelo*. Colegio de Posgraduados, INIFAP, Mundi-Prensa. México,
- Morón, M. A., Rodríguez del Bosque, L. A., Aragón, A. y C. Ramírez-Salinas. 2010a. Biología y hábitos de coleópteros escarabaeoideos. Pp. 70–71. *In*: Rodríguez del Bosque, L. A. y M. A. Morón (Eds.). *Plagas del Suelo*. Colegio de Posgraduados, INIFAP, Mundi-Prensa. México,
- Morón, M. A. y C. Deloya. 1991. Los Coleópteros Lamellicornios de la Reserva de la Biosfera “La Michilia”, Durango, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 81: 209–283.
- Ramírez-Salinas, C., Morón, M. A. y A. E. Castro-Ramírez. 2004. Descripción de los estados inmaduros de tres especies de *Anomala*, *Ancognatha* y *Ligyris* (Coleoptera: Melolonthidae: Rutelinae y Dynastinae) con observaciones de su biología. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 20: 67–82.

- Romero-López, A. A., Morón, M. A., Aragón, A. y F. J. Villalobos. 2010. La “gallina ciega” (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae) vista como un “ingeniero del suelo”. *Southwestern Entomologist*, 35: 331–343.
- Romero-López, A. A., Rodríguez-Palacios, E., Alarcón-Gutiérrez, E., Geissert, D. and I. Barois. 2015. Effects of white grubs on soil water infiltration. *Neotropical entomology*, 44: 134–139.
- Sabadel, A. J. M., Woodward, E. M. S., Van Hale, R. and R. D. Frew. 2016. Compound-specific isotope analysis of amino acids: A tool to unravel complex symbiotic trophic relationships. *Food Webs*, 6: 9–18.
- Sánchez-Galván, I. R., Quinto, J., Micó, E., Galante, E. and M. A. Marcos-García. 2014. Facilitation among saproxylic insects inhabiting tree hollows in a Mediterranean forest: the case of cetonids (Coleoptera: Cetoniidae) and syrphids (Diptera: Syrphidae). *Environmental entomology*, 43: 336–343.
- SigmaStat. 2006. Systat softwer Inc. Versión 3.5.
- Tapia-Rojas, A. M. 2005. *Estudio de larvas de coleópteros melolóntidos edafícolas en ambientes forestales de Puebla: su posible uso como bioindicadores*. Tesis de maestría en Ciencias Ambientales. Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Puebla, México, 20-22 pp.