



Coleópteros edafícolas y microorganismos asociados: Diversidad y ecología



EDITORES

Agustín Aragón García | Miguel B. Nájera Rincón

**Coleópteros edafícolas
y microorganismos asociados:
DIVERSIDAD Y ECOLOGÍA**

**Coleópteros edafícolas
y microorganismos asociados:
DIVERSIDAD Y ECOLOGÍA**

**Agustín Aragón García
Miguel B. Nájera Rincón
(Editores)**



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

María Lilia Cedillo Ramírez
Rectora

José Manuel Alonso Orozco
Secretario General

José Carlos Bernal Suárez
Vicerrectora de Extensión y Difusión de la Cultura

Luis Antonio Lucio Venegas
Director General de Fomento Editorial

Jorge Rigoberto Juárez Posadas
Director del Instituto de Ciencias

Dionicio Juárez Ramón
Coordinador del Centro de Agroecología ICUAP

Agustín Aragón García
Coordinador de la Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas ICUAP

Primera edición: 2025
ISBN [edición electrónica]: 978-607-2637-39-9

D. R. © Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
4 sur, 104, Centro Histórico, Puebla, Pue., CP 72000
Teléfono: 222 229 55 00
www.buap.mx

Dirección General de Publicaciones
2 norte, 1404, Centro Histórico, Puebla, Pue., CP 72000
Teléfono: 222 246 85 59
libros.dgp@correo.buap.mx | www.publicaciones.buap.mx

Diseño de portada: Lucy Liliana Palacios Castellanos
Fotografías de portada: M. C. Antonio Marín Jarillo (larva sana) y Miguel B. Nájera Rincón (larva infectada por *Metarhizium*)

Hecho en México / *Made in Mexico*

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Dr. Luis Ángel Rodríguez del Bosque
*Encargado del Despacho de los Asuntos
Correspondientes a la Dirección General del INIFAP*

Dr. Efraín Cruz Cruz
Coordinador de Investigación Innovación y Vinculación

Dr. Luis Ortega Reyes
Coordinador de Planeación y Desarrollo

Lic. José Humberto Corona Mercado
Coordinador de Administración y Sistemas

Dr. Dante Schiaffini Barranco
*Titular de la Unidad Jurídica
Centro de Investigación Regional Pacífico Centro*

Dr. Jorge Armando Bonilla Cárdenas
Director Regional

Dra. Celia De La Mora Orozco
Directora de Investigación

Mtro. Luis Alberto Avilés Muñoz
Director de Administración

Dr. Juan Antonio Herrera González
*Director de Coordinación y Vinculación en Michoacán
Jefe del Campo Experimental Uruapan*

La presente obra titulada *COLEÓPTEROS EDAFÍCOLAS Y MICROORGANISMOS ASOCIADOS: DIVERSIDAD Y ECOLOGÍA* fue revisada y arbitrada por diferentes especialistas académicos, que aceptaron y participaron en la revisión del manuscrito de cada una de las contribuciones, por lo que se considera la publicación como capítulos de libro arbitrados.

Esta obra puede ser reproducida o almacenada en cualquier sistema de información, total o parcialmente, siempre que se cite la fuente y no se realice con fines de lucro.

Contenido

Presentación	11
Diversidad de escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae-Cetoniidae) en diferentes usos del suelo en Marqués de Comillas, Chiapas <i>José Ernesto Colima-Lara, †Adriana Elena Castro-Ramírez Darío Alejandro Navarrete Gutierrez, Lorena Ruiz-Montoya</i>	13
Caracteres morfológicos de importancia taxonómica para la identificación de larvas de tercer estadio de Coleoptera Melolonthidae <i>Víctor Alfonso Cuate-Mozo, Agustín Aragón García Jhovana Pamela Márquez-Manzano, Miguel Aragón-Sánchez Betzabeth Cecilia Pérez-Torres, Gabriel Antonio Lugo-García</i>	38
Catálogo de larvas del complejo gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) asociadas al cultivo de maíz, depositadas en la colección entomológica del INIFAP, Oaxaca <i>Eunice Raquel Avendaño-Zavaleta, Jesús Alberto Cruz-López</i>	56
Identificación y distribución de nematodos fitoparásitos plaga de la raíz en maíz en Jalisco <i>Javier Ireta-Moreno, Juan Francisco Pérez-Domínguez Norma Yadira Zacamo-Velázquez</i>	65
Efectos del clima en la densidad, diversidad y distribución de <i>Phyllophaga</i> en México <i>Derek Aníbal Soto-Hernández, Carolina Ureta-Sánchez Andrés Ramírez-Ponce, Jesús Alberto Cruz-López</i>	79
Inventario preliminar de los escarabajos (Insecta: Coleoptera; Scarabaeoidea) de La Loma, municipio de Tolimán, Jalisco, México <i>Luis Eugenio Rivera-Cervantes, Brenda Karina Reyes-Presa Edith García-Real</i>	96
Coleópteros Melolóntidos (Lamellicornia: Melolonthidae) de los municipios de Tepexi de Rodríguez y Molcaxac, Puebla <i>Gloria Tlaxcala Soriano, Gonzalo Yanes Gómez Agustín Aragón García, María Concepción López Téllez</i>	119

<p>Especies del subgénero <i>Phyllophaga</i> (<i>Phytalus</i>) (Coleoptera: Melolonthidae) depositados en la colección de insectos, del Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla <i>Betzabeth Pérez Torres, Betzabeth Cecilia Pérez Torres</i> <i>Agustín Aragón García, Víctor Alfonso Cuate Mozo</i></p>	136
<p>“Frailecillos” (Coleoptera: Melolonthidae: <i>Macroductylus</i>) atraídos por el α-pineno a partir de ensayos in silico y en olfatómetro <i>Noe Yamil Pages-Paez, Alan Carrasco-Carballo</i> <i>Fernanda Salgado Farias, Ángel Alonso Romero López</i></p>	151
<p>Notas sobre apareamiento, supervivencia y preferencia alimentaria para <i>Cyclocephala barrerae</i> Martínez (Coleoptera: Melolonthidae) <i>Abraham Sanchez-Cruz, Alfredo Jiménez Pérez</i> <i>Luz Neri Benítez-Herrera, Patricia Villa-Ayala</i> <i>María Rosete-Enríquez, Ángel Alonso Romero-López</i></p>	169
<p>Efecto de la composta en la rizofagia de la gallina ciega en cultivo de maíz en condiciones de invernadero <i>Concepción Ramírez-Salinas, Lorena Ruiz Montoya</i></p>	187
<p>Relación de daño por gallina ciega Coleoptera Melolonthidae en tres cultivos agrícolas <i>Agustín Aragón García, Jesús Francisco López Olguín</i> <i>Betzabeth Cecilia Pérez-Torres, Víctor Alfonso Cuate-Mozo</i> <i>Miguel Aragón-Sánchez, Gabriel Antonio Lugo-García</i></p>	204
<p>Aislamiento, identificación y selección de hongos entomopatógenos en sistemas de producción de hortalizas con potencial para el manejo de plagas rizófagas <i>Miguel B. Nájera Rincón, Franci Yunuen Chávez Morelos</i> <i>Arlette Alejandra Zamora González, Luis Daniel Salas Magdaleno</i> <i>Pablo Fabián Jaramillo López, Joset Tsiri Días Guerrero</i></p>	217
<p>Semblanza del M.C. Antonio Marín Jarillo</p>	235

Presentación

Los problemas que ocasionan las plagas que dañan el sistema radical de las plantas motivaron que para 1978 se realizara la primera reunión académica sobre los insectos plaga edafícolas, mismos que se presentaban como un problema agrícola muy difícil de abordar. En esa ocasión se evidenció el enorme desconocimiento que sobre estos organismos edáficos se tenía; tanto en su identidad, ciclo biológico, hábitos reproductivos, alimenticios, enemigos naturales, preferencias de hábitat, etc.; así como, sobre la evaluación de los daños que ocasionan y métodos de estudio; y en cuanto a su manejo se conocía muy poco. Enfrentando el enorme reto que impone el estudio de los insectos subterráneos, en un principio se establecieron reuniones cada cinco años para compartir los avances de investigación y a partir del 2003 se acordó realizar reuniones cada tres años. Así, de 1978 a 2016 se celebraron 10 reuniones, en el 2018 se realizó la onceava reunión dedicada al Dr. Miguel Ángel Morón Ríos como un homenaje a un año de su fallecimiento, mismo que aconteció el 22 de agosto de 2017. La pandemia del Covid 19 fue uno de los motivos por los cuales se suspendieron las reuniones mismas que se retoman en 2025. En total se han reportado 185 contribuciones en los trabajos publicados en el total de las once reuniones previas. Dichas obras y la publicación del libro Plagas del Suelo Publicado en el año 2010 reúnen la información especializada sobre el tema, y se han vuelto material indispensable de consulta para profesionistas, técnicos, extensionistas, y todo aquel interesado en los aspectos relacionados con las especies de insectos que habitan el suelo y que en alguno de sus estadios se les considera plagas agrícolas. Los temas que cubren son de índole taxonómico, biológico, ecológico, sobre técnicas de muestreo

de larvas, recolección de adultos y evaluación de daños, así como métodos y alternativas de manejo.

En este libro se reúnen 13 contribuciones presentadas en la doceava Mesa Redonda celebrada en la Ciudad de México. Los capítulos del libro fueron elaborados por 42 autores, pertenecientes a 13 instituciones nacionales, entre ellos investigadores y profesores con amplia experiencia en el tema, pero sobre todo destaca la participación de jóvenes entusiastas interesados en dirigir su formación en esta veta de conocimiento; lo cual augura un mayor avance científico y técnico, que en el futuro próximo deberá impactar positivamente los campos agrícolas atacados por las plagas edafícolas.

Los editores

Diversidad de escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae-Cetoniidae) en diferentes usos del suelo en Marqués de Comillas, Chiapas

José Ernesto Colima-Lara^{1*}
†Adriana Elena Castro-Ramírez²
Darío Alejandro Navarrete Gutierrez²
Lorena Ruiz-Montoya²

Resumen

La selva tropical de la Reserva de la Biosfera Montes Azules (REBIMA) es considerada una de las áreas relictuales con alta diversidad biológica en México, sin embargo, desde hace más de cuatro décadas, se ha visto impactada negativamente por cambios de uso del suelo. En este sentido, se examinaron las diversidades de los escarabajos Melolonthidae y Cetoniidae en tres diferentes escenarios (selva alta perennifolia, vegetación secundaria y potreros) al sur de la REBIMA y ejidos de Marqués de Comillas. La recolecta sistemática comprendió seis meses (marzo a agosto de 2018), 15 días por mes y cinco días para cada condición. Se utilizaron métodos diurnos y nocturnos: trampas de luz LED, carpotrampas y captura directa; en total se establecieron nueve sitios de muestreo, tres para cada uso del suelo. Se recolectaron 1266 individuos, pertenecientes a 25 géneros y 57 especies y morfoespecies. Los números efectivos de especies mostraron que la selva alta perennifolia es 2.84 veces

¹ Junta Intermunicipal de Medio Ambiente para la Gestión Integral de la Región Valles. Hidalgo 2A, colonia La Esperanza, Ameca, Jalisco.

² El Colegio de la Frontera Sur. Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n Barrio María Auxiliadora, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

* Autor para correspondencia: ernestocolima@hotmail.com

más diversa que el potrero. La composición y dominancia fueron distintas para cada cobertura vegetal, siendo la más diversa la selva alta perennifolia. La diversidad beta se explicó en un 90 % por el recambio de especies y en el resto por anidamiento. Los análisis y modelos estadísticos separaron de forma clara los ensamblajes de especies para cada uso del suelo. Los análisis estadísticos resaltaron que las especies de melolóntidos y cetónidos responden a las condiciones ambientales propias de los diferentes ecosistemas analizados, lo que generó tres estructuras de escarabajos; con ocho especies especialistas a selva alta perennifolia, cuatro a vegetación secundaria y tres a potrero.

Palabras clave: *diversidad, selva alta perennifolia, vegetación secundaria, potrero, Reserva de la Biósfera Montes Azules.*

Introducción

Los bosques tropicales húmedos también son referidos como selva alta perennifolia (Miranda y Hernández, 1963) o bosque tropical perennifolio (Rzedowski, 2006). Al compararse con otros ecosistemas, la selva alta perennifolia se distingue como la más rica y compleja de todas las comunidades vegetales; donde el agua y el calor no son recursos limitantes para el desarrollo de las plantas (Rzedowski, 2006), las cuales permanecen verdes durante todo el año (Miranda y Hernández, 1963).

En el estado de Chiapas, las selvas altas perennifolias con el mayor grado de conservación se encuentran distribuidas principalmente en la selva Lacandona y El Ocote, en la región limítrofe del estado (Rzedowski, 2006; Challenger y Soberón, 2008), lo que impulsó, para su protección, la creación de Áreas de Protección de Flora y Fauna como la Reserva de la Biósfera Montes Azules (REBIMA) (INE, 2000).

Sin embargo, el acelerado cambio de uso de suelo (USD) en las regiones Fronteriza y Marqués de Comillas por zonas agrícolas, potreros y centros ur-

banos, para satisfacer las necesidades de los ejidos, de reciente creación, ha generado que en la actualidad el territorio esté constituido por una serie de fragmentos de selva que tienden a estar aislados, inmersos en una matriz de terrenos antropizados con usos ganaderos y agrícolas (Bocco *et al.*, 2001; Mendoza *et al.*, 2005; Castillo *et al.*, 2007; Mas *et al.*, 2009). Para algunas especies y grupos de insectos, como los escarabajos (Coleoptera: Scarabaeidae), la disminución en la cobertura forestal, la pérdida del hábitat en el paisaje y la configuración espacial del territorio, condicionan y determinan la diversidad, distribución y ensamblajes de especies (Favila, 2004; Navarrete y Halffter, 2008). Cualquier alteración ambiental o antrópica, la disponibilidad hídrica o la fenología de la vegetación, pueden incidir de manera contundente en la composición y dinámica ecológica de los melolóntidos y cetónidos, lo que afectará directa o indirectamente los procesos ecológicos (Lassau *et al.*, 2005; García-Atencia *et al.*, 2015).

Bajo este contexto, se pretende responder la siguiente pregunta: ¿Las diferencias en la composición y recambio espacial de los ensamblajes de escarabajos melolóntidos y cetónidos se relacionan directamente con la modificación de la selva alta perennifolia a otros usos de suelo debido a la perturbación antropogénica en la REBIMA y Marqués de Comillas? Se propuso determinar las variaciones en la composición y recambio de especies de los escarabajos Melolonthidae y Cetoniidae en el espacio territorial para tres diferentes usos del suelo (UDS), en tres ejidos de Marqués de Comillas y la parte sur de la REBIMA. Con lo cual se busca probar la siguiente hipótesis: se espera que el ensamblaje de escarabajos sea más diverso por tener más especies y sus individuos estén equitativamente repartidos, entonces el ensamblaje de las familias Cetoniidae y Melolonthidae en un ecosistema conservado, como la selva alta perennifolia de la REBIMA, tendrán mayor diversidad y equitatividad, que los otros dos usos de suelo con altas modificaciones antropogénicas como acahuales y potreros; las especies dominantes en la SAP pierden la condición óptima para el mejor desenvolvimiento de las especies (reproducción y supervivencia).

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la parte sur de la REBIMA y los ejidos Boca de Chajul ($16^{\circ}4'30''$ - $16^{\circ}7'30''$ N y $90^{\circ}51'$ - $90^{\circ}57'$ W), Playón de la Gloria ($16^{\circ}06'59''$ N, $16^{\circ}09'45''$ y $90^{\circ}51'32''$, $90^{\circ}55'29''$ W) y Galacia ($16^{\circ}08'54''$ y $16^{\circ}12'56''$ N, $90^{\circ}48'22''$ y $90^{\circ}54'30''$ W), los cuales pertenecen al municipio de Marqués de Comillas, Chiapas, México. La zona de trabajo se encuentra entre los $16^{\circ}4'30''$ - $16^{\circ}16'40''$ N y los $90^{\circ}48'22''$ - $91^{\circ}03'20''$ W. El clima es cálido-húmedo Amw'(i)g (García, 2004) con temperatura media anual entre 25°C ; la precipitación anual varía desde los 2,500 a los 3,500 mm. La altitud va de los 100 a los 900 msnm.

El mayor territorio con vegetación original corresponde a las selvas alta y mediana perennifolia (INE, 2000). El primer tipo de selva presenta tres estratos y los árboles alcanzan los 45-50 m. Las especies vegetales características son: *Albizia leucocalyx* (Britton & Rose) L. Rico, *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith, *Brosimum alicastrum* Sw., *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, *Swietenia macrophylla* King, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. y *Cedrela odorata* (L.), entre otras (INE, 2000).

Se realizaron salidas de prospección durante los meses de enero y febrero de 2018 para conocer los ejidos, establecer los sitios de muestreo y corroborar la vegetación y usos de suelo. Los sitios de muestreo se categorizaron en tres clases: (1) selva alta perennifolia (SAP) en la REBIMA, (2) vegetación secundaria de SAP (ACA= acahual) en los ejidos del área de influencia de la REBIMA y (3) potreros (POT) con actividad ganadera. Se establecieron nueve sitios, tres con vegetación bien conservada (SAP) (S₁, S₂ y S₃), tres en acahual (ACA) (S₄, S₅ y S₆) y tres en potreros con actividad ganadera (POT) (S₇, S₈ y S₉) (Figura 1).

Los sitios de recolecta quedaron separados entre sí por lo menos 1 km de distancia (Figura 1), para asegurar la independencia espacial de los sitios y evitar la atracción de individuos entre UDS, así como disminuir la autocorrelación de los estimadores de diversidad debido a la cercanía de las muestras.

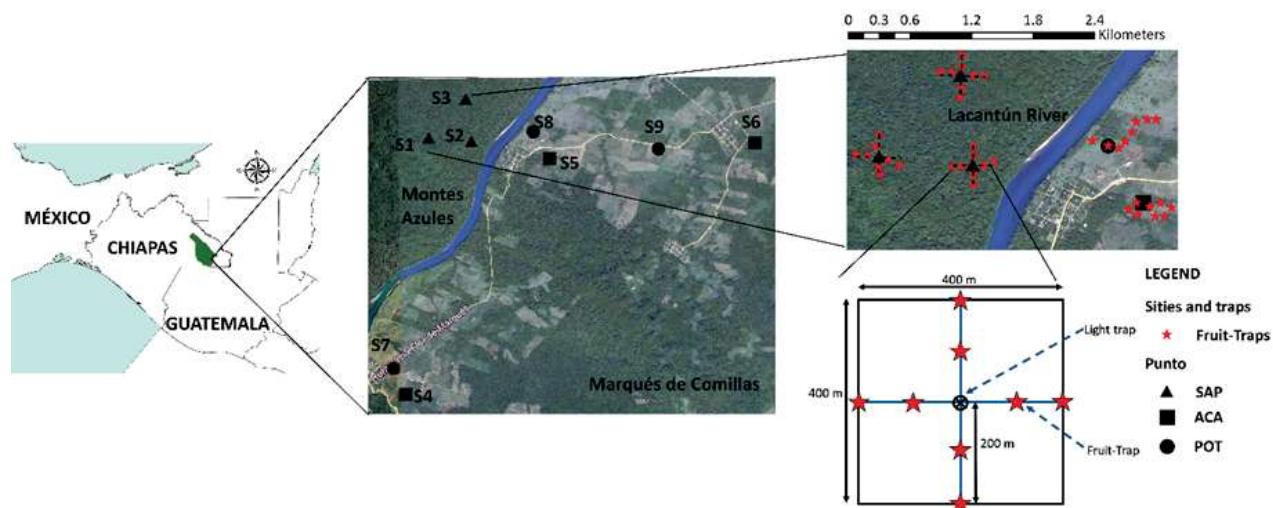


Figura 1.

Localización de los sitios de muestreo. Sitios: S₁, S₂, S₃ en SAP, S₄, S₅ y S₆ en ACA, S₇, S₈ y S₉ en POT. ⊗ ubicación de la trampa de luz; ★ ubicación de carpotrampa.

Los escarabajos se recolectaron de marzo a agosto de 2018, en el periodo de menor precipitación que va de marzo a mayo, y el mayor de junio a agosto (INE, 2000). Para incrementar la eficiencia del muestreo se utilizaron diferentes métodos de captura de escarabajos a través de recolectas nocturnas durante cinco días por sitio por dos ocasiones, con trampas de luz con diodos emisores SMD 3528 (LED) tipo pantalla de 360 a 600 lúmenes de intensidad, entre las 18:30 y 23:00 h (Morón, 2014; Pérez-Hernández *et al.*, 2017). Se hizo un lampareo sobre vegetación para la captura manual de ejemplares no atraídos por la luz (Morón, 1997; Méndez-Aguilar *et al.*, 2005; Castro-Ramírez *et al.*, 2007). Durante el día se colocaron ocho trampas con fruta fermentada y cerveza (carpotrampas) colgadas de los árboles, ubicadas a distintas alturas según las condiciones de cada sitio. Las carpotrampas se situaron sobre una línea de 200 m, a partir de la trampa de luz, orientadas cada 90°, separadas cada 100 m y permanecieron expuestas durante cinco días en cada sitio de muestreo (Morón, 1997; Morón, 2014) (Figura 1). Todos los individuos se sacrificaron en cámaras letales con acetato de etilo y luego se colocaron en alcohol al 80%.

Durante los días de muestreo a las 12:00 a.m. y 8:00 p.m. se registró en cada sitio la temperatura, humedad relativa del ambiente y velocidad del viento mediante la estación metereológica Krestel 3000. La cobertura de dosel se midió en dos ocasiones por cada sitio de SAP y ACA con un densiómetro GRS (Paletto y Tosi, 2009). Se obtuvieron datos de precipitación de la estación meteorológica de la Comisión Federal de Electricidad (Subgerencia Regional de Generación Hidráulica Grijalva) que se encuentra ubicada en el ejido de Playón de la Gloria (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables ambientales obtenidas por sitio y uso de suelo (UDS).

Sitio	UDS	T (\bar{x})	T (s)	VV (\bar{x})	VV (s)	HR (\bar{x})	HR (s)	Pp (\bar{x})	Pp (s)	Mes	Ppm
S1	SAP	26.25	1.38	0.30	0.10	81.6	3.94	13.33	14.85	Marzo	19.2
S2	SAP	26.49	1.81	0.36	0.09	84.5	6.70	8.71	11.78	Abril	15.8
S3	SAP	27.76	2.23	0.46	0.05	81.3	8.58	19.47	36.92	Mayo	284.7
S4	ACA	29.13	2.83	0.46	0.16	69.8	8.78	13.33	14.85	Junio	367.5
S5	ACA	28.82	2.18	0.49	0.18	74.1	10.16	8.71	11.78	Julio	140.9
S6	ACA	29.12	2.80	0.60	0.31	77.2	9.18	19.47	36.92	Agosto	221.5
S7	POT	27.28	2.98	1.05	0.29	73.9	11.94	13.33	14.85		
S8	POT	26.72	3.25	0.88	0.31	75.3	10.70	8.71	11.78		
S9	POT	29.31	2.64	0.97	0.28	75.9	9.49	19.47	36.92		
Total											1049.6

Sitio= sitio de muestreo; UDS= uso de suelo, SAP, ACA y POT. \bar{x} = promedio, s= desviación estándar, T= temperatura (°C), VV= velocidad del viento (m/s), HR= humedad relativa (%), Pp= precipitación (mm), Ppm= precipitación mensual (mm).

Las muestras se procesaron acorde con los métodos de Morón y Terrón (1988), a través de la preparación en seco. La identificación se basó en la clasificación supragenérica propuesta por Endrödi en 1996 y se siguieron las claves taxonómicas escritas por Vaurie (1958; 1960); Morón *et al.* (1985); Morón

et al. (1997); Ratcliffe *et al.* (2013) y Filippini *et al.* (2016). La identificación de algunos ejemplares fue corroborada por el †Dr. Enio Cano, de la Universidad del Valle y la Universidad de San Carlos en Guatemala. Los escarabajos se encuentran depositados en la Colección de Insectos Agrícolas del Proyecto “Diversidad en Sistemas de Cultivos” ECOSUR-San Cristóbal; permiso de colecta SEMARNAT- SGPA/DGVS/001893/18.

Las muestras se agruparon para cada UDS y se construyó una curva de dominancia/diversidad, con los paquetes BiodiversityR (Kindt y Coe, 2005) y Vegan (Oksanen *et al.*, 2019) en el programa estadístico R versión 3.5.2. (Core-Team, 2018). Asimismo, para comparar la diversidad entre muestras se calcularon los números efectivos de especies o números de Hill para los órdenes 0D , 1D y 2D , de los sitios y UDS (Hill, 1973; Jost, 2006).

La evaluación de la diversidad encontrada en relación con la efectividad del esfuerzo de muestreo se estimó mediante un análisis de rarefacción y extrapolación propuesto por Chao *et al.* (2014) con el paquete iNext (Hsieh *et al.*, 2016), usando el doble de individuos del sitio que obtuvo la mayor abundancia ($n= 642$ ejemplares) y el uso de suelo con más escarabajos ($n= 1094$), de la riqueza observada y esperada basada para los números efectivos de especies de los tres órdenes (0D , 1D y 2D).

Se calculó la diversidad beta (β) o tasa de recambio entre muestras (sitios y usos de suelo) para los procesos de disimilitud por recambio y anidamiento a través del paquete del programa estadístico R betapart (Baselga y Orme, 2012). Además, la abundancia de las especies de escarabajos se relacionó con los factores físico-ambientales a través de un análisis de correspondencia canónica (CCA). Las variables físico-ambientales (transformadas con el método de Hellinger) que se consideraron dentro del gradiente de alteración de SAP a POT fueron temperatura, humedad relativa, velocidad de viento, precipitación y cobertura de dosel. Dado que velocidad de viento y cobertura de dosel mostraron colinealidad estadística (VIF= 16.97 y 18.12, respectivamente) se decidió utilizar la segunda por ser considerada con mayor sentido biológico para las especies (Lassau *et al.*, 2005; Navarrete y Halffter, 2008).

Las estimaciones se llevaron a cabo con el programa R a través del paquete Vegan (Oksanen *et al.*, 2019).

Se aplicó el análisis CLAM (Chazdon *et al.*, 2011) en R studio (R Core Team, 2018), para identificar a aquellas especies que son especialistas/generalistas con los tipos de UDS estudiados. El algoritmo permite clasificar a las especies en cuatro grupos: 1) generalista, 2) especialista al hábitat A, 3) especialista al hábitat B y 4) muy rara para clasificarla con confianza (Chazdon *et al.*, 2011). El análisis CLAM se estimó en dos niveles: 1) la aproximación de categorías mayores (SAP/ACA-POT) y 2) la aproximación para cada tipo de UDS.

Resultados y discusión

Riqueza y abundancia. Se recolectaron 1266 escarabajos, Melolonthidae con 1124 ejemplares (89 %), tres subfamilias, 21 géneros y 49 especies (86 %) y morfoespecies; Cetoniidae se conformó por 142 individuos (11 %) incluidos en cuatro géneros y ocho especies (14 %). La riqueza registrada para Melolonthidae representa 18.29 % de la conocida para el estado de Chiapas, mientras que Cetoniidae el 20 %. La riqueza de Cetoniidae fue similar a lo reportado en la selva de Calakmul (Morón-Ríos y Morón, 2016). En cuanto a la temporalidad, la riqueza y abundancia más alta se presentó en los meses con menor precipitación (marzo a mayo).

Acumulación de especies y eficiencia de muestreo. El porcentaje de cobertura de la muestra total fue del 98 %. Para los UDS fue entre 96 y 98 % (Cuadro 2). El mayor número de especies raras con uno (singletons) y dos individuos (doubletons) se presentó en la SAP (Cuadro 2). La curva de acumulación de especies para el orden cero (0D) indicó que para ACA se puede alcanzar la asíntota con el triple de individuos (600 individuos), mientras que para SAP y POT con el doble de esfuerzo de muestreo (1,000 individuos).

Los intervalos de confianza al sobreponerse sugieren que la diferencia en la riqueza no difiere y que se comparten especies entre los usos de suelo; 15 especies entre SAP (40.54 %) y ACA (71.42 %), 14 entre SAP (37.83 %) y POT (43.75 %) y once entre ACA (52.38 %) y POT (34.37 %). La acumulación de especies para el orden uno (1D) señaló que los UDS alcanzarían la asíntota con poco esfuerzo de muestreo adicional; la SAP registró riqueza de 16.49 y se estimó de 17.06; mientras que para el ACA la observada fue de 9.47 y la esperada de 10.21; y la curva de POT sí alcanzó la asíntota. Para la riqueza del orden dos (2D) todos los UDS alcanzaron la asíntota.

Dominancia y diversidad alfa. Respecto a los usos de suelo, la SAP tuvo el valor más alto de equidad (0.77) y el POT la mayor dominancia (0.24). El orden cero (0D) diferenció a la SAP como la más rica en especies (37), seguido por el POT (32) y por último el ACA (21). Pero para el orden uno, la SAP obtuvo el valor teórico más alto (16.49 especies); el ACA alcanzó 9.47 especies efectivas y el POT logró 5.77. Es decir, la SAP es 1.74 y 2.84 veces más diversa que el ACA y el POT, respectivamente. De igual forma, la diversidad de orden dos apuntó a la SAP como la más diversa y al POT como el menos diverso (Cuadro 2). Estudios (Rangel-Acosta *et al.*, 2016; Ruíz-Pérez, 2017) coinciden con nuestros resultados ya que muestran que las diversidades de los tres órdenes (0D , 1D y 2D) son mayores en los sitios con cobertura forestal y que, al no haber esta, hay pérdida de especies y los ensamblajes se componen de forma distinta acorde con los usos de suelo.

Cuadro 2. Abundancia (n), cobertura de la muestra observada (SC), singletons (Single), doubletons (Double), números efectivos de especies (0D , 1D y 2D) y equitatividad (E').

UDS	n	S.Obs	SC	Single	Double	0D	1D	2D	E' = ($^2D-1$)/($^1D-1$)
SAP	516	37	0.97	13	7	37	16.49	13.06	0.77
ACA	203	21	0.96	7	3	21	9.47	6.53	0.65
POT	547	32	0.98	10	4	32	5.77	2.17	0.24

La curva de comportamiento de la dominancia/diversidad fue distinta para cada UDS. *Dyscinetus dubius* dominó y solo se registró en POT; *Diplo-taxis* sp. aff. *rita* fue dominante en SAP y en acahuales se encontró, pero con abundancias mínimas (un ejemplar); y *Phyllophaga tenuipilis* fue muy abundante en ACA y mostró abundancias intermedias en SAP y POT. Se observó que una misma especie puede presentar abundancias muy contrastantes según el tipo de UDS, por ejemplo: *Amithao cavifrons*, *Ceraspis mexicana*, *Cyclocephala lunulata* y *Euetheola humilis* (Figura 2).

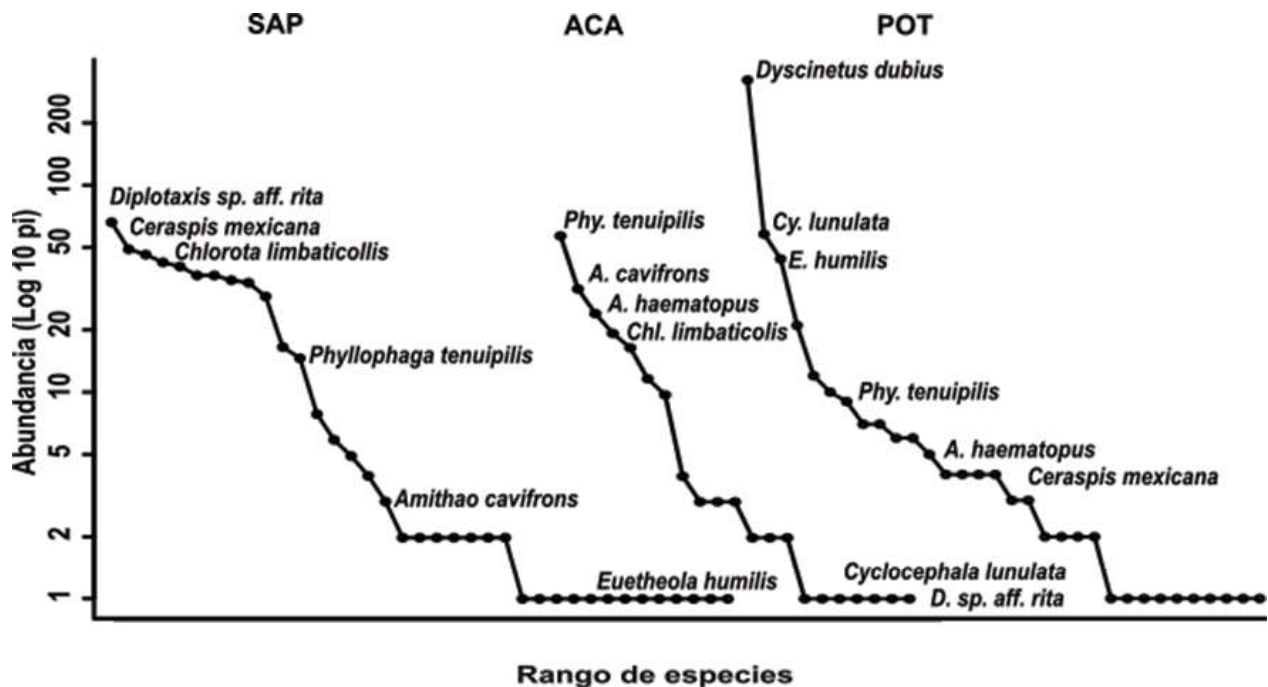


Figura 2. Curvas de dominancia/diversidad de las especies capturadas de escarabajos para usos de suelo (SAP, ACA y POT). (Phy.= *Phyllophaga*, A.= *Amithao*, Chl.= *Chlorota*, D.= *Diplo-taxis*, Cy.= *Cyclocephala*, E.= *Euetheola*).

La diversidad en POT fue baja porque la dominancia se concentró en una sola especie. La heterogeneidad de los ecosistemas con alta complejidad es-

tructural, como la SAP, pueden soportar más hábitats potenciales para un grupo diverso de fauna, así como amplias redes de interacciones que los hábitats menos complejos (Klopfer y MacArthur, 1960), como el ACA y el POT. La investigación de Pineda y colaboradores (2005) señaló que la diversidad alfa y la composición de especies de escarabajos (Scarabaeinae) en un bosque tropical montano nublado y cafetales de sombra, varió tanto o más entre sitios de muestreo que entre los dos usos del suelo. Los autores señalaron que la alta diversidad en los cafetales estaba relacionada con la permeabilidad de los bordes de hábitat con base en las barreras del paisaje; lo cual generó ofertas de alimento y la presencia de especies ocasionales. También resaltaron que algunas especies solo se encontraron en el bosque tropical, lo cual podría ser resultado de las características climáticas (nubosidad, lluvia, humedad), así como, perturbaciones antrópicas y la peculiar composición arbórea, elementos propios de los ecotonos entre los dos tipos de uso del suelo.

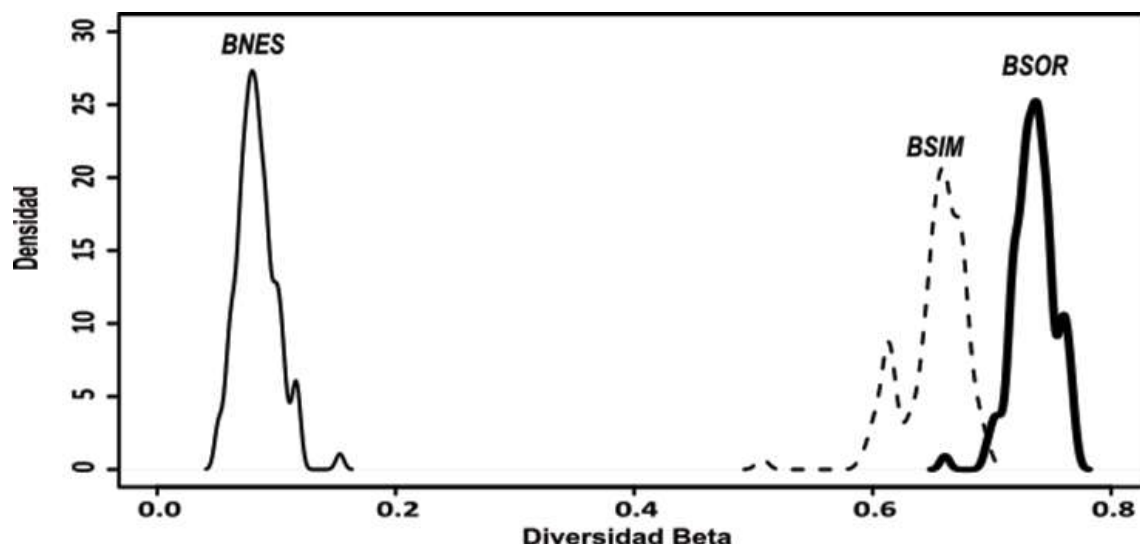


Figura 3. Distribución de los valores de disimilitud total (β_{SOR}), por recambio (β_{SIM}) y por anidamiento (β_{NES}) para nueve sitios de captura de melolóntidos y cetónidos en la REBIMA y los ejidos del municipio de Marqués de Comillas, Chiapas, México, 2018.

Diversidad beta y composición de especies. La diferencia en las especies registradas basadas en los sitios de muestreo (β_{SOR}) resultó de 0.78; mientras que, los procesos de anidamiento y recambio fueron de $\beta_{NES} = 0.07$ (8.89 %) y $\beta_{SIM} = 0.71$ (90.21 %), respectivamente (Figura 3). Es decir, la diversidad beta para el conjunto de sitios se explicó por el recambio de especies (β_{SIM} , Figura 4 A) y en menor medida por anidamiento (β_{NES} , Figura 4 B).

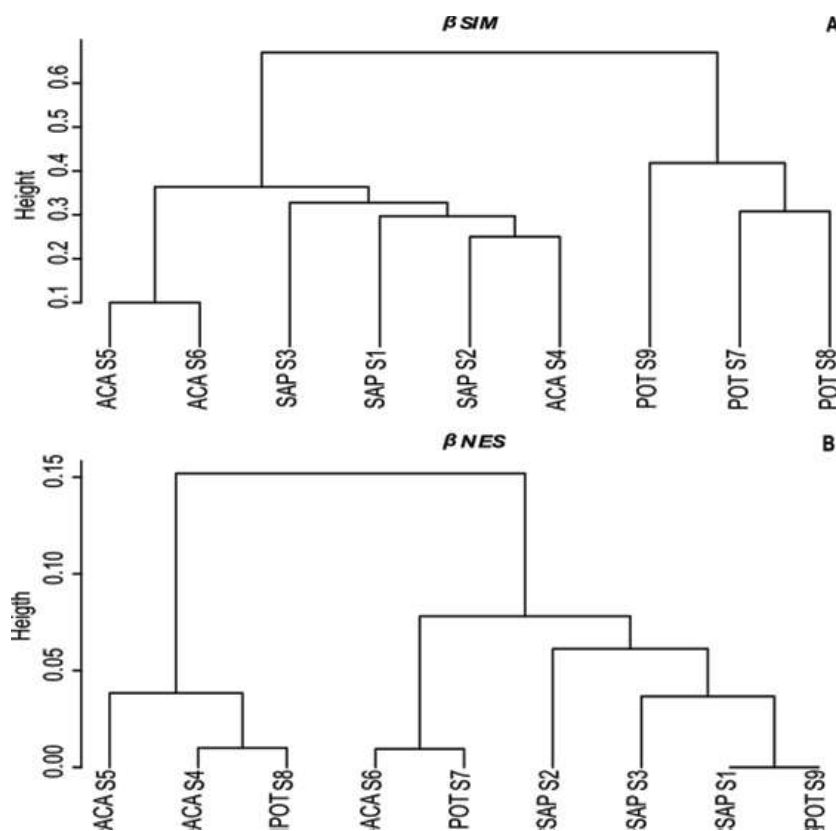


Figura 4. Variación del ensamblaje de escarabajos explicada por el recambio (β_{SIM} , A) y anidamiento (β_{NES} , B) en los sitios (S) de captura en la REBIMA y los ejidos del municipio de Marqués de Comillas.

La separación de los sitios en dos clados (Figura 4A), explicada por el recambio de especies de escarabajos, indica clara diferencia entre los sitios de

SAP (S₁, S₂ y S₃) y ACA (S₄, S₅ y S₆) con respecto a los de POT (S₇, S₈ y S₉). Mientras que, por anidamiento, los sitios S₉, S₇ y S₈ fueron categorizados como subconjuntos de SAP y ACA (Figura 4B). En este sentido, la variación específica entre ensamblajes de escarabajos se debe a la pérdida y el remplazo de algunas especies por otras entre los UDS (Baselga, 2012). El porcentaje de especies del ACA que compartió con la SAP fue de 71 %, mientras que la proporción del POT con la SAP fue de 43 %. La proporción de especies de escarabajos compartidas entre ACA y POT con la SAP puede estar directamente relacionada con la configuración espacial entre fragmentos de vegetación en diferentes estados sucesionales (Silva *et al.*, 2016) como sucedió como los sitios de SAP.

Se ha documentado que en ecosistemas como los bosques tropicales lluviosos, las variaciones en la diversidad beta están influenciadas por un conjunto de factores como: la dispersión, la especiación y la heterogeneidad del hábitat a nivel de sitio (Condit *et al.*, 2002). Los ensamblajes de las especies de escarabajos se relacionan con la complejidad de los hábitats y los procesos que existen en los diferentes UDS (Lassau *et al.*, 2005). Los paisajes antropizados pueden reorganizar radicalmente la estructura espacial de los ensamblajes de escarabajos de SAP y es donde los remplazos de especies se presentan; la configuración a nivel de hábitat influye de manera contundente en la diversidad beta (Filgueiras *et al.*, 2016). El aumento del recambio entre especies de diferentes UDS se espera que ocurra entre comunidades de escarabajos que no habitan en los bosques, particularmente aquellas que están adaptadas a matrices de hábitats contrastantes en términos de composición y estructura de la vegetación (Filgueiras *et al.*, 2016). El remplazo de selva tropical por pastizales reduce la riqueza y promueve el recambio de especies.

Ensamblajes de escarabajos y variables físico-ambientales. Los valores de temperatura y velocidad de viento fueron menores en los sitios de SAP que ACA y POT. La humedad relativa fue mayor en la SAP. La precipitación

osciló a lo largo de los meses de muestreo, fue mayor de mayo a agosto y el mes con más lluvia fue junio (Cuadro 1). El análisis de correspondencia canónico explicó el 60 % (ambos ejes principales) de la varianza del ensamblaje de escarabajos total con significancia estadística (0.019, $p < 0.05$). El parámetro más importante fue la humedad relativa (0.002, $p < 0.01$), le siguieron la temperatura (0.067, $p < 0.1$), cobertura de dosel (0.084, $p < 0.1$), velocidad de viento (0.093, $p < 0.1$) y la precipitación ($p > 0.911$). Los ensamblajes de escarabajos de los sitios de SAP estuvieron relacionados con la humedad relativa y la cobertura de dosel; los sitios de ACA y sus ensamblajes de escarabajos con la precipitación y la temperatura. Se observó mayor cantidad de especies compartidas entre los ensamblajes de SAP y ACA (Figura 5).

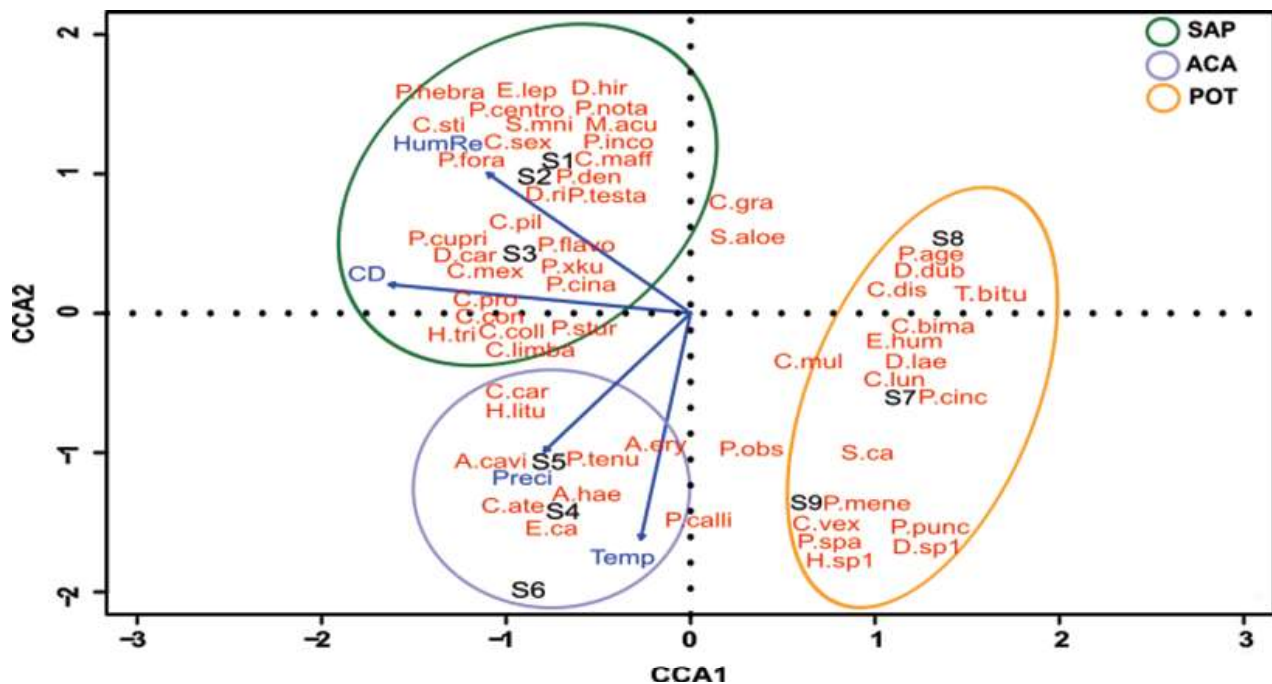


Figura 5. Análisis de correspondencia canónica entre las variables ambientales y los ensamblajes de escarabajos. Vectores: HumRe= humedad relativa, CD= cobertura de dosel, Preci= precipitación, Temp= temperatura (Clave de las especies en el Anexo 1).

Los resultados revelan que la humedad relativa, cobertura de dosel, temperatura y precipitación son parámetros ambientales esenciales para definir los ensamblajes de escarabajos melolontidos y cetónidos en los diferentes UDS; particularmente los de SAP y ACA. La precipitación es considerada una de las principales variables ambientales que explican las altas abundancias de estos escarabajos (Castro-Ramírez *et al.*, 2005). El ensamblaje de escarabajos en POT responde a parámetros diferentes, propios de lugares abiertos con cambios bruscos de temperatura, menor humedad y mayor velocidad de viento.

García-López *et al.* (2012) señalaron que en un bosque tropical de tierras bajas y montaña (Costa Rica), de manera conjunta, la temperatura y humedad explicaron los patrones de diversidad de Melolonthidae; para Dynastinae y Rutelinae la temperatura fue el parámetro relacionado con altas riquezas de especies, mientras que Melolonthinae no respondió a una variable en particular, sino el conjunto de éstas. Estos mismos autores documentaron que la humedad presentó menor relación con los ensamblajes; caso contrario a lo que ocurrió para los escarabajos de la REBIMA y Marqués de Comillas.

Queda claro que conforme aumenta el gradiente de perturbación (de SAP a POT) los cambios en los factores físico-ambientales definen y moldean los ensamblajes de escarabajos. Es decir, la reducción de nichos y recursos provoca que en las zonas perturbadas dominen especies generalistas, oportunistas y tolerantes sin que haya equidad en sus abundancias (Cajaiba *et al.*, 2017).

Clasificación de especies. El modelo CLAM identificó, para el primer nivel de análisis (ACA-POT vs SAP), que, de 57 especies registradas, ocho (14.04 %) fueron especialistas con los sitios de SAP, mientras que cinco (8.7 %) a ACA-POT. La comparación para la categoría entre SAP y ACA mostró que, de 43 especies presentes en ambas condiciones, nueve (20.9 %) fueron especialistas en ambos UDS. Por último, al analizar las 55 especies entre SAP y POT,

14 (25.45 %) resultaron especialistas a SAP, mientras que solo tres (5.45 %) a POT (Figura 6).

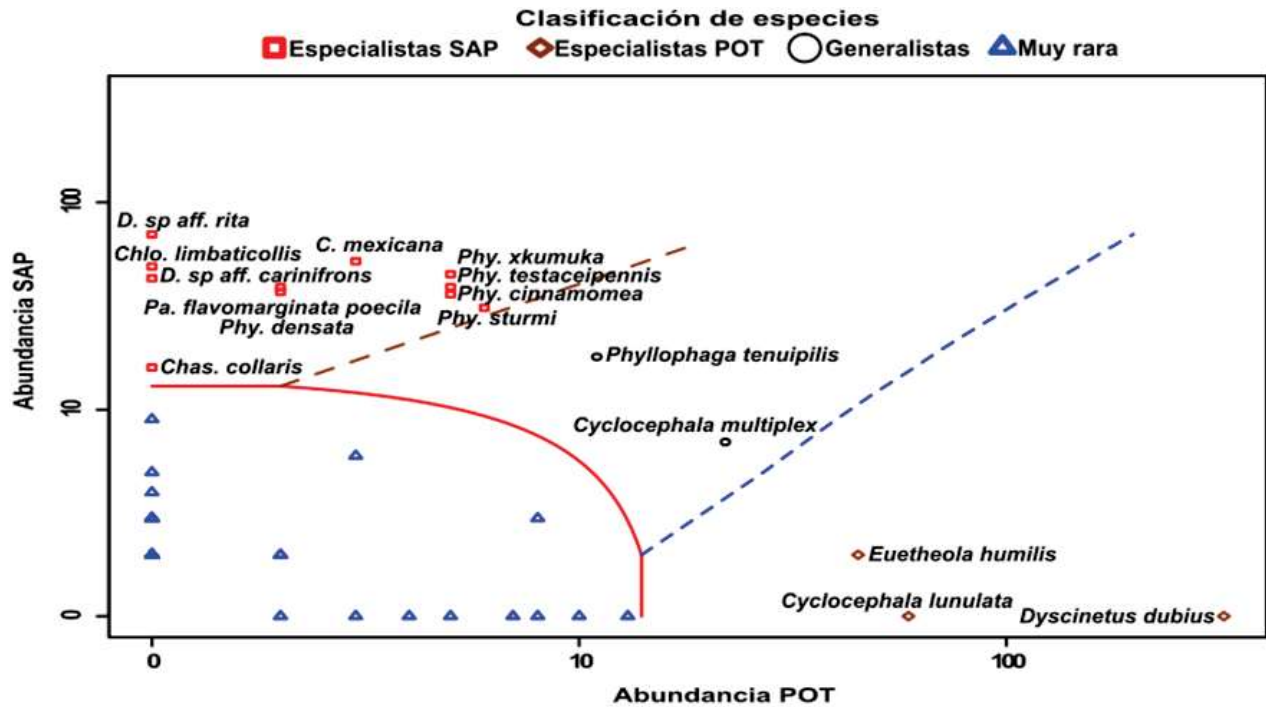


Figura 6. Clasificación de las especies de escarabajos (SAP vs. POT). Generalistas= especies presentes tanto a SAP como POT. Muy rara= especies consideradas muy raras para poder ser clasificadas. Las líneas representan los umbrales de CLAM para cada una de las categorías. Phy= *Phyllophaga*; D= *Diplotaxis*; Chlo= *Chlorota*; Pa= *Paragymnetis*; Chas= *Chasmodia*.

Resulta interesante que la composición de especies asociadas a SAP estuviera caracterizada por melolóntinos, específicamente por los géneros *Phyllophaga* y *Diplotaxis* y no por dinastinos y rutelinos, dadas las particularidades expuestas por Morón (1997) como subfamilias con capacidad de ser bioindicadores ecológicos. Las especies que mostraron asociación con POT

fueron: *Cyclocephala lunulata*, *Dyscinetus dubius* y *Euetheola humilis*. Estas especies se caracterizan por tener amplia distribución, ser plagas de algunos cultivos producidos en la zona de estudio, estar asociados a suelos con bajo porcentaje de materia orgánica, presentar ciclos anuales y por estar relacionados a zonas con vegetación secundaria y sitios perturbados (White, 1990; Morón *et al.*, 1997; Flanders *et al.*, 2000; Díaz *et al.*, 2006; Bernardi *et al.*, 2008; Stechauner-Rohringer y Pardo-Locarno, 2010; Aragón-García *et al.*, 2012; Ratcliffe *et al.*, 2013).

Conclusiones

El ensamblaje de escarabajos de las familias Cetoniidae y Melolonthidae de la selva alta perennifolia (SAP) de la REBIMA, presentó mayor diversidad y equitatividad entre sus especies. Los correspondientes a acahual (vegetación secundaria) y potrero (POT) son inequitativos y menos diversos.

La diversidad beta entre los tres UDS se explica por recambio de especies de escarabajos. Las diferencias en la composición y recambio espacial de los ensamblajes de escarabajos melolóntidos y cetónidos se relacionan directamente con el cambio en las variables ambientales (temperatura, humedad relativa, precipitación y cobertura de dosel) por la perturbación antropogénica de la selva alta perennifolia.

Las especies de la subfamilia Melolonthinae (*Ceraspis mexicana*, *Diplo-taxis* sp. aff. *carinifrons*, *D.* sp. aff. *rita*, *Phyllophaga densata*, *Phy. xkumuka*, *Phy. cinnamomea* y *Phy. testaceipennis*) y de la familia Cetoniidae (*Paragymnetis flavomarginata poecila*) conformaron la asociación con la SAP. *Amithao cavifrons*, *A. haematopus*, *Euphoria cadezei* (Cetónidos) y *Phyllophaga tenuipilis* (Melolonthinae) estuvieron asociadas al ACA. Y las asociadas con POT fueron *Cyclocephala lunulata*, *Dyscinetus dubius* y *Euetheola humilis*.

Agradecimientos

Agradecimiento especial para los colaboradores en campo y las instituciones facilitadoras para llevar a cabo esta investigación. Asimismo, un agradecimiento muy especial a la Dra. Adriana Elena Castro-Ramírez y al Dr. Enio Boanerges Cano Dávila hasta donde quieran que estén, descansen en paz.

Literatura citada

- Aragón, A., Morón, M.Á., Damián-Huato, M.Á., López-Olguín, JF., Pinson-Rincón, EP., Pérez-Quintanilla, JN. 2012. Fauna de Coleoptera Lamellicornia de la zona cañera del ingenio de Atencingo, Puebla, México. *Acta Zool. Mex.* 28: 161–171.
- Baselga, A. 2012. The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 21: 1223–1232.
- Baselga, A., Orme, CDL. 2012. Betapart: An R package for the study of beta diversity. *Methods Ecol. Evol.* 3: 808–812.
- Bernardi, O., Garcia, MS., Da Cunha, US., Back, ECU., Bernardi, D., Ramiro, GA., Finkenauer, EE. 2008. Ocorrência de *Euetheola humilis* (Burmeister) (Coleoptera: Scarabaeidae) em *Eucalyptus saligna* Smith (Myrtaceae), no Rio Grande do Sul. *Neotrop. Entomol.* 37: 100–103.
- Bocco, G., Mendoza, M., Masera, OR. 2001. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investig. Geográficas, Boletín del Inst. Geogr. UNAM.* 44:18–38.
- Cajaiba, RL., Périco, E., Dalzochio, MS., da Silva, WB., Bastos, R., Cabral, JA., Santos, M. 2017. Does the composition of Scarabaeidae (Coleoptera) communities reflect the extent of land use changes in the Brazilian Amazon? *Ecol. Indic.* 74: 285–294.

- Castillo, M-A., de Jong, B., Maldonado Montero, V., Olgúin Álvarez, M., de la Cruz Arias, V, Paz Pellat, F., Jiménez Ferrer, G. 2007. Modelo de deforestación para el estado de Chiapas. México, Chiapas. 31 p.
- Castro-Ramírez, AE., Delfín-González, H., Parra-Tabla, V., Morón, MÁ. 2005. Fauna de melolóntidos (Coleoptera: Scarabaeoidea) asociados al maíz (*Zea mays* L.) en Los Altos de Chiapas, México. *Folia Entomol. Mex.* 44: 339-365.
- Castro-Ramírez, AE., Méndez Aguilar, M de J., Ramírez-Salinas, C. 2007. Herramientas metodológicas para el estudio agroecológico de melolóntidos (Coleoptera). En JF. López Olgúin, A. Aragón García, AM. Tapia Rojas (Eds.), *Avances en agroecología y ambiente*. Vol. 1. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. pp. 289-302.
- Challenger, A., Soberón, J. 2008. Los ecosistemas terrestres. En J. Sarukhán Cord., *Capital Natural de México, vol I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO. México. pp. 87-108.
- Chao, A., Gotelli, NJ., Hsieh, TC., Sander, EL., Ma, KH., Colwell, RK., Ellison, AM. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecol. Monogr.* 84: 45-67.
- Chazdon, RL., Chao, A., Colwell, RK., Lin, S-Y., Norden, N., Letcher, SG., Clark, DB., Finegan, B., Arroyo, JP. 2011. A novel statistical method for classifying habitat generalists and specialists. *Ecology.* 92: 1332-1343.
- Condit, R., Pitman, N., Leigh, EG., Chave, J., Terborgh, J., Foster, RB., Núñez, P., Aguilar, S., Valencia, R., Villa, G., Muller-Landau, HC., Losos, E., Hubbell, SP. 2002. Beta-Diversity in Tropical Forest Trees. *Sci. New Ser.* 295: 666-669.
- Díaz, P., Nájera Rincón, MB., Lezama Gutiérrez, R., Rebolledo Domínguez, O., Flores López, HE., Martínez Sifuentes, JA. 2006. Especies de gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) y su asociación con factores agroclimáticos y de manejo del maíz en los Altos de Jalisco. *Fitosanidad.* 10: 209-215.

- Endrödi, S. 1996. Monographie der Dynastinae (Coleoptera: Lamellicornia) I. Tell. Entomologische Abhandlungen Staatliches Museum Für Tierkunde in Dresden. 22: 1-460.
- Favila, ME. 2004. Los Escarabajos y la fragmentación. En S. Guevara, J. Laborde, G. Sánchez-Ríos (Eds), Los Tuxtlas: el paisaje de la sierra. INECOL. Xalapa, Veracruz. pp. 135-157.
- Filgueiras, BKC., Tabarelli, M., Leal, IR., Vaz-de-Mello, FZ., Peres, CA., Iannuzzi, L. 2016. Spatial replacement of dung beetles in edge-affected habitats: Biotic homogenization or divergence in fragmented tropical forest landscapes? *Divers. Distrib.* 22: 400-409.
- Filippini, V., Micó, E., Galante, E. 2016. Checklist and identification key of Anomalini (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae) of Costa Rica. *Zookeys.* 621: 63-136.
- Flanders, KL., DeLamar, ZD., Lago, PK. 2000. *Phyllophaga* and related species (Coleoptera: Scarabaeidae) collected in black-light traps in Alabama pastures. *J. Entomol. Sci.* 35: 311-326.
- García-Atencia, S., Martínez-Hernández, N., Luis, Y., Pardo-Locarno, C. 2015. Escarabajos fitófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un fragmento de bosque seco tropical del departamento del Atlántico, Colombia. *Rev. Mex. Biodivers.* 86: 754-763.
- García-López, A., Micó, E., Galante, E. 2012. From lowlands to highlands: Searching for elevational patterns of species richness and distribution of scarab beetles in Costa Rica. *Divers. Distrib.* 18: 543-553.
- Hill, MO. 1973. Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology.* 54: 427-432.
- Hsieh, TC., Ma, KH., Chao, A. 2016. Interpolation and Extrapolation for Species Diversity. (Hill numbers). *Methods Ecol. Evol.* 7: 1451-1456.
- INE. 2000. Programa de manejo Reserva de la Biósfera Montes Azules. Primera ed. Dirección de Publicaciones de la Dirección Ejecutiva de Participación Social E y C, editor. Instituto Nacional de Ecología. México. 256 p.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *OIKOS.* 113: 363-375.

- Kindt, R, Coe, R. 2005. Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. World Agroforestry Centre (ICRAF). Nairobi, Kenya. 10 p.
- Klopfer, PH., MacArthur, RH. 1960. Niche Size and Faunal Diversity. *Am. Nat.* 94: 293-300.
- Lassau, SA., Hochuli, DF., Cassis, G., Reid, C. 2005. Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently? *Divers. Distrib.* 11: 73-82.
- Mas, J-F., Velázquez, A., Couturier, S. 2009. La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. *Investig. Ambient.* 1:23-39.
- Méndez-Aguilar, M de J., Castro-Ramírez, AE., Alvarado Barrantes, R., Pacheco-Flores, C., Ramírez-Salinas, C. 2005. Eficacia de dos tipos de recolecta para registrar la diversidad de melolóntidos nocturnos (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Acta Zool. Mex. (n. s.)* 21: 109-124.
- Mendoza, E., Faym J., Dirzom R. 2005. A quantitative analysis of forest fragmentation in Los Tuxtlas, southeast Mexico: patterns and implications for conservation. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 78: 451-467.
- Miranda, F., Hernández, E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. México.* 28:29-179.
- Morón, MÁ. 1997. Inventarios faunísticos de los Coleoptera Melolonthidae Neotropicales con potencial como bioindicadores. *G. it. Ent.* 8: 265-274.
- Morón, MÁ. 2014. Los escarabajos lamelicornios como indicadores ecológicos y biogeográficos. En CA. González Zuarth, A. Vallarino, JC. Pérez Jiménez, AM. Low Pfeng (Eds.), *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental.* México: INNEC-ECOSUR. pp. 309-326.
- Morón, MÁ., Terrón, R. 1988. *Entomología práctica: una guía para el estudio de los insectos con importancia agropecuaria, médica, forestal y ecológica de México.* Instituto de Ecología A.C. Sociedad Mexicana de Entomología. México. 504 p.
- Morón-Ríos, A., Morón, MÁ. 2016. Evaluación de la Fauna de Coleoptera Sca-

- rabaeoidea en la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche, México. *Southwest. Entomol.* 41: 469–484.
- Morón, M.Á., Villalobos, FJ., Deloya, C. 1985. Fauna de coleopteros lamelicornios de Boca del Chajul, Chiapas, México. *Folia Entomol. Mex.* 66: 57–118.
- Morón, M.Á., Ratcliffe, BC., Deloya, C. 1997. Atlas de los escarabajos de México. *Coleoptera: Lamellicornia*. Vol. I. Familia Melolonthidae. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Sociedad Mexicana de Entomología (SME). 280p.
- Navarrete, D., Halffter, G. 2008. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) diversity in continuous forest, forest fragments and cattle pastures in a landscape of Chiapas, México: the effects of anthropogenic changes. *Biodivers. Conserv.* 17: 2869–2898.
- Oksanen, J., Blanchet, FG., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., Mcglinn, D., Minchin, PR., O'hara, RB., Simpson, GL., Solymos, P., et al. 2019. *vegan: Community Ecology Package*. 297. Paquete de R versión 2.5-4. <https://cran.r-project.org>
- Paletto, A., Tosi, V. 2009. Forest canopy cover and canopy closure: comparison of assessment techniques. *Eur J For. Res.* 128: 265–272.
- Pérez-Hernández, CX., Luna-Gómez, MI., Fuentes Barradas, AE., Rodríguez Miranda, LA., Guerrero Fuentes, DR., Ramírez Ballesteros, M., García Calzada, F., Rodríguez-Moreno, Á., Gutiérrez-Granados, G. 2017. Eficiencia de trampas “pitlight” con LED para el muestreo de Coleoptera nocturnos (Insecta) en selvas tropicales. *Acta Zool. Mex.* 33: 314–327.
- Pineda, E., Moreno, C., Escobar, F., Halffter, G. 2005. Frog, Bat, and Dung Beetle Diversity in the Cloud Forest and Coffee Agroecosystems of Veracruz, México. *Conserv. Biol.* 19: 400–410.
- Core-Team R. 2018. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Version 3.5.2.
- Rangel-Acosta, JL., Martínez-Hernández, NJ., Gutiérrez-Rapalino, BP., Gutiérrez-Moreno, LC., Borja-Acuña, RA. 2016. Efecto del tamaño de la ronda hidráulica sobre las comunidades de escarabajos coprófagos (Sacara-

- baeidae: Scarabaeinae) en la cuenca media y baja del río Cesar, Colombia. *Entomotrópica*, 31: 109–130.
- Ratcliffe, BC., Cave, RD., Cano, EO. 2013. The Dynastinae Scarab Beetles of Mexico, Guatemala and Belize. Ratcliffe BC, editor. Nebraska, United States of America: Bulletin of the Nebraska State Museum. 666 p.
- Ruíz-Pérez, I. 2017. Efecto del manejo forestal sobre los escarabajos copro-necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en el Ejido Monte Sinai II, Cintalapa, Chiapas. [Tesis de Maestría en Ciencias] El Colegio de la Frontera Sur, 116 p.
- Rzedowski, J. 2006. Bosque tropical perennifolio. En J. Rzedowski, Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 169-189.
- Silva, RJ., Storck-Tonon, D., Vaz-de-Mello, FZ. 2016. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) persistence in Amazonian forest fragments and adjacent pastures: biogeographic implications for alpha and beta diversity. *J. Insect Conserv.* 20 :549–564.
- Stechauner-Rohringer, R., Pardo-Locarno, LC. 2010. Redescrición de inmaduros, ciclo de vida, distribución e importancia agrícola de *Cyclocephala lunulata* Burmeister (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae) en Colombia. *bol.cient.mus.hist.nat.* 14: 203–220.
- Vaurie, P. 1958. A revision of the genus *Diplotaxis* (Coleoptera, Scarabaeidae, Melolonthinae). Part 1. *Bull. Am. Museum Nat. Hist.* 115: 269–396.
- Vaurie, P. 1960. A revision of the genus *Diplotaxis* (Coleoptera, Scarabaeidae, Melolonthinae). Part 2. *Bulletin Am. Museum Nat. Hist.* 120: 167–432.
- White, WH. 1990. Flight and feeding activity of the sugarcane beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) in Louisiana. *J. Agric. Entomol.* 7: 103–111.

Anexo 1. Códigos de las especies de Melolonthidae y Cetoniidae

Código	Especie	Código	Especie
<i>A.cavi</i>	<i>Amithao cavifrons</i> (Burmeister)	<i>E.lep</i>	<i>Euphoria</i> sp. aff. <i>leprosa</i>
<i>A.ery</i>	<i>Amithao erythropus</i> (Burmeister)	<i>H.tri</i>	<i>Homophileurus tricuspis</i> Prell
<i>A.hae</i>	<i>Amithao haematopus</i> (Schaum)	<i>H.sp1</i>	<i>Hoplia</i> sp. 1
<i>C.bima</i>	<i>Callistethus bimaculatus</i> Blanchard	<i>H.litu</i>	<i>Hoplopyga liturata</i> Olivier
<i>C.mex</i>	<i>Ceraspis mexicana</i> Harold	<i>M.acu</i>	<i>Mimeoma acuta</i> Arrow
<i>C.pil</i>	<i>Ceraspis pilatei</i> Harold	<i>P.flavo</i>	<i>Paragymnetis flavomargi-</i> <i>nata poecila</i> Schaum
<i>C.coll</i>	<i>Chasmodia collaris</i> Blanchard	<i>P.hebra</i>	<i>Paragymnetis hebraica</i> <i>difficilis</i> Burmeister
<i>C.vex</i>	<i>Chlaenobia vexata</i> Horn	<i>P.calli</i>	<i>Paranomala calligrapha</i> Bates
<i>C.limba</i>	<i>Chlorota limbaticollis</i> Blanchard	<i>P.cinc</i>	<i>Paranomala cincta</i> Say
<i>C.ate</i>	<i>Cnemida aterrima</i> Bates	<i>P.cupri</i>	<i>Paranomala cupricollis</i> Chevrolat
<i>C.car</i>	<i>Cyclocephala carbonaria</i> Arrow	<i>P.fora</i>	<i>Paranomala foraminosa</i> Bates
<i>C.con</i>	<i>Cyclocephala concolor</i> Burmeister	<i>P.inco</i>	<i>Paranomala inconstans</i> Burmeister
<i>C.dis</i>	<i>Cyclocephala discolor</i> Herbst	<i>P.cen-</i> <i>tro</i>	<i>Pelidnota centroamericana</i> Ohaus
<i>C.gra</i>	<i>Cyclocephala gravis</i> Bates	<i>P.nota</i>	<i>Pelidnota notata</i> Blanchard
<i>C.lun</i>	<i>Cyclocephala lunulata</i> Burmeis- ter	<i>P.punc</i>	<i>Pelidnota punctulata</i> Linnaeus
<i>C.maff</i>	<i>Cyclocephala mafaffa</i> Buermeister	<i>P.cina</i>	<i>Phyllophaga cinnamomea</i> Blanchard
<i>C.mul</i>	<i>Cyclocephala multiplex</i> Casey	<i>P.den</i>	<i>Phyllophaga densata</i> Moser

<i>C.pro</i>	<i>Cyclocephala prolognata</i> Arrow	<i>P.mene</i>	<i>Phyllophaga menetriesi</i> Blanchard
<i>C.sex</i>	<i>Cyclocephala sexpunctata</i> Laporte	<i>P.obs</i>	<i>Phyllophaga obsoleta</i> Blanchard
<i>C.sti</i>	<i>Cyclocephala stictica</i> Buermeister	<i>P.spa</i>	<i>Phyllophaga sp. aff. spaethi</i>
<i>D.hir</i>	<i>Diplotaxis hirsuta</i> Vaurie	<i>P.stur</i>	<i>Phyllophaga sturmi</i> Bates
<i>D.sp1</i>	<i>Diplotaxis sp. 1</i>	<i>P.tenu</i>	<i>Phyllophaga tenuipilis</i> Bates
<i>D.car</i>	<i>Diplotaxis sp. aff. carinifrons</i>	<i>P.testa</i>	<i>Phyllophaga testaceipennis</i> Blanchard
<i>D.ri</i>	<i>Diplotaxis sp. aff. rita</i>	<i>P.xku</i>	<i>Phyllophaga xkumuka</i> Morón
<i>D.dub</i>	<i>Dyscinetus dubius</i> Olivier	<i>P.age</i>	<i>Podischnus agenor</i> Olivier
<i>D.lae</i>	<i>Dyscinetus laevipunctatus</i> Bates	<i>S.mni</i>	<i>Spodistes mniszechi</i> Thomson
<i>E.hum</i>	<i>Euetheola humilis</i> Burmeister	<i>S.ca</i>	<i>Stenocrates canuli</i> Delgado
<i>E.ca</i>	<i>Euphoria cadezei</i> Jason	<i>S.aloe</i>	<i>Strategus aloeus</i> Linnaeus
		<i>T.bitu</i>	<i>Tomarus bituberculatus</i> Palisot de Beauvois

Caracteres morfológicos de importancia taxonómica para la identificación de larvas de tercer estadio de Coleoptera Melolonthidae

Víctor Alfonso Cuate-Mozo^{1*}
Agustín Aragón García¹
Jhovana Pamela Márquez-Manzano¹
Miguel Aragón-Sánchez¹
Betizabeth Cecilia Pérez-Torres¹
Gabriel Antonio Lugo-García²

Resumen

Las larvas del complejo gallina ciega se consideran como una de las principales plagas edíficalas que se han reportado afectando diversos cultivos, a nivel nacional, muchas veces no se especifica su identidad y erróneamente es conocida como "*Phyllophaga* sp." El tercer estadio larvario reúne caracteres taxonómicos confiables para identificar, sobre todo en las piezas bucales y en el último segmento abdominal. El objetivo de este trabajo consiste en proporcionar información de los caracteres utilizados para realizar las descripciones morfológicas de las especies del complejo gallina ciega de la familia Melolonthidae.

Palabras clave: *gallina ciega, taxonomía, morfología.*

¹ Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. C.P. 72570, EcoCampus Valsequillo. Edificio VAL 1, Km 1.7 carretera San Baltazar Tetela, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México.

² Universidad Autónoma de Sinaloa, Colegio de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Calle 16 y Avenida Japaraqui, C.P. 81110, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México.

*Autor de correspondencia: pneuma@hotmail.com

Introducción

Dentro del orden Coleoptera se encuentra la superfamilia Scarabaeoidea es un grupo muy diversificados que, a nivel mundial se han descrito más de 35,000 especies, de las cuales aproximadamente 1,820 se han registrado para México, incluidas en 22 subfamilias integradas en 12 familias (Morón, 2010). Su importancia ecológica se debe a su gran diversidad genérica, específica, y por actuar como consumidores primarios (Morón y Terrón, 1988), contribuyen a una gran variedad de procesos ecológicos del suelo, como el transporte y asimilación de nutrientes, así como el aumento de la porosidad, aireación, infiltración y fertilidad del suelo (Romero-López *et al.*, 2010). Las especies de la familia Melolonthidae en estado adulto presentan diferentes hábitos alimenticios (Morón, 2010), su estado inmaduro es conocido como “gallina ciega”, gusanos blancos o nixticuiles, forman parte importante de la fauna edáfica (Morón, 2001), se les ha conocido como plagas rizófagas sin conocer la importancia de las diferentes interacciones que juegan dentro del ecosistema, por lo que algunos autores los han descrito como “ingenieros del suelo”, por lo que no necesariamente deberían ser llamadas plagas (Pardo *et al.*, 2003; Romero-López *et al.*, 2010). Sin embargo, algunas especies de la familia Melolonthidae, que pertenecen a los géneros *Phyllophaga*, *Listrochelus*, *Chlaenobia*, *Paranomala*, *Cyclocephala* y *Ligyris*, se les han reportado como plagas de suelo, y se han mencionado causando daño en el sistema radical en más de 40 cultivos alimenticios, consumiendo el 50% de las plántulas de ciclos anuales, provocando disminución del rendimiento de las cosechas (Morón, 1984; 2004).

En las últimas décadas se le ha tomado importancia por su asociación a cultivos, han sido poco estudiados aun cuando se reportan en suelos agrícolas en el país (Aragón *et al.*, 2003). Se conoce poco sobre la identidad de las larvas escarabeiformes presentes en las parcelas agrícolas y, erróneamente, muchos estudios se refieren a *Phyllophaga* spp., cuando en realidad puede estar presente un complejo de géneros y especies, con distintos

hábitos alimentarios; cuando se trata de controlar plagas subterráneas es indispensable conocer las características morfológicas, la biología, ciclos de vida, y la identificación precisa de las especies asociadas al cultivo, para identificar aquellas especies potenciales a convertirse plagas y no poner en riesgo a las especies benéficas (Ramírez-Salinas *et al.*, 2000, 2001; Morón y Rodríguez-del Bosque, 2010; Aragón-Sánchez *et al.*, 2018). Tomando en cuenta esta información es necesario intensificar el estudio taxonómico y morfológico de los estados inmaduros de la familia melolonthidae, junto con su biología y descripción de otras larvas del complejo gallina ciega, se podría definir los caracteres morfológicos necesarios para su identificación (Cuate-Mozo *et al.*, 2023), también es recomendable evaluar la composición específica del complejo gallina ciega en cada localidad, para evitar o disminuir los efectos de los medios de control sobre las poblaciones de especies benéficas (Morón *et al.*, 2016). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es proporcionar información de los caracteres utilizados para realizar las descripciones morfológicas de las especies del complejo gallina ciega de la familia melolonthidae.

Material y métodos

El trabajo se realizó con la revisión de especímenes del tercer estadio larvario, así como la revisión de los siguientes artículos: Cuate-Mozo *et al.*, 2020, 2022, 2023, 2024; Morón, 1986, 2003, 2016; Ramírez-Salinas *et al.*, 2000, 2004, 2010. La terminología utilizada en este trabajo sigue la propuesta de Böving (1936). Las estructuras de la epifaringe, el raster y la forma de palidia fueron observadas con un estereomicroscopio Carl Zeiss. Las ilustraciones se hicieron con un estereomicroscopio Carl Zeiss y una cámara clara de dibujo, las fotografías fueron tomadas con una cámara réflex Nikon D7500 y un lente Laowa 25mm f/2.8 2.5-5X Ultra Macro, a diferentes enfoques de profundidad, las cuales posteriormente fueron ensambladas mediante el programa Helicon Focus v.

6.7.1. Los especímenes revisados se encuentran depositados en la Colección Entomológica “Miguel Ángel Morón Ríos” del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (ICUAP).

Resultados y discusión

La taxonomía de los estados inmaduros ha sido lenta principalmente por su ciclo de vida anual, y los factores abióticos que limitan la obtención de la relación larva-adulto necesario para confirmar e identificar la larva. En cuanto al conocimiento de la morfología de los estados inmaduros, por su abundancia e importancia económica agrícola o forestal, el género *Phyllophaga* ha sido el más estudiado, presenta una mayor distribución, del cual se tiene un registro aproximado de 292 especies, la mayor parte de las cuales no se alimentan con raíces y no afectan a los cultivos, solo se ha descrito la morfología de 21 especies en su estado inmaduro (Morón, 1986, 2016; Cuate-Mozo *et al.*, 2020). Otro género de importancia agrícola es *Listrochelus* en México está representado por alrededor de 60 especies, de las cuales solo se conoce la taxonomía de seis larvas (Aragón y Morón 2000; Cuate-Mozo *et al.*, 2022).

El género *Chlaenobia* en México se encuentra representado aproximadamente por 16 especies, distribuyéndose entre los Estados Unidos y Panamá, de las cuales solo se han descrito dos larvas (Morón 1986, 2003; Ramírez-Salinas *et al.*, 2000; Rivera-Gasperín y Morón 2017; Cuate-Mozo *et al.*, 2024). Otro género con mayor abundancia es, el género *Ligyryus* se reconocen siete especies de las cuales se ha descrito tres de México (Ramírez-Salinas *et al.*, 2004, 2010; Cuate-Mozo *et al.*, 2023).

Hasta la fecha solo se han descrito las larvas de ocho de las 65-70 especies de *Euphoria* registradas en todo el continente americano (Micó *et al.*, 2000; Ramírez-Salinas *et al.*, 2001) y en el caso de las cuatro especies del género *Triodonyx* se ha descrito únicamente a la larva *Triodonyx lalanza* (Morón *et al.*, 1999).

Las larvas de los coleopteros Melolóntidos son del tipo escarabaeiforme, cuerpo en forma de “C”, robusto y tres pares de patas bien desarrolladas, tres segmentos torácicos y abdomen con 10 segmentos (Fig. 1), La cabeza con sutura en la región epicraneal y frontal, número de sedas que varía de acuerdo a la región (frontal posterior, frontal anterior, frontal exterior, ángulo frontal anterior), sedas epicraneales y sedas para ocelares, ocelos presentes o ausentes, antenas están formadas por cuatro artejos, el último artejo es conspicuo y provisto con áreas sensoriales amplias (Figs. 2-3).

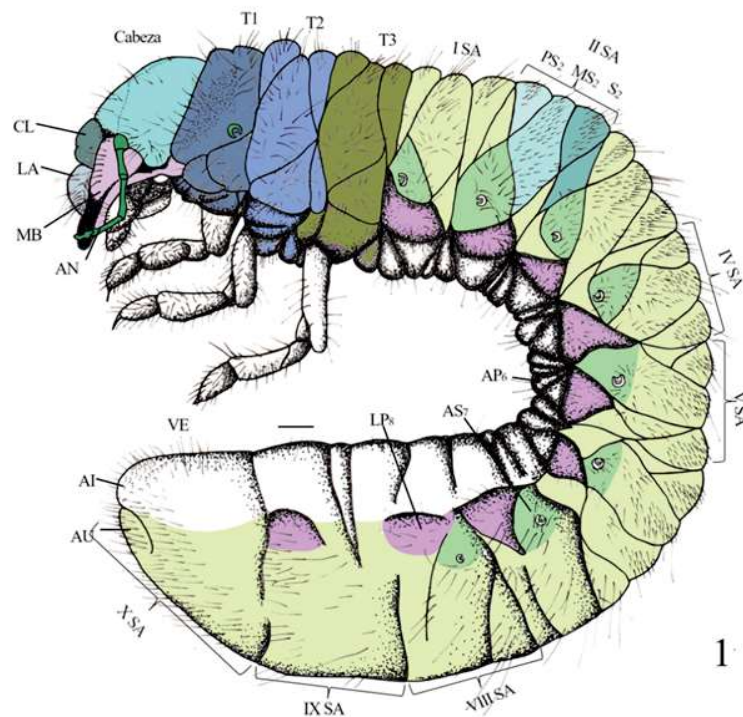
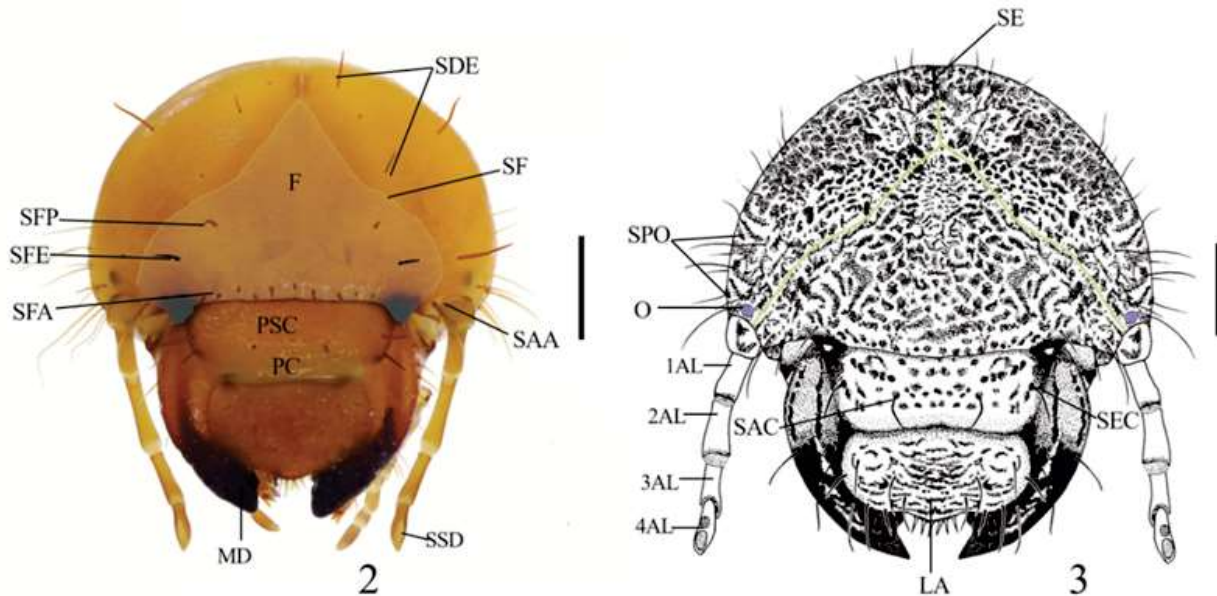


Figura 1

Vista lateral de larva de tercer estadio de *Phyllophaga opaca*. Escala de la línea 1 mm.

CL= clípeo; LA= labro; MD= mandíbula; AN= antena; AP₆= área pedal;
 AS₇= área estigmal; LP₈= área pleural; VE= venter; AI= labio anal inferior;
 AU= labio anal superior; SA= segmento abdominal; ST= segmento torácico;
 PS= preescudo; SM=meta escudo; S= escudo.

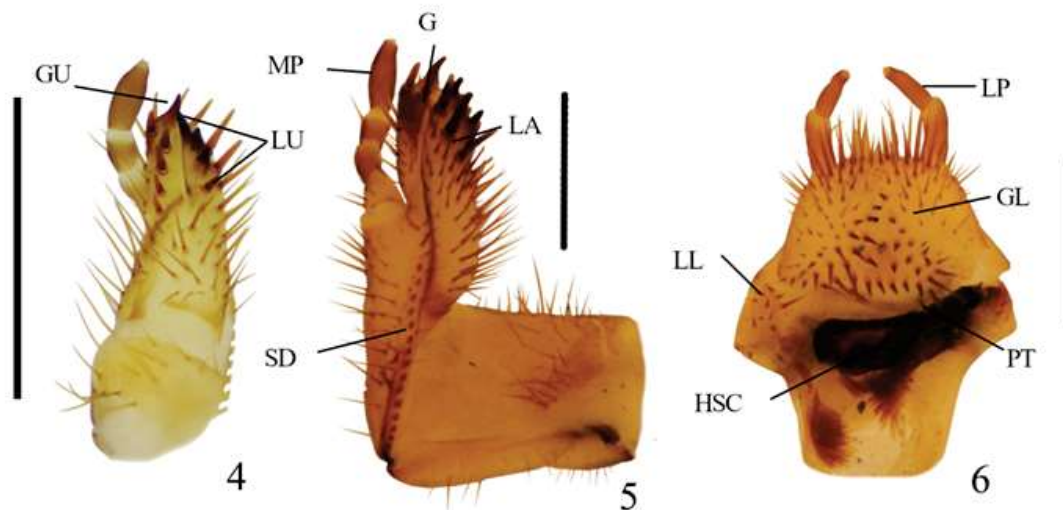


Figuras 2-3.

2 cabeza de *Chlaenobia rzedowskiana*; 3 Cabeza de *Ligyris ruginasus*, escala de la línea =1 mm. F= frente; PSC= post clípeo; PC= pre clípeo; MD= mandíbula; SE= sutura epicraneal; SF= sutura frontal; SFP= sedas frontales posteriores; SFE= sedas frontales exteriores; SFA= sedas frontales anteriores; SAA= sedas ángulo anterior; O= oscelo; SPO= sedas paraocelares; SAC= seda ` del clípeo anterior; SEC= seda del clípeo exterior; LA= labro; 1AL= primer antenito larvario; 2AL= segundo antenito larvario; 3AL= tercer antenito larvario; 4AL= cuarto antenito larvario; SSD= área sensorial dorsal del último antenito larval.

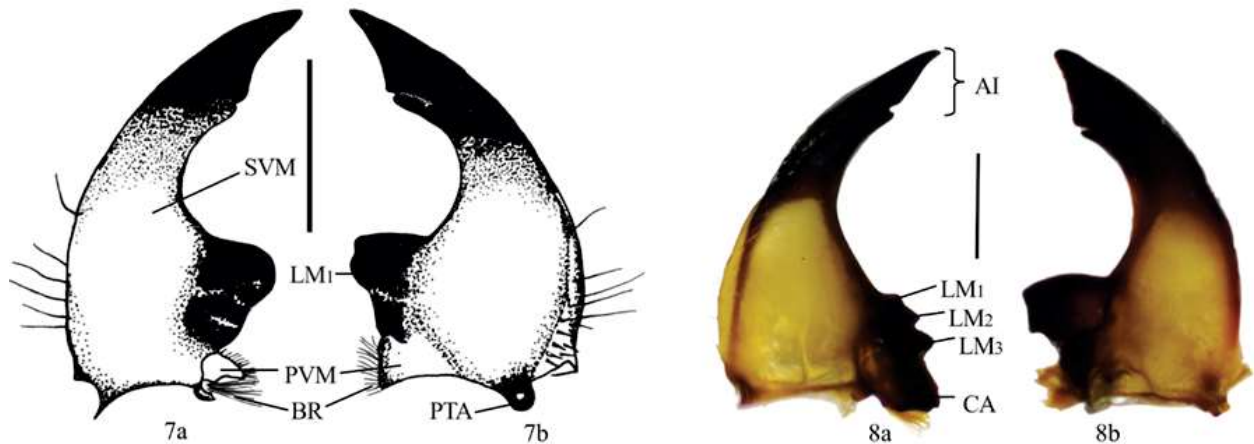
Las maxilas se distinguen por presentar la galea y el uncus completamente fusionada entre sí, con uno a tres uncus en la galea y tres a cuatro o más uncis alineados en la lacinia maxilar, con número variado de dientes estriduladores; escleroma hipofaríngeo (Figs. 4-6) asimétrico con el lado derecho reducido y el izquierdo prominente, presentado número variado de sedas delgadas, las mandíbulas (Figs. 7a, b-8a, b) son robustas, se proyectan hacia abajo (hipognata), área molar con número variado de lóbulos (M1-2-3-4).

Los caracteres morfológicos de la epifaringe son parte fundamental para identificar a las especies de este grupo (anexo 1), se explica de acuerdo con Böving (1936) el nombre de cada una de las regiones que presentan las larvas; en la epifaringe se pueden encontrar presentes o ausentes: plegmas, proplegmata, zygom, epizygom; el número de helis varía en el haptomerum el cual puede ser prominente, paria con numerosas sedas, en la región del haptolachus con un cono sensorial agudo desplazado o no hacia la placa esclerosada con diferente número de sencilas, dexiophoba, laeophoba, laeotorma, epitorma, pternotorma y dexiotorma de diferente forma; crepis definido o ligeramente definido (Figs. 9-12).



Figuras 4-6.

4 Vista mesial del ápice de la maxila derecha de *Chlaenobia rzedowskiana*;
5-6 *Phyllophaga* sp. 5 Maxila derecha, vista dorsal. 6. Hipofaringe, escala de la línea
=1 mm. G= galea; LA= lacina; GU= uncus de galea; LU= uncus de lacina;
SD= dientes estriduladores; MP= palpos maxilares; LP= palpos labiales; GL= glosa;
LL= lóbulo lateral; PT= proceso truncado; HSC= escleroma hipofaríngeo.

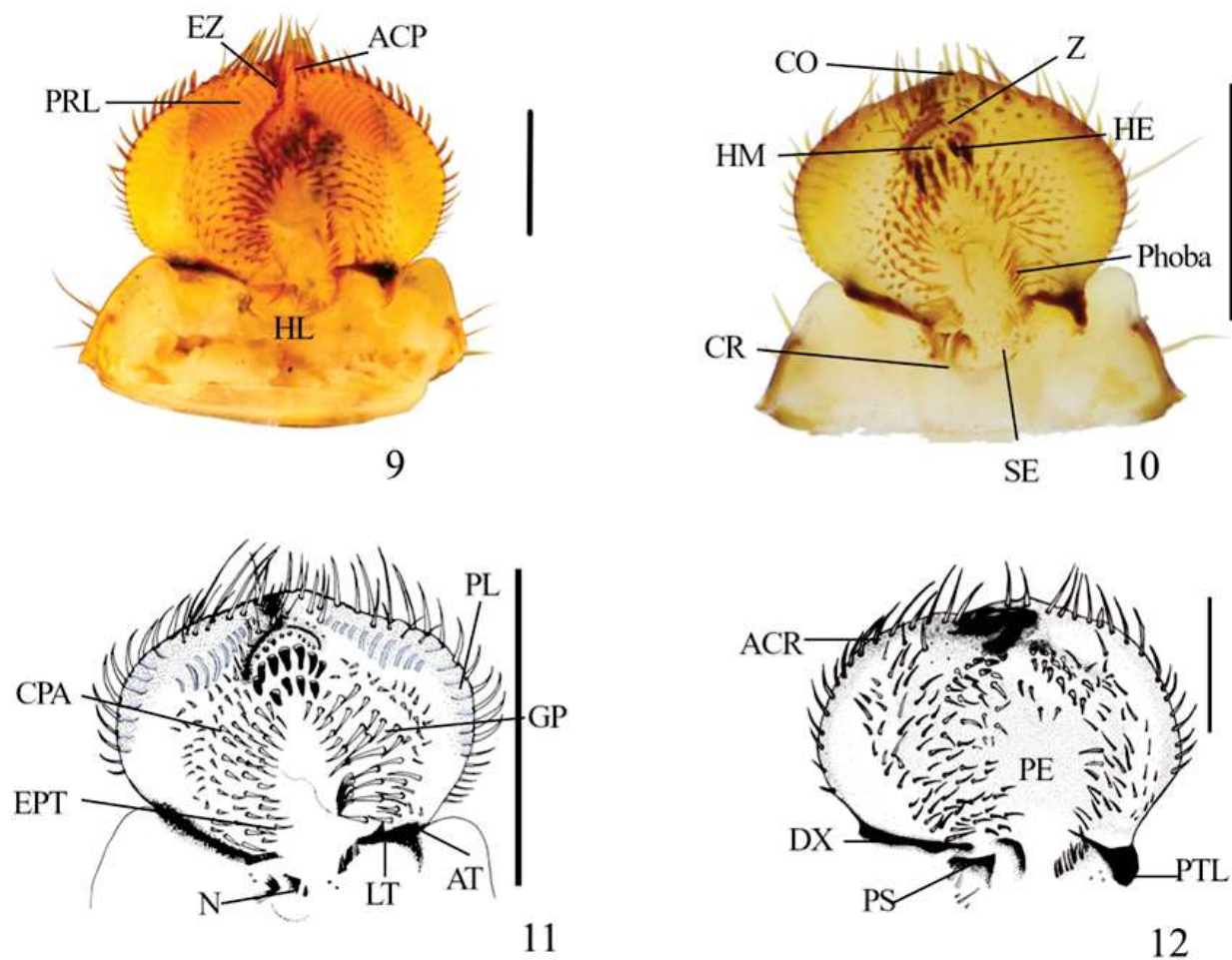


Figuras 7-8.

7a-7b *Phyllophaga totoreana*: 7a vista ventral mandíbula izquierda; 7b vista ventral mandíbula derecha. 8a-8b *Phyllophaga sp.* 8a vista ventral mandíbula izquierda; 8b vista ventral mandíbula derecha, escala de la línea =1 mm. SVM= superficie ventral mandibular; PVM= proceso ventral mandibular; BR=brustia; PTA= postartis; CA=calx mandibular; LM₁= primer lóbulo molar; LM₂= segundo lóbulo molar; LM₃= tercer lóbulo molar; AI= área incisiva mandibular.

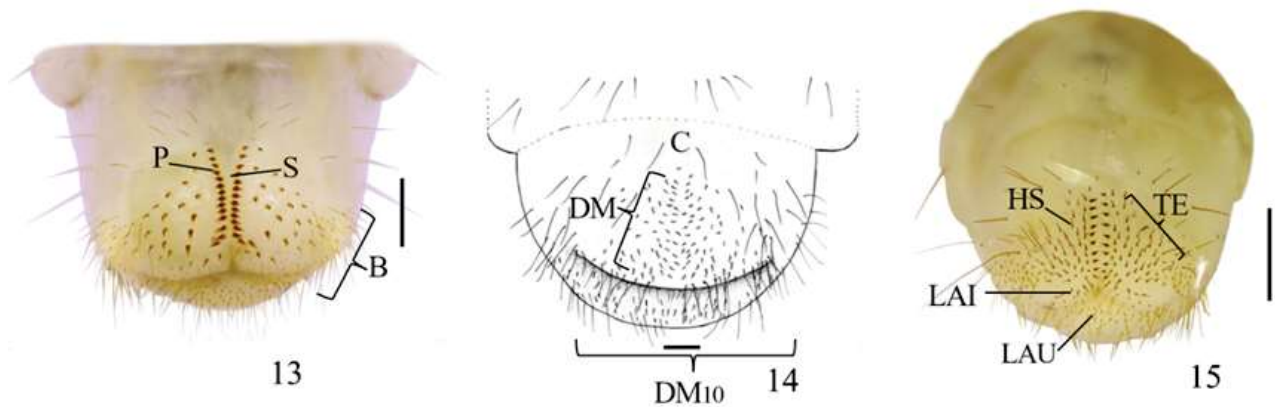
Las placas respiratorias que se encuentran en los segmentos abdominales presentan variación en diámetro y pueden ser consideradas para separar a nivel genérico las especies. En las larvas de tercer estadio del género *Phyllophaga*, el VII esternito abdominal el diámetro puede ser similar o mayor al de la placa respiratoria del segmento VI, en las especies del género *Listrochelus* la placa respiratoria de los segmentos VI-VIII el diámetro es menor respecto a los anteriores. El último segmento abdominal, la abertura anal es una característica notable a primera vista, es considerada como un carácter principal para determinar si la especie es rizófaga, saprófaga o facultativa, en el se encuentra el raster, el cual puede presentar o no septula. Morón *et al.* (2016) en la descripción de *Phyllophaga (Phyllophaga) angulicollis* mencionan la ausencia de septula en el raster. y la palidia puede encontrarse de forma recurvada, casi paralelos entre sí, poco convergentes

en el extremo posterior, divergentes en los extremos, con palis separados (Fig. 13-15).



Figuras 9-12.

Epifarynxes: 9 *Phyllophaga* sp; 10 *Chlaenobia rzedowskiana*. 11 *Listrochelus juvenilis*. 12 *Ligyris ruginasus*. Líneas de escala = 1 mm.



Figuras 13-15.

Último segmento abdominal: 13 *Phyllophaga* sp.; 14 *Ligyryus ruginatus*;
15 *Chlaenobia rzedowskiana*. Líneas de escala = 1 mm

Conclusiones

En la región de la epifaringe es notable observar los caracteres presentes o ausentes que nos pueden ayudar a separar las diferentes especies. En el último segmento abdominal la forma de la abertura anal ayuda a separar por gremio alimenticio los diferentes tipos de larvas. Así mismo encontramos el raster, donde puede estar presente o ausente la septula, con un número variado de palis, así como diferentes tipos de forma, ya sea recurvada, convergente en ambos extremos o casi paralelos entre sí. En las especies de *Phyllophaga* la placa respiratoria del segmento abdominal VII el diámetro es similar o mayor al de la placa respiratoria del segmento VI, en *Listrochelus* la placa respiratoria de los segmentos VI-VIII el diámetro es menor respecto a los anteriores.

Literatura citada

- Aragón, A. y Morón, M. A. 2000. Description of third-stage larvae of two Mexican species of *Phyllophaga* Harris (Col. Melolonthidae *Melolonthinae*). *Canadian Entomologist*, 132, 323–332.
- Aragón, G. A., Morón, M. A., Tapia, R. A. M., López-Olguín, J. F., Pérez, T. B. C. 2003. Especies de “gallina ciega” en algunos cultivos del Estado de Puebla y su control con Extractos Vegetales. Pp. 283–297. *In*: Aragón, G. A., M. A. Morón., J. A. Marín. (Eds.). Estudios sobre coleopteros del suelo en América. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Aragón-Sánchez, M., Rodríguez, S. Y. V., Cuate-Mozo, V. A., Ortiz-García, K. P., Pérez-Torres, B. C., Aragón, G. A. 2018. Species of the white group complex associated with amaranth at Puebla, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 43 (2), 401–411. <https://doi.org/10.3958/059.043.0211>
- Böving, A. 1936. Description of the larvae of *Plectis aliena* Chapin and explanation of new terms applied to the epipharynx and raster. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 38: 169–185. <https://www.biodiversitylibrary.org/part/238415>) or other work that proposed terminology.
- Cuate-Mozo, V. A., Aragón-García, A., Lugo-García, G. A., Reyes-Olivas, Á., Aragón-Sánchez, M., y Pérez-Torres, B. C. 2020. Descripción de los estados inmaduros de *Phyllophaga (Phytalus) totoreana* y *Phyllophaga (Phyllophaga) opaca* del norte de Sinaloa, México. *Acta zoológica mexicana (n.s.)*. 36: 1–14.
- Cuate-Mozo, V. A., Lugo-García, G. A., Aragón-García, A., Reyes-Olivas, Á., Sánchez-Portillo, J. F., y Sánchez-Soto, B. H. 2022. Descripción de las larvas de cinco especies de *Listrochelus* (Coleoptera: Melolonthidae) del noroeste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 93, 1–19. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.4096>
- Cuate-Mozo, V. A., Lugo-García, G. A., Aragón G., A., Aragón-Sánchez, M., De la Torre-Anzúres, J., Zepeda, Z., J. A. 2023. Descripción de la pupa

- y redescrición del tercer estadio larval de *Ligyris ruginasus* LeConte, 1856 (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae). *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 39, 1–9. 10.21829/azm.2023.3912524 elocation-id: e3912524
- Cuate–Mozo, V. A., García, A. A., Pérez-Torres, B. C., Matias-Oregan, A., y De la Torre–Anzúres, J. 2024. Description of the Third Instar Larva, *Chlaenobia rzedowskiana*. *Southwestern Entomologist*, 49(2), 733-739.
- Micó, E., A. B. T. Smith y M. A. Morón. 2000. New larval descriptions for two species of *Euphoria* Burmeister (Coleoptera: Scarabaeidae, Cetoniinae; Cetoniini; Euphoriina) with a key to the known larvae and a review of the larval biology. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 93(4):795-801
- Morón, M. A. 1984. Escarabajos, 200 millones de años de evolución. Publ. N° 14. Instituto de Ecología México, D. F.
- Morón, M. A. 1986. El género *Phyllophaga* en México, distribución y sistemática supraespecífica (Insecta: Coleoptera). Instituto de Ecología A. C. México. 344 p.
- Morón, M. A. 2001. Larvas de escarabajos del suelo en México (Coleoptera: Melolonthidae). *Acta Zoológica Mexicana* (N.S.), Número especial 1:111-130.
- Morón, M. A. 2003. Diversidad, distribución e importancia de las especies de *Phyllophaga* Harris en México (Coleoptera: Melolonthidae). En G. A. Aragón, M. A. Morón, y A. Marín-Jarillo (Eds.), *Estudios sobre coleopteros del suelo en América* (pp. 1–27). Puebla: Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Morón, M. A. 2004. *Escarabajos, 200 millones de años de evolución*. 2da. Edición. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz y Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, España. 204 pp.
- Morón, M. A. 2010. Diversidad y distribución del complejo gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeoidea). (pp. 41–64). En L. A. Rodríguez-del Bosque y M. A. Morón (Eds.), *Plagas del suelo Ciudad de México*: Mundi-Prensa.
- Morón, M. A. y R. Terrón. 1988. *Entomología Práctica*. Publ. 22. Instituto de Ecología, A.C. México, 177 pp.

- Morón, M. A. y Rodríguez-del Bosque, L. A. 2010. Importancia historia y retos. (pp. 3–18). En L. A. Rodríguez-del Bosque y M. A. Morón (Eds.), *Plagas del suelo Ciudad de México: Mundi-Prensa*.
- Morón, M. A., Hernández-Rodríguez, S. y Ramírez-Campos, A. 1999. Description of immature stages of *Phyllophaga (Triodonyx) lalanza* Saylor (Coleoptera: Melolonthidae). *Pan-Pacific Entomologist*, 75, 153–158.
- Morón, M. A., Rojas-Gómez, C. V. y R. Arce. 2016. Los estados inmaduros de *Phyllophaga heteronycha*, *P. leonina* y *P. angulicollis* (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae). *Rev. Mex. Biodivers.* 87: 933–943. doi.org/10.1016/j.rmb.2016.07.014
- Pardo, L., Montoya L. C., Schoonhoven, A., Morón, M. A. 2003. Composición y riqueza del complejo Melolonthidae (Coleoptera) en cuatro agroecosistemas del Cauca, Colombia. Pp. 29–43. *En: A. Aragón, G., M. A. Morón, A. Marín J. (Eds.). Estudios sobre coleopteros del suelo en America. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.*
- Ramírez S. C., Morón M. A. y A. Castro R. 2000. Descripción de los estados inmaduros de seis especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae) de la región altos de Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 109:73-106.
- Ramírez Salinas, C., Castro Ramírez, A. E., y Morón, M. A. 2001. Descripción de la larva y pupa de *Euphoria basalis* (Gory y Percheron, 1833) (Coleoptera: Melolonthidae: Cetoniinae) con observaciones sobre su biología. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, (83), 73–82. <https://doi.org/10.21829/azm.2001.83831855>
- Ramírez-Salinas, C., Morón, M. A., Castro-Ramírez, A. E. 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 (3), 67–82. <https://doi.org/10.21829/azm.2004.2031582>
- Ramírez-Salinas, C., Pacheco-Flores, C., Castro-Ramírez, A. E., Morón, M. A. 2010. Descripción de los estados inmaduros de *Ligyris nasutus*

(Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae) con información de su biología. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 26 (3), 617–625. <https://doi.org/10.21829/azm.2010.263803>

Rivera–Gasperín, S. L. y M. A. Morón. 2017. Relaciones filogenéticas de las especies de *Chlaenobia* con otros miembros de *Phyllophaga* (s. lato) (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88: 592-607

Romero–López, A. A., Morón, M. A., Aragón, A., & Villalobos, F. J. 2010. La “gallina ciega” (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae) vista como un “ingeniero del suelo”. *Southwestern Entomologist*, 35(3), 331-343.

Anexo 1.

Glosario de caracteres morfológicos Böving (1936).

Acanthoparia (ACP): parte marginal espinosa de la paria.

Acroparia (ACR): parte anterior de la paria, generalmente larga, con cerdas.

Apotorma (AT): proceso que se extiende hacia adelante desde la torma entre pternotorma y el extremo interior de torma (o base de epitorma); siempre ubicado en el exterior de la phobae.

Barbula (B): mechón o parche de pelos o cerdas cortas en los lados del abdomen cerca de la región anal.

Campus (C): región ventral desnuda o casi desnuda del décimo o noveno segmento abdominal, delante de un tegs entero o dividido anteriormente, o frente a la *tegilla* (TE) emparejada. Palidia, con septula, a veces se encuentra extendida en el campus de manera mediana. No es una región componente del raster, pero se combina estrechamente con ella.

Chaetoparia (CPA): parte interna de la paria cubierta con cerdas; las cerdas más grandes se encuentran hacia el pedium, disminuyendo gradualmente en tamaño hacia la gymnoparia (o hacia la acanthoparia cuando no hay gymnoparia).

Clithrum: escleroma corto y emparejado en la parte anterior del margen de la epifaringe; separando a la corypha y paria; Clithra a menudo ausente.

Corypha (CO): región anterior no apareada de la epifaringe entre la clithra; teniendo una pequeña cantidad de sedas; a menudo se fusionan con acroparia en una región apical común cuando no hay clithra.

Crepis (CR): barra transversal mediana, ligeramente esclerotizada, anteriormente cóncava, perteneciente a la región haptolachus; Por lo general, asimétrico y, a menudo, se indica solo con una línea fina o completamente ausente.

Dexiotorma (DX): transversal, generalmente esbelto y esclerosado, que se extiende hacia adentro desde el ángulo posterior derecho de la epifaringe; A veces provisto de una pternotorma en forma de talón.

Dorso décimo segmento abdominal (DM_{10})

Epitorma (EPT): barra que se extiende desde el extremo interior de la laeotorma, ligeramente marcada o completamente ausente. Designado como epitorma anterior cuando se dirige hacia el ápice de la epifaringe y como epitorma posterior cuando se dirige hacia el lado opuesto

Epizygum (EZ): placa o línea alargada que se extiende desde el *zygum* (Z) hacia el *clithrum* en el lado derecho de la epifaringe. En muchos géneros y especies se encuentra presente incluso cuando el *clithrum* está ausente, en otros encarnados en *tylus* o completamente ausentes.

Gymnoparia (GP): parte desnuda de *paria* entre *acanthoparia* y *chaetoparia* y detrás de *acroparia*. Por lo regular no se encuentran distintos, o ni siquiera presentes.

Hamate sedas (HS)

Haptolachus (HL): región medio-posterior de la epifaringe, detrás del *pedio*; en muchas especies ubicadas debajo del *clipeo*; compuesta por la *nesia* (usualmente dos), una cantidad de *sensilla*, y el *crepis*.

Haptomerum (HM): Medio región anterior de la epifaringe, delante del *pedium* y detrás del *corypha*, o detrás de la región apical que consta de las *acroparias* unidas y el *corifa*; Compuesto por *zigum*, varios *sensillia* y series de *heli*.

Helus (HE): Espina gruesa, perteneciente a la región *haptomerum*.

Laeotorma (LT): esclerizado de forma transversal, ubicado en el ángulo posterior izquierdo de la epifaringe, generalmente provisto de *pternotorma*, a menudo con *epitorma* y raramente con *apotorma*.

Nesium (N): esclerotizado, más o menos saliente entre los extremos internos de la *tormae*; anterior al *crepis*. De uno a dos *nesium* presentes. Cuando hay un *nesium* presente se encuentra un *escleroma* más grande, delgado y con forma de placa delante de él; cuando están presentes dos *nesium*, una está localizada en el interior del *dexiotorma*, y la otra en el interior del *nesium* derecho; ambos en la región *haptolachus*.

Palidio (DM)

Palidium (PLA): grupo de palis dispuesto en una sola fila, en dos o más filas, ya sea en posición mediana a través del venter delante del labio anal inferior (LAI), o emparejado y extendiéndose hacia adelante y hacia adentro desde uno de los extremos del labio anal (LA), o emparejado y extendiéndose en línea recta, arqueada oblicuamente desde el interior de uno de los extremos del labio anal. Pali suele recostarse, con sus vértices dirigidos hacia la espátula (S). *Palidium* caracterizado como monostichous, distichous, tristichous, o polystichous según el número, respectivamente, una, dos, tres o muchas filas de pali.

Palus (P): espina puntiaguda. Componente del *palidium*.

Paria: región pareada lateral de la epifaringe que se extiende desde el clithrum, epizygum y haptomerum (o en su lugar, el tylus) hasta el dextortoma y laeotorma, y está marcada por el lado posterior del pedium por cerdas de la región de la chaetoparia y las phobas. *Paria* subdividida en acanthoparia, gymnoparia, chaetoparia, y acroparia y teniendo plegmatium, proplegmatium, y phobae; margen posterior reforzado por dextortoma y laeotorma.

Pedio (PE): región central de la epifaringe; desnudo; se extiende entre haptomerum y haptolachus y se limita lateralmente por las características interolaterales de las *paria* derecha e izquierda, a veces marcadas, en el lado izquierdo, por la epitorma.

Phoba: Franja de proyecciones densamente dispuestas, similares a pelos, a menudo bifurcadas ubicadas posteriormente en el borde interior de la *paria*. Presente en muchas especies; a menudo aparecen junto con la *apotorma*.

Placa esclerosada (PS): ubicada cerca del nesium con forma de cono.

Plegma: pliegue sencillo perteneciente a plegmatium y proplegmatium.

Plegmatium (PL): espacio lateral, pareado con superficie plegada, algo esclerotizada; bordeado por la espina marginal de acanthoparia, con una plegma dentro de cada espina.

Proplegmatium (PRL): espacio pareado con superficie plegada en el interior y, por lo general delante del plegmatium.

Pternotorma (PTL): curvado, proceso robusto en el extremo exterior de laeotorma y, a veces, de la dexiotorma.

Raster: espinas dispuestas en la superficie ventral del último segmento abdominal, delante del labio anal.

Sensila (SE): órgano sensorial que se encuentra en la región del haptolachus

Catálogo de larvas del complejo gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) asociadas al cultivo de maíz, depositadas en la colección entomológica del INIFAP, Oaxaca.

Eunice Raquel Avendaño-Zavaleta^{1*}
Jesús Alberto Cruz-López²

Resumen

El complejo gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae), corresponde a un conjunto de larvas en el estadio L3 de diferentes especies de escarabajos. Este complejo causa severas afectaciones al sistema radicular de diversos cultivos agrícolas en México, principalmente maíz y otros cereales. Para poder llevar a cabo un manejo adecuado de prevención y control de plagas rizófagas, con énfasis en el complejo gallina ciega, es necesario poder determinar correctamente a nivel de especie al conjunto de fauna asociada a la rizósfera de interés. Es por eso, que el presente trabajo pretende contribuir a la elaboración de un catálogo completo y exhaustivo de las especies de larvas de estos insectos que se encuentran depositadas en el Laboratorio de Entomología Agrícola del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca – INIFAP. Durante el año 2023, en temporada de lluvias (agosto-noviembre) se realizaron recolecciones de larvas en diferentes localidades de 16 municipios, correspondientes a seis de ocho regiones del estado. Se recolectaron un total de 573 larvas, de las cuales se sacrificaron 153 para estudios y 420 larvas estuvieron en monito-

¹ Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido, sede educativa Carretera Vía Sola de Vega, Puerto Escondido, San Pedro Mixtepec, Oaxaca, México. C.P. 71980.

² Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca – Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Melchor Ocampo No. 7, Santo Domingo Barrio Bajo, Villa de Etla, Oaxaca, México. C.P. 68200.

* Autor para correspondencia: euniceaz48@gmail.com

reo de crecimiento, siendo alimentadas con base en una dieta, de tubérculos. Hasta el momento, se tienen identificadas a nivel de morfoespecie 31 tipos de larvas, así como también el reconocimiento de la larva L₃ de *Pachystethus matzapatlacus* Ramírez-Ponce & Morón, 2012, *Phyllophaga ilhuicaminai* Morón, 1998 y *Phyllophaga macrocera* (Bates, 1888). La intención es identificar todas las muestras, para que de esta manera se tenga una guía base sólida y útil para la identificación de larvas asociadas al maíz en el estado de Oaxaca.

Palabras clave: Agricultura, *Zea mays*, plagas rizófagas, *Phyllophaga*.

Introducción

El maíz es un cereal de importancia alimentaria para humanos y ganado (Salvador-Chico, 1964; SADER, 2020). En el crecimiento de este cultivo, las plagas que lo afectan son de interés ecológico y económico, como el gusano cogollero, gusano de alambre, gallina ciega, gusano del fruto y gusano soldado (Guzmán-Vásquez *et al.*, 2017; Bornios *et al.*, 2020).

Los daños ocasionados directamente a la raíz (radiculares) son provocados generalmente por larvas del complejo gallina ciega (King & Saunders, 1979; Cano, 2007). Actualmente, para poder tomar una medida de control adecuada, es importante conocer el ciclo de vida de la o las especies causantes del problema (Aragón-García *et al.*, 2005).

Entre los géneros que reúnen a las especies que causan más afectaciones a cultivos de maíz se destacan *Phyllophaga*, *Cyclocephala* y *Paranoma-la*, provocando grandes pérdidas en la producción de grano y forraje (Morón, 1988; Borrór *et al.*, 1992). Estos insectos pasan entre un 75% a 90% de su vida en estado larval, siendo esta fase ya de mayor interacción con la rizósfera (Morón *et al.*, 1996). A nivel de especie, el conocimiento sobre características larvales y pupales es bastante deficiente, se desconoce sobre ciclos de vida de más de un 95% de las especies mexicanas (Morón *et*

al., 1997). Por otro lado, el conocimiento de la biología de estos insectos está basado más en su etapa adulta, que es donde se recomiendan medidas de prevención y control. Dada esta problemática, es necesario un programa de investigación enfocado en la fase larvaria de estos insectos, para lo cual, la creación de un catálogo digital de las especies depositadas en la Colección Entomológica del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca fungirá como un marco de referencia para la identificación de las especies de este complejo presentes en el estado de Oaxaca.

Materiales y métodos

El trabajo de campo se realizó en parcelas afectadas por el complejo de gallina ciega, identificadas por técnicos de los siguientes programas estatales y federales: Acompañamiento Técnico 2023 (EAT) de Producción para el Bienestar, y de la Secretaría de Fomento Agroalimentario y Desarrollo Rural (SEFADER): Abasto Seguro de Maíz y Autosuficiencia Alimentaria. La colecta se realizó en seis de ocho regiones de Oaxaca: Cañada, Istmo, Mixteca, Sierra Norte, Sierra Sur y Valles Centrales, en temporada de lluvias principalmente. La recolecta se realizó haciendo excavaciones con palas de punta redonda, formando cepellones de 30 cm x 30 cm, con 10 cm de profundidad, tomando datos básicos de colecta. El análisis se realizó en el Laboratorio de Entomología Agrícola en el INIFAP, ubicado en Santo Domingo Barrio Bajo, Villa de Etla, Oaxaca, México. Cuyas coordenadas son 17°11'19.15"N 96°48'01.70"W.

De las larvas recolectadas en campo, un 27% se sacrificó en líquido de Pampel para su fijación y posterior identificación, y un 73% se mantuvieron en cautiverio. Cada individuo por vaso de plástico N.7, sustrato del lugar de procedencia y alimentación básica con rodajas de zanahoria, además de humedad relativa (Aragón & Morón, 2004), para que completaran su desarrollo hasta el estadio de adulto, para su posterior identificación.

La identificación de larvas fijadas en Pampel mediante la diferenciación del raster y se agruparon en morfotipos, usando un microscopio estereoscopio Jewelry Gem Zoom, además de cuatro posiciones diferentes de la larva: lateral, frontal, posterior y partes bucales (epifaringe, hipofaringe, maxila, mandíbula) utilizando una cámara adaptable al estereoscopio CMOS C-Mount, con el software AmScope v. 3.1. y ensamblando las fotografías a diferentes profundidades utilizando el software Helicon Focus v. 6.7.1.

Para la elaboración de los mapas de distribución, se utilizó en campo un dispositivo con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en las colectas de cada municipio las coordenadas, tomando además la siguiente información: fecha, localidad, municipio, número de larvas recolectadas y las especies de mayor presencia en el área. La base de datos obtenida se generó en el programa Excel, para posteriormente ingresar los datos en el programa de software de código libre Quantum GIS (QGIS).

Resultados

Utilizando morfología para la identificación de 153 larvas fijadas de las 573 recolectadas (Fig. 1) se encontraron 34 morfotipos (Fig. 3) llegando hasta nivel de género con clave morfológica (Aragón & Morón 2004). Para el morfotipo 16, se identificó como perteneciente a la especie *Phyllophaga macrocera*. Para el morfotipo tres, la especie correspondiente pertenece a la especie *Pachystethus matzapatlecus*, lo cual representa el conocimiento de la larva del estadio L3 para esta especie. De este género, solo se conocía previamente la larva L3 de *Pachystethus nectotenus* Ramírez-Ponce & Morón, 2012 (Ramírez-Ponce & Morón 2012). Así como también, se reconoció a la especie *Phyllophaga ilhuicaminai*. Para esta última especie, los registros corresponden los primeros formalmente para el estado de Oaxaca. Aunque *Ph. ilhuicaminai* ya había sido reportada para el estado previamente por Hernández-Cruz *et al.* (2016),

estos autores nunca indicaron las localidades exactas o región dentro del estado donde reportaban a esta especie.

Discusión

El estudio realizado para el catálogo digital aborda la problemática agrícola de esta plaga del complejo gallina ciega con hallazgos de relevancia de *Pa. matzapatecus* y larvas de especies de *Phyllophaga* reportadas como dañinas en cultivos, como *Ph. macrocera* y *Ph. ilhuicaminae*. Por lo que un seguimiento del análisis de los 34 morfós permitirá una identificación de especies en un contexto local, permitiendo la comparación entre regiones y su distribución geográfica, de estas especies en su fase larval. Para el resto de las morfoespecies, estamos en la espera a que se completen los ciclos de vida para poder realizar una identificación adecuada. Además, la distribución en las recolecciones en las regiones de Oaxaca.

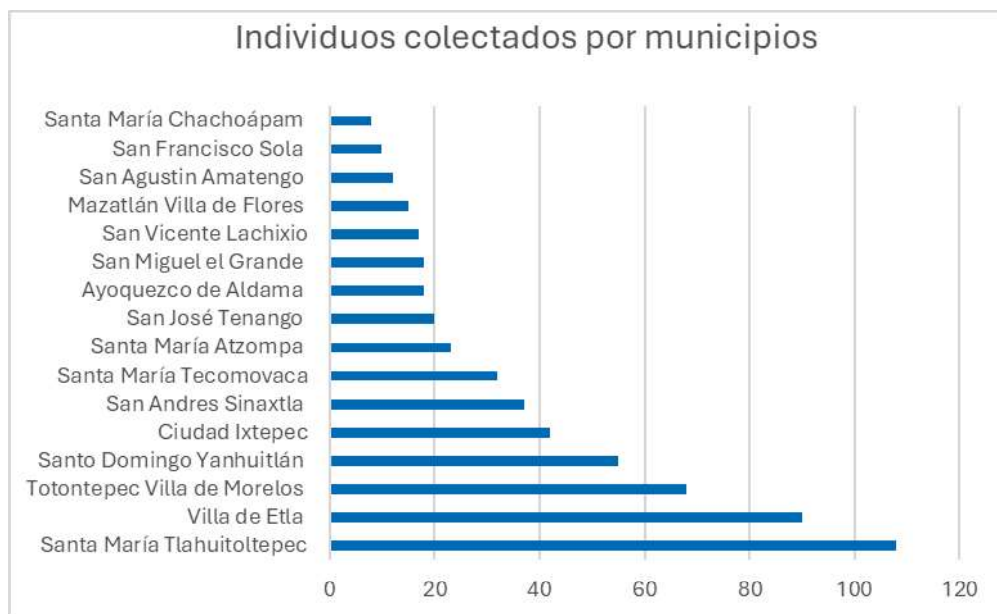


Figura 1. Número de larvas recolectadas por municipios en Oaxaca.

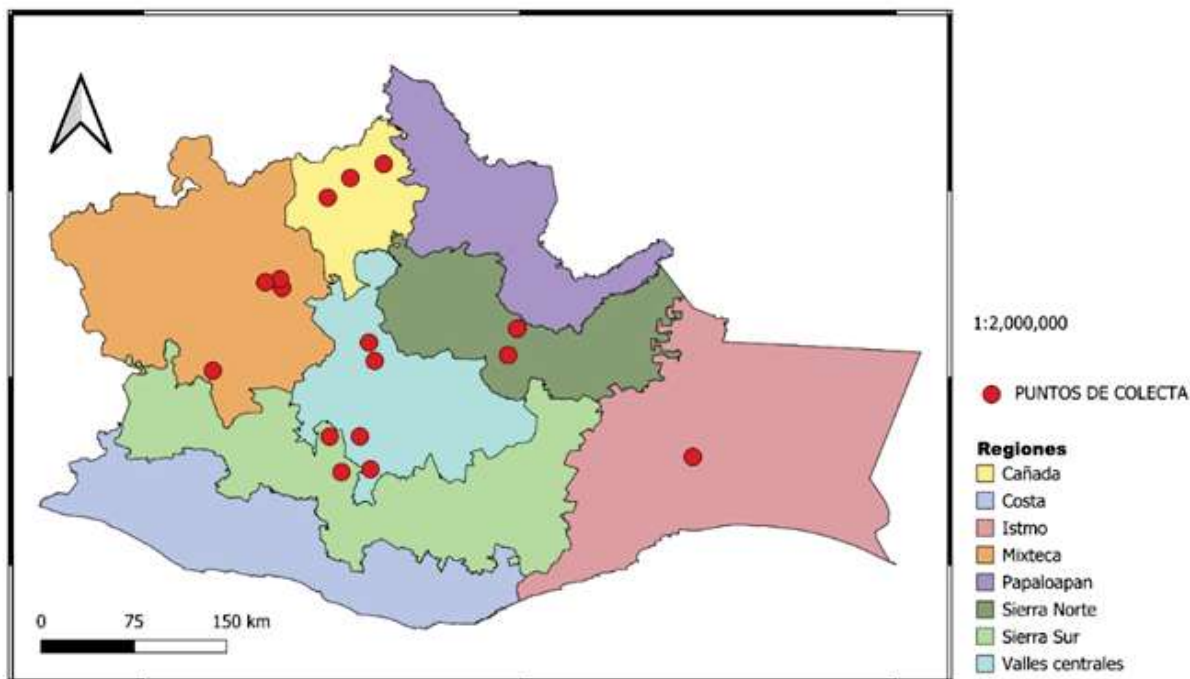


Figura 2. Punto de recolectas de larvas en seis regiones de Oaxaca.

Conclusiones

Al momento, se tienen identificadas solo tres especies de las larvas recolectadas, las cuales corresponden a *Ph. macrocera* y *Ph. ilhuicaminai*. Para esta especie, los registros de larvas corresponden a los primeros formalmente para el estado de Oaxaca. Se describe por primera vez a la larva L₃ de *Pa. matzaplatecus* siendo la segunda larva conocida de este género.

Agradecimientos

El trabajo fue financiado por el proyecto No. 320715 titulado: “Modelo predictivo como estrategia de control de la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) con base en información climática y del micro-hábitat en el suelo en sistemas de mono y policultivo de maíz nativo en Oaxaca”, financiado por el Consejo

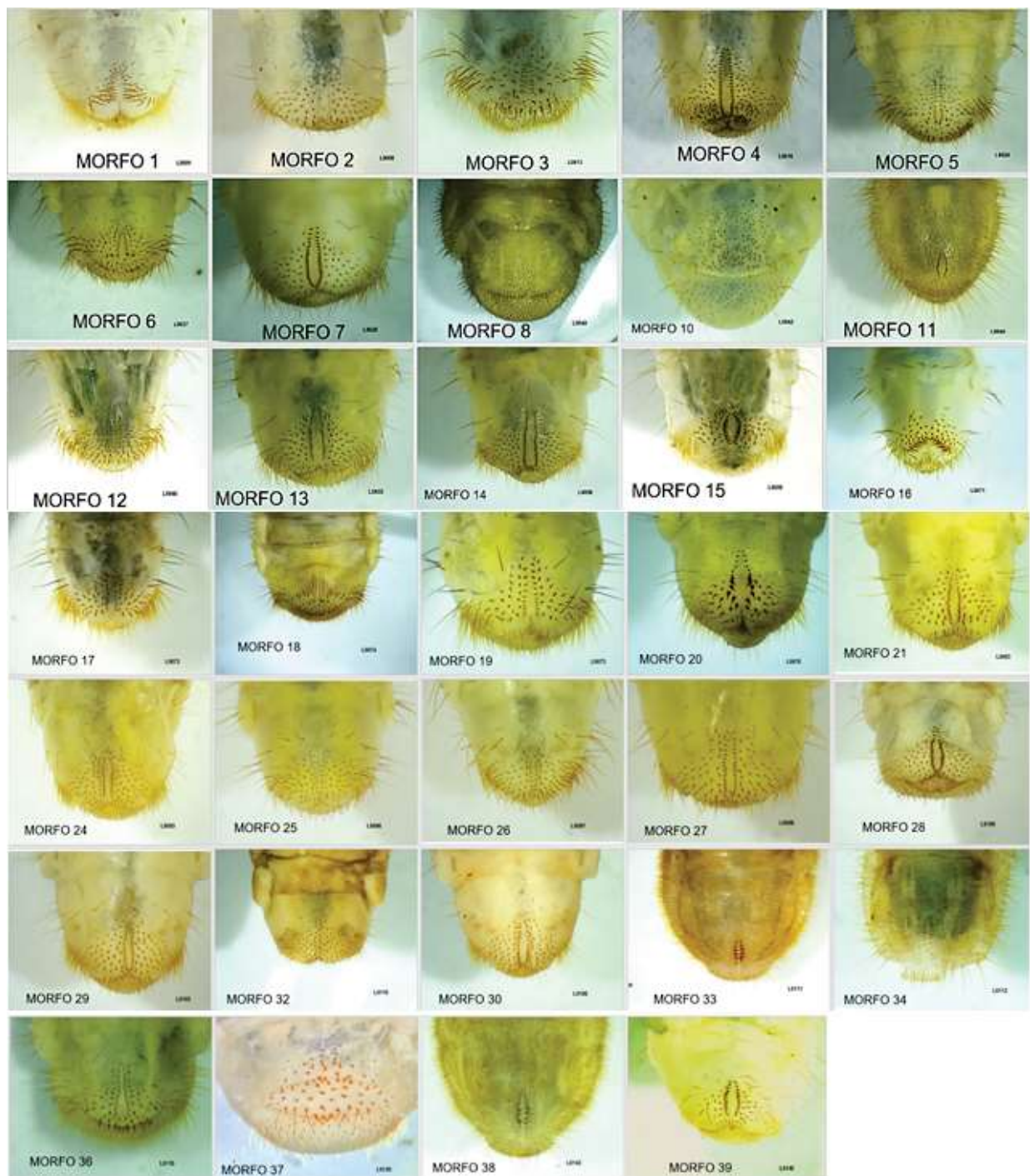


Figura 3. Morfotipos según el patrón de raster de las larvas recolectadas.

Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT). De igual manera agradecemos infinitamente a los productores, técnicos y estudiantes que nos apoyaron durante los recorridos de campo durante las recolectas en campo, especialmente a Derek Aníbal Soto Hernández (UNAM), Brenda Dafne López Ponce (UNAM), Axel Teodoro Cortés Dávila (ITVO).

Literatura citada

- Aragón, Agustín & Morón, Miguel. 2004. Descripción de las larvas de tres especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae) del Valle de Puebla, México. *Folia entomológica Mexicana*. pp. 43.
- Aragón García, Agustín, Morón, Miguel Ángel, López-Olguín, Jesús Francisco, & Cervantes-Peredo, Luis Manuel. 2005. Ciclo de vida y conducta de adultos de cinco especies de *Phyllophaga* Harris, 1827 (Coleoptera: Melolonthidae; Melolonthinae). *Acta zoológica mexicana*, 21(2), 87-99.
- Borror, D. J., C. A. Triplehorn & N. F. Jhonson. 1992. An introduction to the study of insects. Sixth Edition. Saunders college publishing. pp. 875.
- Bornios, M. K. R., Silva, D. Z., Aguilar, H. T., Velasco, L. R., & Hernández, H. U. B. 2020. Uso de plaguicidas e intoxicaciones agudas en la población rural de San Baltazar Chichicápam, Oaxaca, México. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica*, 616-629.
- Cano, E. B. 2007. Taxonomía, daños al cultivo y distribución de las especies del complejo "Gallina Ciega" (Coleoptera: Scarabaeoidea) que atacan el maíz (*Zea mays*) en Guatemala. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala* 16: 85-98.
- Guzmán-Vásquez, H. M., Sánchez-García, J. A. & Hernández-Cruz, J. 2017. El género *Cyclocephala* dejean (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae: cyclocephalini) en México. Oaxaca, México. *Entomología Mexicana*, 4, 808.

- Hernández-Cruz, J., Morón M., Sánchez-García, J., Martínez-Martínez, L., Jarquín-López, R. y Cerqueda-Reyes, H. 2016. Listado de especies del género *Phyllophaga* Harris 1827 (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae) en el estado de Oaxaca. Sistemática y Morfología. Entomología Mexicana. 924- 929.
- King A.B.S. & J. L. Saunders. 1979. El control de gallina ciega (*Phyllophaga* sp.) en maíz con insecticidas aplicados con métodos sencillos. Turrialba 29,17-19.
- Morón, M. A. 1988. Las especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae) con mayor importancia agrícola en México, pp. 81-102. En: Morón, M. A. (Coord) Memorias de la III Mesa redonda sobre plagas del suelo. Sociedad Mexicana de Entomología. Morelia, Michoacán, México.
- Morón, M.A., S. Hernández-Rodríguez y A. Ramírez-Campos. 1996. El complejo “gallina ciega” (Coleoptera: Melolonthidae) asociado con la caña de azúcar en Nayarit, México. Folia Entomol. Mex. 98: 1-44.
- Morón, M. A. 1997. Antecedentes, pp.1-8. In: Morón, M. A., B. C. Ratcliffe, & C. Deloya (Eds.). Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera Lamellicornia. Vol. I. Familia Melolonthidae. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Sociedad Mexicana de Entomología, México.
- Ramirez- Ponce, A. & Morón, M. A. 2012. Revision of the genus *Pachystethus* Blanchard with description of three new species from Mexico (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae: Anomalini). Zootaxa. 3394. 1-24. 10.11646/zootaxa.3394.1.1.
- Salvador-Chico, A. 1964. El maíz en la alimentación del ganado. Madrid, España. 2-6.

Identificación y distribución de nematodos fitoparásitos plaga de la raíz en maíz en Jalisco

Javier Ireta-Moreno¹
Juan Francisco Pérez-Domínguez^{1*}
Norma Yadira Zacamo-Velázquez²

Resumen

En localidades y municipios de la región Ciénega de Chapala y de la región Valles, en Jalisco, donde tradicionalmente se ha tenido presencia de poblaciones de gallinas ciegas (*Phyllophaga ravidata*, *Cyclocephala lunulata*) o de gusano alfilerillo (*Diabrotica virgifera zea*) fueron realizados muestreos de nematodos en cultivos de maíz con el objetivo de registrar su distribución e identificar los nematodos asociados al maíz. Esto se realizó como un estudio inicial para demostrar la relación de los nematodos con las plagas edafícolas y con la intensidad del daño a la raíz en maíz. En 26 localidades y 7 municipios de la región Ciénega de Chapala y 24 localidades y 8 municipios de la región Valles, en Jalisco se tomaron muestras de suelo para buscar nematodos. En la Ciénega de Chapala, las localidades con mayores registros de nematodos (en 150 g de suelo) en parcelas de maíz estuvieron en: Jocotepec, Ocotlán, Zapotlán del Rey, La Barca, Chapala y Jamay. En Tototlan y Atotonilco hubo las más bajas incidencias de nematodos. En la región Valles los mayores registros de nematodos por muestra de 150 g de suelo fueron: San Martín de Hidal-

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Centro de Investigación Regional Pacífico Centro - Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Av. Biodiversidad 2470 c.p. 47600. Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

² Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Enríquez U.A. Zapotlanejo.

* Correspondencia: perez.juanfrancisco@inifap.gob.mx

go y Acatlán; las más bajas densidades de nematodos por muestra de suelo estuvieron en Etzatlán y Villa Corona. Los nematodos identificados fueron los géneros: *Helicotylenchus*, *Criconemoides*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne* y *Naccobus*.

Palabras clave: muestreo, raíz, maíz, nematodos, Jalisco.

Introducción

El maíz es el cultivo más importante en Jalisco por su superficie y por su contexto social. En Jalisco se siembran aproximadamente 758,391 hectáreas de maíz para grano, con un rendimiento medio de 6.5 ton/ha. (Panorama Agroalimentario, 2023), colocándose entre los tres primeros estados productores de este cereal en el país (Castañeda *et al.*, 2014). En las regiones consideradas de alta productividad en Jalisco, se reportan rendimientos entre fluctúan desde 8 hasta 12 toneladas por hectárea, con un alto uso de insumos, especialmente para el control de plagas y enfermedades (Castañeda *et al.*, 2014). El rendimiento de maíz se ve afectado por una gran cantidad de plagas y enfermedades, los cuales todos en su conjunto pueden llegar a reducir el rendimiento hasta en un 30-40% (Chiamolera *et al.*, 2012), dependiendo de la localidad, incidencia y severidad de las plagas (Venditti y Noel, 1995). Un factor poco estudiado en esta región es la presencia y/o daños de los nematodos en maíz (Norton, 1983).

En los estados de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Estado de México y Querétaro, que forman parte del Altiplano mexicano, se ha reportado la presencia del nemátodo enquistado del maíz *Heterodera punctata* raza mexicana (Sosa-Moss, 1987) el cual posteriormente fue reclasificado como *Punctodera chalcoensis* (Stone *et al.*, 1976), otros nematodos asociados a maíz han sido *Pratylenchus* spp. *Tylenchorhynchus* sp. y *Helicotylenchus* sp. (Vásquez, 1971); así como en Guanajuato se han reportado 14 géneros de ne-

matodos filiformes atacando a cultivos como maíz, trigo, sorgo, ajo, alfalfa y fresa, sin precisar el género por cultivo; entre los principales géneros reportados se encuentran *Pratylenchus* sp., *Helicotylenchus* sp., *Psylenchus* sp., *Tylenchorhynchus* sp., y *Boleodorus* (Robles y Pérez, 2011). Recientemente en Sinaloa se han reportado los géneros *Aphelenchoides* sp., *Aphelenchus* sp., *Ditylenchus* sp., *Helicotylenchus* sp., *Longidorus* sp., *Paratrophurus* sp., *Pratylenchus zaeae*, *Rotylenchulus reniformis*, y *Xiphinema* sp. (González, 2013).

Es muy importante conocer la relación existente entre las poblaciones de nematodos y los daños ocasionados a las raíces de cultivos, así como la relación entre las poblaciones de nematodos con insectos plaga de la raíz. Cuando se identifica las especies de nematodos y la distribución de sus poblaciones entre diferentes localidades, se puede estimar la incidencia de localidades no muestreadas (Wyse-Pester, 2002) y es más real la cuantificación de sus daños a nivel regional.

En un muestreo en el estado de Tennessee, Estados Unidos, se encontraron 26 géneros y 75 especies de nematodos fitoparásitos (Bernard, 1980). Los nematodos llamados lesionadores, son muy comunes en los cultivos de maíz, causando daños como enanismo, sistema radicular raquíptico y reducciones en el rendimiento, hasta en un 50% de pérdida. Las raíces presentan lesiones necróticas, las cuales pueden reducir la masa radicular, además de representar una vía de entrada para otros patógenos (Coyne *et al.* 2018). Lima-Medina (2018) reportan los géneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Heterodera*, como los más comunes en maíz, en Perú; mientras que Zacamo-Velasquez *et al.* (2017b) reportan *Meloidogyne* asociado a Maíz en Jalisco, México.

La hipótesis es que las poblaciones de nematodos fitoparásitos se encuentran presentes y distribuidos uniformemente en las áreas productoras de maíz de las dos regiones bajo estudio. El objetivo de la presente investigación fue registrar la distribución e identificar los nematodos asociados al cultivo de maíz en las regiones de alta productividad Ciénega de Chapala y Valles, en el estado de Jalisco.

Materiales y métodos

Las regiones Ciénega de Chapala y Valles están dentro de las zonas de alta productividad de maíz; las muestras de suelo se obtuvieron directamente de las parcelas comerciales donde se sembró maíz durante los ciclos agrícolas PV 2013 y 2014. La toma de muestras de suelo se inició en enero de 2013 y se terminó el 15 de noviembre de 2014. Las muestras se tomaron a una profundidad de 2.5 a 20 cm, obteniendo el cepellón con la raíz completa de la planta (Rich. *et al.*, 1986) A continuación se observan diferentes cuadros con las localidades muestreadas, su localización geográfica (en la mayoría) y el nombre de la población.

Region cienega

	Municipio	Localidad	N	O
1	La Barca	El Mirto	20°21' 33.55"	102° 32' 21.36"
2	La Barca	La Paz de Ordaz	20°21' 58.69"	102° 31' 31.70"
3	La Barca	Condiro	20°23' 58.01"	102° 33' 27.03"
4	La Barca	El Carmen	20°24' 49.89"	102° 25' 01.49"
5	La Barca	San José Casas Caídas	20°25' 01.79"	102° 27' 45.43"
6	La Barca	M3		
7	Atotonilco	Las Margaritas	20°26' 55.90"	102° 28' 51.37"
8	Atotonilco	Agua Caliente	20°28' 09.64"	102° 27' 45.12"
9	Atotonilco	Santa Elena	20°28' 43.36"	102° 29' 15.70"
10	Atotonilco	Milpillas	20°29' 14.74"	102° 32' 18.54"
11	Atotonilco	M5		
12	Ocotlan	Los Sauces	20°25' 54.25"	102° 45' 58.60"
13	Tototlan	Tototlan	20°33' 09.60"	102° 47' 44.05"
14	Jamay	Los Capulines	20°18' 41.15"	102° 40' 09.94"
15	Jamay	San Miguel de la Paz	20°20' 28.32"	102° 39' 07.64"

16	Jamay	Gilberto Castellanos		
17	Poncitlan	San Luis Agua Caliente	20°22' 38.92"	102° 49' 33.36"
18	Poncitlán	La Estancia	20°21' 49.89"	102° 32' 06.26"
19	Poncitlán	Santa Cruz el Grande	20°22' 11.67"	102° 52' 46.36"
20	Poncitlán	Poncitlan	20°23' 30.44"	102° 55' 12.52"
21	Zapotlán del rey	Ahuatlan	20°25' 27.71"	102° 53' 20.39"
22	Zapotlán del rey	La Soledad	20°26' 52.83"	102° 32' 21.64"
23	Zapotlán del rey	La Noria	20° 27' 41.95"	102° 51' 55.36"
24	Zapotlán del rey	La Colonia	20°25' 07.35"	102° 55' 53.68"
25	Jamay	La Cieneguita	20°17' 09.13"	102° 41' 14.85"
26	Jamay	Las Playas	20°15' 03.12"	102° 40' 16.17"

Zona Valles

	Municipio	Localidad	N	O	ASNMM
1	Tala	San Juan de los Arcos	20° 35' 10.49"	103° 42' 44.59"	1326
2	Tala	El Carmen	20° 40' 26.75"	103° 49' 31.28"	1268
3	Ahualulco del Mercado	Ahualulco 1	20° 41' 34.07"	103° 55' 49.44"	1318
4	Ahualulco del Mercado	Chapulimita	20° 42' 36.52"	103° 56' 25.46"	1313
5	Ahualulco del Mercado	Ahualulco 3	20° 42' 06.20"	103° 59' 27.99"	1338
6	Etzatlan	Etzatlan 1	20° 45' 15.18"	104° 00' 52.50"	1417
7	Etzatlan	Etzatlan 2	20° 46' 07.47"	104° 07' 20.52"	1377
8	Etzatlan	Etzatlan 3	20° 47' 12.78"	104° 04' 08.22"	1365
9	Ameca	Buenos Aires	20° 34' 46.69"	104° 02' 04.11"	1292
10	Ameca	Ameca 2	20° 34' 19.04"	104° 01' 52.71"	1268
11	Ameca	Ameca 3	20° 31' 21.11"	104° 01' 11.72"	1256
12	Ameca	Ameca 4	20° 31' 18.05"	104° 00' 34.38"	1248
13	Ameca	Ameca 5	20° 34' 01.34"	104° 04' 26.36"	1256
14	San Martin de Hidalgo	Hacienda San Javier	20° 30' 07.63"	103° 39' 41.45"	1257
15	San Martin de Hidalgo	San Martin 2	20° 29' 31.63"	103° 58' 43.14"	1277
16	San Martin de Hidalgo	San Martin 3	20° 28' 39.43"	103° 57' 45.63"	1286

17	San Martín de Hidalgo	San Martín 4	20° 25' 49.88"	103° 54' 30.34"	1303
18	San Martín de Hidalgo	Los Guerrero	20° 27' 11.51"	103° 33' 50.94"	1281
19	San Martín de Hidalgo	San Martín 6	20° 26' 15.13"	103° 52' 37.06"	1291
20	Cocula	Crucero Santa María 1	20° 24' 21.31'	103° 52' 32.13"	1307
21	Cocula	Crucero Santa María 2	20° 23' 18.62"	103° 50' 59.58"	1313
22	Cocula	Crucero Santa María 3	20° 24' 05.78"	103° 50' 28.70"	1303
23	Villa Corona	Villa Corona 1	20° 25' 51.66"	103° 41' 24.24"	1362
24	Acatlán de Juárez	Acatlán de Juárez 1	20° 25' 01.91"	103° 57' 19.64"	1363

Trabajo de laboratorio

Para realizar la extracción de los nematodos a partir de las muestras de 150 g de suelo, se utilizó el método de tamizado-centrifugado y gradiente de azúcar (Matheson, 1966; Pruess *et al.* 1968), el cual consiste en: obtener una muestra homogénea de 150 g de suelo por sitio de muestreo. Se añadió a la muestra 250 ml de agua y se aforó a 400 ml, se agitó y dejó reposar durante 30–60 segundos, se tamizó (Tamiz #40) y se dejó reposar por 1.5–2 min; para realizar una segunda tamizada, con un tamiz más fino (Tamiz # 325); el sobrenadante que quedó en el tamiz se pasó a un vaso de precipitado aforando a 40 ml., después se depositó el contenido en tubos para centrifuga de 50 ml agregándoles 1 gr de kaolin granulado a cada tubo. Las muestras se centrifugaron a 3500 rpm, durante 3 min. Posteriormente, se desechó el sobrenadante y se dejó el material que se encuentra en el fondo del tubo, que es donde están los nematodos, más el kaolin y algunos minerales del suelo. Se le agregó una solución azucarada, homogeneizando los tubos a un mismo peso o volumen; centrifugando por una segunda ocasión a 3500 rpm durante 3 min. para eliminar el kaolin y enseguida fueron depositada las muestras en tubos limpios, los cuales fueron aforados a 20 ml c/tubo con los nematodos dentro. En el laboratorio fueron registrados, cuantificados e identificados a nivel género.

Las muestras fueron obtenidas de la siguiente manera: Una vez detectadas las parcelas que habían sido sembradas con maíz, se ingresó a la parte

media de la parcela y se extrajo una planta o “tocón” de maíz incluyendo el “cepellón” de suelo con la raíz, de manera que la muestra de suelo se obtuvo del área que circunda las raíces de maíz o rizósfera. Logrando un total de 50 muestras, representativas de las dos regiones maiceras de Jalisco. La muestra se colocó en una bolsa plástica, previamente rotulada, y enviada al laboratorio de Fitopatología del campo experimental Centro Altos de Jalisco, del INIFAP. El conteo total de nematodos se realizó bajo un microscopio estereoscópico, se utilizaron claves taxonómicas a nivel género, de nematodos (Manzanilla-Lopez & Marbán-Mendoza, 2012).

Resultados

Los resultados obtenidos se presentan en los cuadros y figuras siguientes, donde se puede observar que para la región de Ciénega de Chapala las localidades con mayor incidencia de nematodos fitófagos fueron La Barca y Zapotlán de Rey; la localidad de Jocotepec tuvo los valores más altos para la presencia de estos organismos (figura 1); en la región Valles las localidades que sobresalieron por la presencia de nematodos fueron San Martín Hidalgo, Acatlán de Juárez y Tala (figura 2).

La región Ciénega es la más productiva de Jalisco, en relación al maíz, sin embargo, también es la región más problemática con las plagas del suelo y con la pudrición del tallo causados por el complejo de especies de *Fusarium* sp. En donde no se había considerado el papel que juegan los nematodos causando daños y de forma indirecta, causando heridas por las cuales pueden penetrar otros patógenos como *Fusarium* sp.

En la región Valles, hay municipios con poca incidencia de nematodos y esto puede deberse a que el cultivo en rotación es caña de azúcar, y este cultivo dura varios años en el mismo lote y con cantidades fuerte de agua, situación que probablemente afecta la fluctuación de las poblaciones de estos organismos.

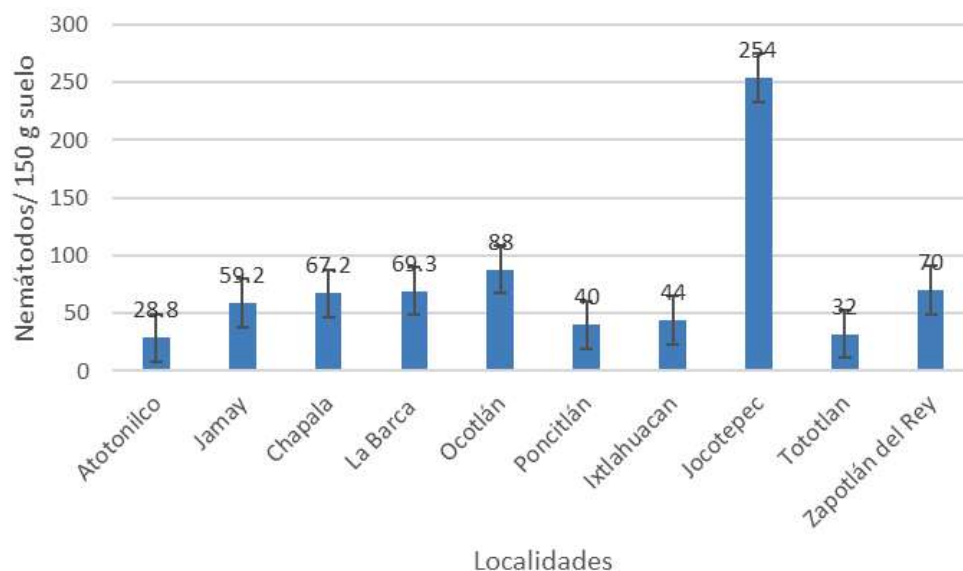


Figura 1. Densidad de nematodos asociados a maíz en la Región Ciénega de Chapala.

Los datos hasta ahora presentados son totales, es decir que los nematodos encontrados son filiformes y hay fitopatógenos y de vida libre, por lo que la segunda parte del conteo es separar por hábitos alimenticios y posteriormente identificar los géneros más frecuentes de fitopatógenos. Los géneros de nematodos filiformes más abundantes fueron: *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Criconemoides*. Los de vida libre no son de interés agrícola. Como tercera y última parte del monitoreo, es realizar extracciones con técnicas destinadas a enquistados, buscando nematodos como *Heterodera zae* o *Punctodera chalconensis*, o cualquier otro nemátodo que sea formador de quistes, en revisiones recientes de este material se ha encontrado a *Meloidogyne* (Zacamo-Velásquez *et al.*, 2017b) y *Nacobus*, los cuales colonizan como semiendoparásitos en las raíces de las plantas. Esto no se ha visto antes y por lo mismo no hay reportes al respecto.

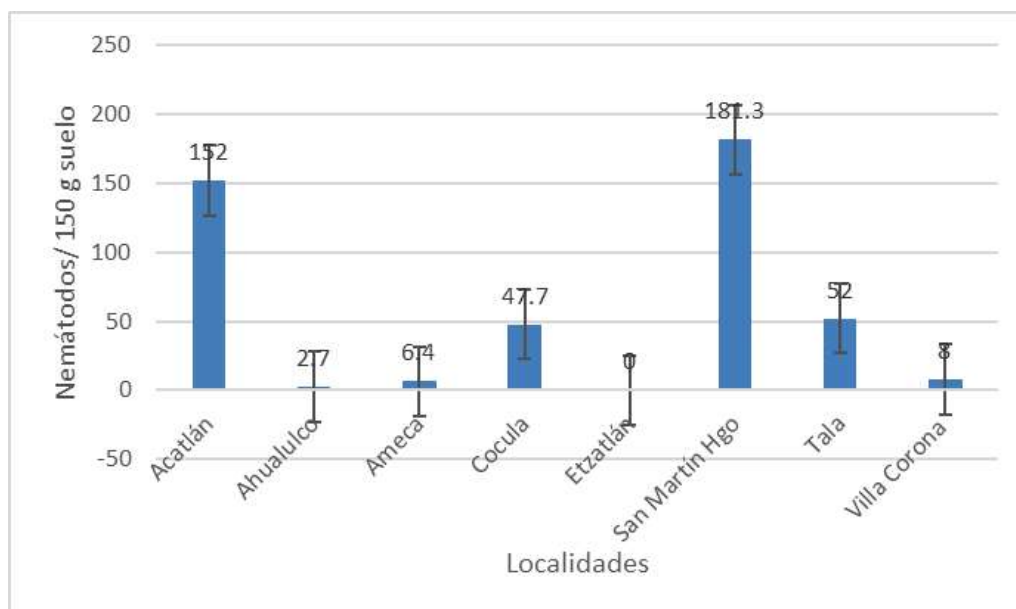


Figura 2. Densidad de nematodos asociados al maíz en la Región Valles.

Al conjuntar la información por región, se observa una tendencia más estable, es decir que se tiene la presencia de nematodos, en ambas regiones agrícolas.

Discusión

Las parcelas donde fueron obtenidas las muestras de suelo para detección de nematodos en su mayoría, también tuvieron presencia de individuos de diabrotica (*Diabrotica virgifera zae*) o gallina ciega (*Phyllophaga* spp., *Cyclocephala lunulata*), por lo que se debe estudiar si nematodos e insectos actúan como parte activa de un complejo de plagas edíficalas. La presencia de los nematodos asociados al maíz en todas las localidades de muestreo en Jalisco tienen un papel importante en la sanidad del cultivo. Falta determinar el daño directo que causan los géneros o especies asociadas al cultivo, pero

aún de mayor importancia es la determinación del daño indirecto que puedan causar. No es casual que la presencia de los quistes de *Heterodera* sp., se asocian con la presencia de las pudriciones de tallo del maíz, causadas por el complejo de hongos como *Fusarium verticillioides* y otros (Becerra-Cervantes *et al.* 2017; Hesling, 1978; Zacamo-Velasquez *et al.* 2017(a); Mundo *et al.*, 1987; Manzanilla-López y Marbán-Mendoza, 2012).

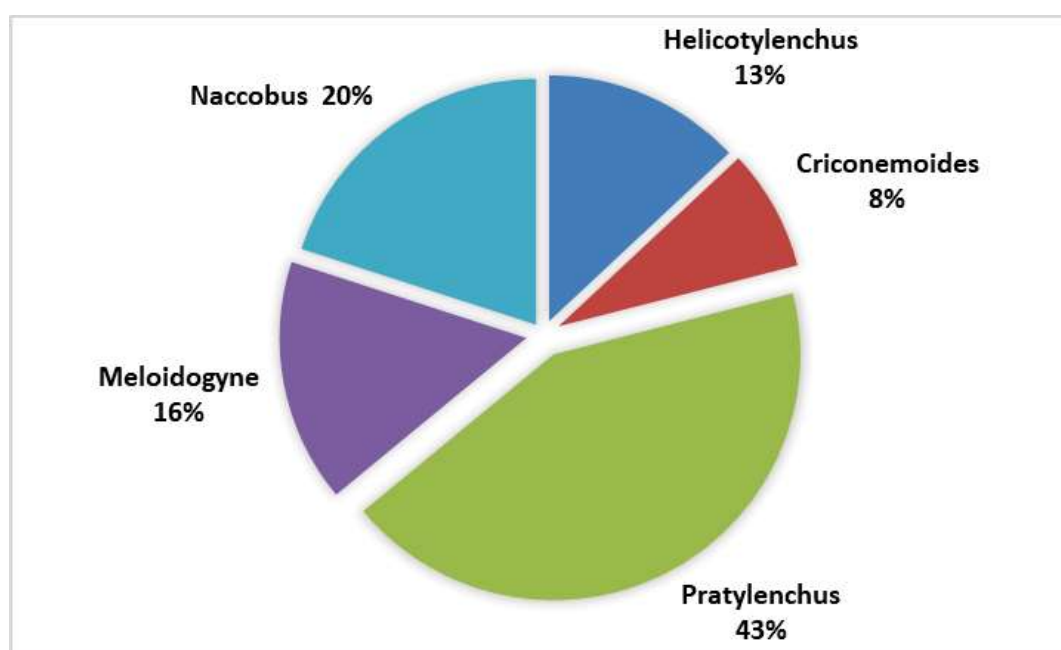


Figura 3. Abundancia de géneros de nematodos filiformes asociados al maíz en Jalisco.

El conocimiento sobre la distribución geográfica de los nematodos, es muy importante para desarrollar protocolos de muestreo específicos, dirigidos a la determinación de los tipos de nematodos, ya sean enquistados o filiformes, así como la estimación de las pérdidas causadas y el desarrollo de las estrategias de manejo (Tovar-Soto *et al.* 2006; Abasola *et al.*, 2018; Manzanilla-López & Marbán-Mendoza, 2012).

Conclusiones

En la gran mayoría de las localidades donde se realizaron muestreos, hubo nematodos fitoparásitos en suelo adyacente a las raíces de las plantas de maíz.

En la Ciénega de Chapala, en Jocotepec, Ocotlán, Zapotlán del Rey, La Barca, Chapala y Jamay hubo las mayores densidades de nematodos por muestra de suelo.

Las más bajas densidades de parásitos por muestra de suelo de la región Ciénega de Chapala estuvieron en Tototlán y en Atotonilco el Alto.

En la región Valles, San Martín de Hidalgo y Acatlán tuvieron los índices de nematodos por muestra de suelo, más altos.

Etzatlán y Villa Corona tuvieron los más bajos registros de nematodos por muestra de suelo en la región Valles.

Literatura citada

- Abasola C.,M. Simon., H.D. Lopez-Nicora., L.E. Lindsey., T.L. Niblack., and P.A. Paul 2018. Incidence, population density and spatial heterogeneity of plant-parasitic nematodes in corn fields in Ohio. *Plant Disease* 102:2453-2464. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-18-0311-RE>
- Becerra-Cervantes A., J. Ireta-Moreno., N.Y. Zacamo-Velazquez., R.G. García-González., R. Zacamo-Velazquez R., y N. Zacamo-Velazquez N. 2017. Poblaciones de nematodos enquistados asociados a maíz de temporal en Jalisco. *Revista Mexicana de Fitopatología*. Vol 35, Suplemento 2017, Resumen S65 p.
- Bernard, E. C. 1980. Identification, Distribution, and Plant Associations of Plant-Parasitic Nematodes in Tennessee. University of Tennessee. Agricultural Experiment Station and Bulletins. pp. 18 http://trace.tennessee.edu/utk_agbulletin/408 revisado:18 diciembre 2024.
- Castañeda Z. Y., M.A. González., S.M. Chauvet y J.F. Ávila C. 2014. Industria

- semillera de maíz en Jalisco. Actores sociales en conflicto. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Sociológica (México) 29 (83): 241-278.
- Chiamolera, F. M., C. R. Dias-Arieira, E. R. Souto, F. Biela, T. P. L. Cunha, S. M. Santana, and H. H. Puerari. 2012. Susceptibility of winter crops to *Pratylenchus brachyurus* and effect on the nematode population in the maize crop. *Nematropica* vol. 42:267-275.
- Coyne D.L., L. Cortada., J.J. Dalzell., A.O. Claudius-Cole., S. Haukeland., N. Luambano., and H. Talwana. 2018. Plant-Parasitic Nematodes and Food Security in Sub-Saharan Africa. *Annual Review of Phytopathology*. 56:381-403. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-045833>.
- González G.U. 2013. Diversidad de nematodos asociados al cultivo del maíz en el municipio de Guasave Sinaloa. Tesis de Maestría en Ciencias. IPN-CIIDIR Unidad Sinaloa. 87 pp.
- Hesling, J.J. 1978. Cyst nematodes: Morphology and identification of *Heterodera*, *Globodera*, and *Punctodera*. *Tech. Bull. G B Minist. Agric. Fish Food* 7: 125-155.
- Lima-Medina I., R.Y. Bravo., y M.I. Aguilar-Gómez. 2018. Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en las regiones de Puno y Cuzco. *Revista de Investigaciones Altoandinas*. 20 (1): 31-38 <http://huajsapata.unap.edu.pe/ria/index.php/ria/issue/archive>
- Manzanilla-López R., and N. Marbán-Mendoza. 2012. *Practical Plant Nematology*. Colegio de Postgraduados. Biblioteca Básica de Agricultura. 883 pp.
- Mundo, M., J.G. Baldwin., and R.J. Jeromino. 1987. Distribution, morphological variation, and host range of *Punctodera chalconensis*. *Journal of Nematology* 19: 545.
- Norton, D. C. 1983. Occurrence and Distribution of Plant-Parasitic Nematodes Associated with Maize in Iowa. *Proceedings of the Iowa Academy of Science*, 90(3): 88-92 pp. Available at: <https://scholarworks.uni.edu/pias/vol90/iss3/5>
- Matteson, J. W. 1966. Flotation technique for extracting eggs of *Diabrotica*

- spp. and others organisms from soil. *Journal of Economic Entomology* 59 (1): 223-224.
- Panorama Agroalimentario 2023. Estadísticas de producción. https://play.google.com/store/apps/details?id=gob.mx.siap.panorama2023&hl=es_MX. consultado 26 de octubre del 2024.
- Pruess K.P., G. T. Weekman and B. R. Somerhalder, 1968. Western corn root-worm eggs distribution and adult emergence under two corn tillage systems *J. Econ. Entomol.* 61: 1424-1427.
- Rich J. R., C. Hodge., and W.K. Robertson. 1986. Distribution of field corn roots and parasitic nematodes in subsoiled and nonsubsoiled soil. *Journal of Nematology* 18(2):203-207.
- Robles H. J.P. y M.L. Pérez. 2011. Densidad poblacional de nematodos fitoparásitos en suelo de Irapuato, Guanajuato. *Revista Mexicana de Fitopatología* vol. 29:172-174.
- Sosa-Moss C. 1987. Cyst nematodes in México, Central and South América. *Nematología Mediterránea.* 15(1):1-12
- Stone, A.R., C. Sosa-Moss., and R.H. Mulvey. 1976. *Punctodera chalcoensis* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae) a cyst nematode from Mexico parasitizing *Zea mays*. *Nematologica* 22(4): 379-389. <https://doi.org/10.1163/187529276X00382>
- Tovar-Soto A., I. Cid Del Prado-Vera., J.S. Sandoval-Islas., A. Martínez-Garza., J.M. Nicol J.M. y K. Evans. 2006. Los nematodos formadores de quistes en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 24(2):145-151 pp.
- Vázquez J.T. 1971. Principales problemas nematológicos en México. *Nematropica* vol. 1 No. 1: 30.
- Venditti, M.E., and G.R. Noel. 1995. Pathogenicity of *Tylenchorhynchus zambiensis* to maize. *Nematropica* vol. 25:7-13.
- Wyse-Pester D.Y., Wiles L.J. and Westra P. 2002. The Potential for Mapping Nematode Distributions for Site-specific Management. *Journal of Nematology* 34(2):80-87.
- Zacamo-Velázquez, N., Zacamo-Velázquez, N.Y., Ireta-Moreno, J., Gar-

cía-González, R.G., Becerra-Cervantes, A. y Zacamo-Velázquez R. (a) 2017. Muestreo de nematodos filiformes asociados a maíz en las zonas de alta productividad en Jalisco. *Revista Mexicana de Fitopatología*. Vol 35, Suplemento 2017, Resumen S67 p.

Zacamo-Velázquez, N.Y., Ireta-Moreno, J., García-González, R.G., Becerra-Cervantes, A., Zacamo-Velázquez R., Zacamo-Velázquez, N. (b) 2017. Modelos perineales de quistes asociados a maíz en Jalisco. *Revista Mexicana de Fitopatología*. Vol 35, Suplemento 2017, Resumen S68 p.

Efectos del clima en la densidad, diversidad y distribución de *Phyllophaga* en México

Derek Aníbal Soto-Hernández^{1*}

Carolina Ureta-Sánchez²

Andrés Ramírez-Ponce³

Jesús Alberto Cruz-López⁴

Resumen

Las larvas de Coleopteros del género *Phyllophaga* representan un riesgo para la seguridad alimentaria en Oaxaca y todo México. Para México las pérdidas promedio por plagas en los cultivos fluctúan entre el 36– 42% del área sembrada, mientras que para el estado de Oaxaca los daños llegan hasta el 90%. El objetivo del trabajo es determinar qué zonas agrícolas están en mayor riesgo por *Phyllophaga* en escenarios de cambio climático; a través de conocer la relación de la diversidad, densidad y distribución de las especies de este género con variables climáticas. Se trabajó a dos escalas, nacional y estatal, en Oaxaca. A nivel nacional contamos con una base de datos de presencias y abundancias de especies de *Phyllophaga* y modelamos el nicho ecológico de todas las especies registradas en México que tuvieran un mínimo de registros únicos de 15 a una distancia de 10 km; y datos de abundancia. Para ubicar las zonas de mayor riesgo, identificamos las áreas de idoneidad para un mayor

¹ Universidad Nacional Autónoma de México. Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra.

² Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias Atmosféricas y Cambio Climático.

³ Red de Biodiversidad y Sistemática. Instituto de Ecología (INECOL).

⁴ Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca – Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. INIFAP Oaxaca.

* Autor para correspondencia: dereksoto@encit.unam.mx

número de especies y las empalmamos con las zonas agrícolas proyectadas en escenarios de cambio climático. Para la escala estatal, se realizó trabajo de campo y se identificaron las especies y su densidad en cada sitio de muestreo. En la escala nacional, las zonas de mayor riesgo de plagas en escenarios de cambio climático se ubican en el centro y sur del país. En Oaxaca, los puntos con una isothermalidad menor y mayor precipitación en el trimestre más frío del año presentaron mayor diversidad y densidad de especies de *Phyllophaga*. Se ve una disminución en las áreas idóneas para albergar mayor riqueza de especies. Sin embargo, el riesgo por plagas aumenta al prevalecer las especies más agresivas al maíz. La relación con la isothermalidad muestra que la estacionalidad favorece mayor diversidad y densidad de *Phyllophaga*.

Palabras clave: *Phyllophaga*, nicho ecológico, cambio climático, riesgo por plagas, isothermalidad.

Introducción

Para el estudio de la ecología de especies en condición de plaga existen herramientas ecológicas o ecológico geográficas que pueden ser de gran utilidad para su estudio. El modelado de nicho ecológico es una de estas herramientas que nos permite inferir la idoneidad de un área para la presencia de las especies de interés (Varela *et al.*, 2014). Esta herramienta también permite conocer la distribución potencial de una especie en escenarios de cambio climático (Ej. Proyección hacia el futuro), a partir de los rangos en las variables bioclimáticas para los sitios donde se registra su presencia (Jin *et al.*, 2024).

Dentro de las plagas rizófagas por excelencia, tenemos al complejo comúnmente conocido como “gallina ciega”. Una de las especies modelo más estudiadas de este grupo, es el escarabajo japonés *Popillia japonica* Newman, 1841. Para esta especie, se han realizado trabajos de modelado

de nicho ecológico con un enfoque hacia el futuro en escenarios de cambio climático, los cuales han demostrado que esta especie podría aumentar el área de su distribución e incluso invadir zonas en latitudes donde no se tenía registro alguno de su presencia (Borner *et al.*, 2022; Della Rocca y Milanesi, 2022).

El género *Phyllophaga* Harris, 1827, perteneciente a la familia Melolonthidae, está conformado por más de 800 especies registradas en GBIF (Fondo Mundial de Información sobre Biodiversidad) (GBIF, 2023). Este género se distribuye originalmente en el continente americano, desde el sur de EUA hasta Argentina, incluyendo las Antillas. En México se tiene registro de 387 especies (Morón, 2010) y el estado con mayor riqueza en este género es Oaxaca, con 77 especies (Hernández-Cruz *et al.*, 2014).

El género *Phyllophaga* es el grupo de plagas del suelo más perjudicial en Latinoamérica, pues afecta a más de 40 cultivos, incluyendo el maíz (Marín y Bújanos, 2008). En cultivos de maíz se estima que generan daños en 15% de la superficie sembrada. Esta pérdida se traduce en cerca de 135 millones de dólares (Dirección General de Sanidad Vegetal [DGSV], 2023). Al menos el 10% del género *Phyllophaga* en México se encuentran en condición de plaga de cultivos (DGSV, 2023). “De acuerdo con la Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias (NIMF) No. 8 “Determinación de la situación de una plaga en un área” (SCIPF, 2023).

Conocer la relación del clima con los cambios en la densidad y distribución de las especies del género *Phyllophaga* tanto en Oaxaca como en todo el país, facilitará mejorar las estrategias para su monitoreo y control. En este estudio buscamos (i) determinar el área potencial de distribución de especies del género *Phyllophaga* en México, en el escenario climático actual; (ii) determinar el área de idoneidad para la presencia de estas especies en escenarios de cambio climático. Así mismo (iii) ubicar regiones de mayor riesgo por *Phyllophaga* al proyectar su distribución potencial con base en el cambio de uso de suelo, en escenarios de cambio climático (Mendoza-Ponce *et al.*, 2018) y (iv) extraer las variables bioclimáticas de cada sitio

muestreado en Oaxaca y conocer su relación con la densidad y diversidad del género *Phyllophaga*.

Metodología

Base de datos. Para el estudio a nivel nacional ocupamos una base de datos con información de la distribución de *Phyllophaga* en México. La base de datos fue creada por el Dr. Miguel Ángel Morón Ríos, especialista en *Phyllophaga*. La base de datos consiste en la revisión de ejemplares de colecciones y museos nacionales e internacionales debidamente etiquetados. La base de datos está resguardada por el INECOL, y fue utilizada para los análisis de este trabajo gracias a los aportes del tercer autor (ARP).

No todas las especies cuentan con suficiente información en cuanto a sus registros de distribución geográfica, ya sea por ser especies endémicas o por falta de muestreo en campo. Se limitó el uso de datos a partir de 1970, y de especies con al menos 15 sitios con presencia a por lo menos 10 km de distancia entre sí. Las especies que cumplieron con los criterios para su modelación son 18. Para cada especie se elaboró un archivo CSV con las coordenadas de los sitios con presencia.

Modelación de nicho ecológico. Usando el programa R, escribimos un código para utilizar el modelado de nicho ecológico a partir de la plataforma de multimodelo Biomod 2 (Thuiller *et al.*, 2016). Los datos de entrada son de la base de datos de cada especie y las capas de variables bioclimáticas para el escenario base y escenarios de cambio climático. Las capas de variables bioclimáticas para el escenario climático base y las proyecciones de escenarios de cambio climático se obtuvieron de la plataforma WorldClim. Para este proyecto se utilizarán dos horizontes de tiempo: 2021–2040 y 2061–2080. Las capas de variables bioclimáticas se relacionan con los Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP). Se utilizarán el SSP 245, 370 y 585.

Las proyecciones se realizaron con distintos Modelos de Circulación General (GCMs). Siendo el modelo del Centro Hadley, HadGEM 3-GC31-LL y el del Instituto Max Planck de Meteorología, MPI-ESM 1-2-HR. Estos modelos presentaron, según Altamirano *et al.* (2021), un mejor desempeño en la región de México con respecto a otros. Además, genealógicamente están distanciados, es decir, no son interdependientes y abarcan una mayor variabilidad climática (Knutti *et al.*, 2013).

En la plataforma WorldClim únicamente se encontraron disponibles los escenarios para el modelo HadGEM 3-GC31-LL con SSP 245 y 585. Para el modelo MPI-ESM 1-2-HR no fue posible ocupar el escenario del SSP 585 del horizonte 2061-2080.

Para las proyecciones en los diferentes modelos definimos que algoritmo ocupar. Realizamos una evaluación de cada algoritmo con la prueba ROC y su desempeño para cada una de las especies modelables, y ocupamos los algoritmos más recurrentes con valores por encima de 0.8. Sobrepusimos los mapas de distribución potencial e identificamos las áreas con idoneidad climática para un mayor número de especies de *Phyllophaga* en cada uno de los escenarios climáticos. Se empalmaron con proyecciones de cambio de uso de suelo. Las proyecciones de cambio de uso de suelo se realizaron con MPI-ESM 1-2-HR con SSP 245 y para el territorio de México únicamente. Las zonas en las que coinciden las mayores riquezas de *Phyllophaga* con las zonas de agricultura, se consideraron las zonas de mayor riesgo de pérdidas agrícolas por plagas.

Análisis de datos a nivel estatal: Oaxaca. Para el desarrollo de la colecta de datos en el estado de Oaxaca se tomó en cuenta el ciclo de vida de los escarabajos y su temporalidad. Aunque la base de datos a nivel nacional se realizó tomando en cuenta colectas de adultos, en Oaxaca colectamos exclusivamente larvas de *Phyllophaga*. Esto nos permitió obtener una mayor cantidad de individuos en un muestreo de corta duración.

Trabajo de campo en el estado de Oaxaca. El muestreo se realizó en diferentes puntos con cultivos de maíz en Oaxaca procurando que haya representatividad geográfica y climática. La distancia mínima entre cada punto fue de 10 km. Las localidades se presentan en la Tabla 1.

Para el muestreo se optó por identificar los cuadrantes más afectados dentro de las parcelas disponibles (donde se observaron plantas caídas o de un tamaño menor al resto). Cerca de alguna de las plantas hicimos un agujero de al menos 10x10x10 cm. En algunas ocasiones se decidió por solo sacar las plantas más dañadas evitando perjudicar el suelo alrededor de otras. Dentro de los datos de colecta, se anotaron el sitio, número de larvas y agregamos a las notas si pertenecía a algún “morfotipo” dependiendo de sus características.

Tabla 1. Localidades muestreadas.

ID	Longitud	Latitud	Sitio
1	-96.800473	17.188655	Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca - INIFAP, Santo Domingo Barrio Bajo
2	-94.808	16.426	Chicapa de Castro
3	-95.079585	16.577415	Ciudad Ixtepec
4	-97.254	17.394	El Solar, Santa María Suchixtlán
5	-96.741343	17.163723	La mesita
6	-97.262	17.481	San Juan Yucuita
7	-97.289	17.559	San Mateo Coyotepec
8	-97.315	17.092	San Mateo Peñasco
9	-96.763291	17.147992	San Pabla Etlá
10	-97.483	17.516	San Pedro y San Pablo Teposcolula
11	-96.48	16.999	Santa Ana del Valle
12	-96.741	16.8506	Santa Ana Zegache
13	-96.291404	17.06482	Santa Catarina Albarradas

14	-96.061389	17.121389	Santa María Tlahuitoltepec
15	-97.42	15.99	Sitio Experimental Costa Oaxaqueña - INIFAP, Río Grande
16	-97.352	17.51	Sitio Experimental Mixteca Oaxaqueña INIFAP
17	-97.473	17.343	Tezoatlan de Segura y Luna
18	-96.9473	16.4965	Santa Inés Sola
19	-97.020317	17.96325	Santa María Tecmovaca

Las larvas se colectaron en vasos de plástico con sustrato del área donde se hacía el agujero. De este modo las llevamos a las instalaciones del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca del INIFAP. Humedecemos el sustrato donde se ubicaban las larvas y pusimos un pedazo de zanahoria del cual podrían alimentarse.

La finalidad de alimentarlas es que alcanzaran el estado adulto y poder facilitar su identificación relacionándolas con los diferentes morfotipos encontrados de cada larva.

Bases de datos del estado de Oaxaca. En un archivo Excel se llenaron los datos de abundancia y riqueza de especies para cada punto de muestreo. Para realizar su análisis estadístico, extrajimos a través de un sistema de información geográfica los valores de las variables bioclimáticas asociados a cada sitio. Con estos datos se realizaron gráficas que permitieran conocer la correlación de las diferentes variables con la abundancia y riqueza. La correlación se ve reflejada en el valor de R en la línea de tendencia exponencial en cada gráfica. Así analizamos la relación entre los diferentes valores de variables bioclimáticas con la presencia y densidad de diferentes especies del género *Phyllophaga*.

Resultados y discusión

Riqueza de especies. Solo fue posible modelar el nicho ecológico de un total de 20 especies, ya que eran las cuales presentaban las características idóneas para el modelado. De modo que para cada escenario climático seleccionado tenemos un mapa de riqueza de especies generado con el solapamiento del área para las 20 especies. Así tenemos un total de 10 mapas de riqueza.

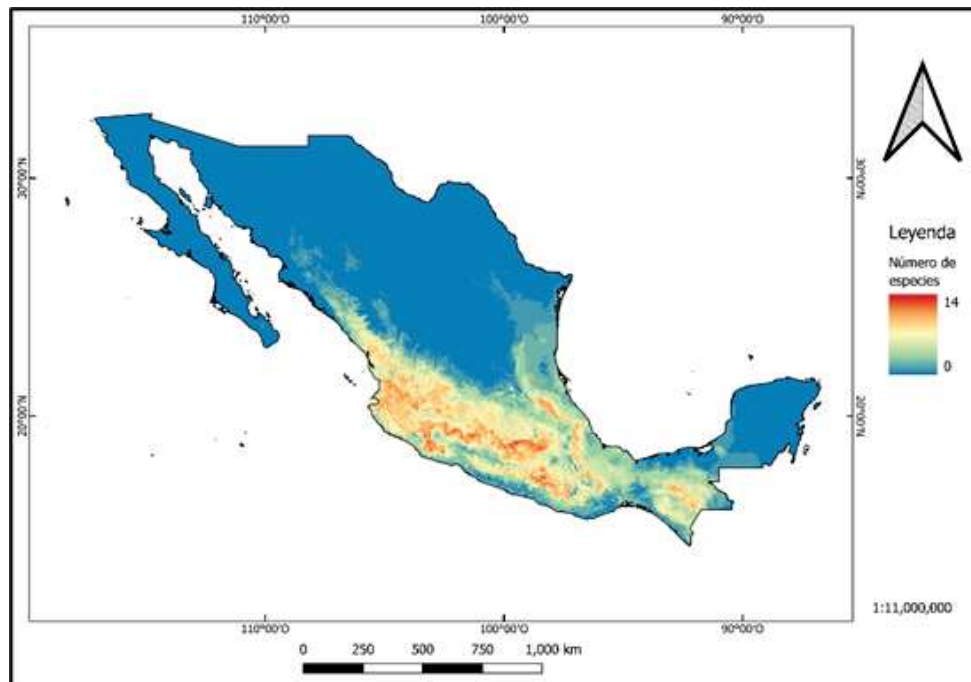


Figura 1. Mapas con la distribución potencial de 20 especies de *Phyllophaga* en México estimada para las condiciones climáticas actuales, en escala de color la ausencia de especies es de color azul y un máximo de 14 especies presentes en color rojo.

Se presentan cinco mapas para diferentes escenarios climáticos. Para el mapa que representa el escenario base (Fig. 1) y para los mapas de cada escenario de cambio climático (Fig. 2) el área idónea para un mayor número

de especies se presenta en el centro y sur de México. En el primer mapa se muestra que estados como Oaxaca, Chiapas, y gran parte del Valle de México tienen idoneidad para más especies. No es el caso de estados como Coahuila, Tabasco y Baja California donde la idoneidad climática es casi nula. El número máximo de especies con idoneidad climática en una misma área geográfica es de 14.

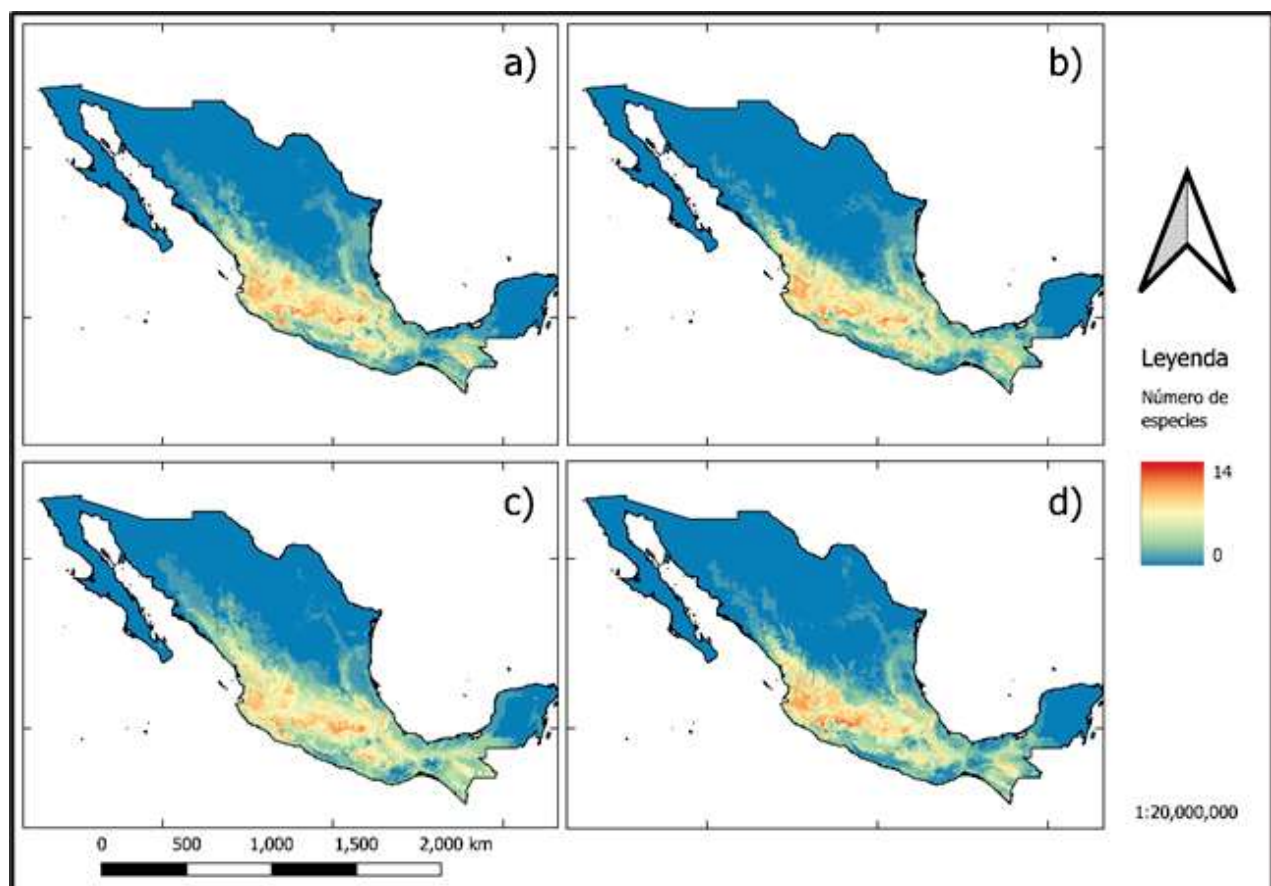


Figura 2. Mapas de distribución potencial de 20 especies *Phyllophaga* estimada en cuatro escenarios de cambio climático con el SSP 245 A) HadGEM 3-GC31-LL en el horizonte 2021-2040, B) MPI-ESM 1-2-HR en el horizonte 2021-2040, C) HadGEM 3-GC31-LL en el horizonte 2061-2080, D) MPI-ESM 1-2-HR en el horizonte 2061-2080. En todos los mapas la escala de color indica el número de especies presentes.

El área idónea presenta cambios importantes entre los mapas del escenario base y cada escenario de cambio climático. El mapa A presenta una mayor área con presencia de especies, después del escenario base; y muestra una mayor idoneidad en el norte del país. En el mapa B se presenta una mayor concentración de especies en un área más extensa respecto al resto de mapas. En todos los mapas de cambio climático se mantiene constante la casi nula presencia de especies en Baja California y en la península de Yucatán.

El área idónea para la presencia de especies de cada mapa se representa por porcentajes en la Tabla 2, donde cada categoría es un rango de especies. De manera general en los mapas de escenarios de cambio climático, se ve un aumento en el porcentaje de área idónea para un mayor número de especies.

Tabla 2. Porcentaje de área por cada categoría de presencia de especies en los mapas de escenarios base y de cambio climático.

# Especies	Escenarios				
	Base [%]	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]
0	61.21	54.51	58.52	51.22	57.83
1-5	23.86	31.82	28.28	34.75	30.55
6-10	13.60	12.91	12.13	13.41	10.79
11-15	1.34	0.75	1.07	0.62	0.83
1-15	38.79	45.49	41.48	48.78	51.26

Actualmente, solo un trabajo modela el área idónea en México para la presencia de una especie del género, *P. ravidia* (Pérez *et al.*, 2018). La distribución potencial de *P. ravidia* en el trabajo coincide con lo que encontramos. Con las zonas del centro y Oeste del país las más idóneas. No contamos con trabajos que modelen en escenarios de cambio climático el área idónea de esta u otras especies de *Phyllophaga*. En nuestro trabajo se ve un aumento en el área idónea para varias de las especies de *Phyllophaga* en escenarios de cambio climático. Trabajos como el de Borner *et al.*, 2022 y Della Rocca y Milanesi, 2022, para *Popillia japonica* muestran un patrón semejante. Debemos resaltar que algunas especies como *P. ravidia* y *P. obsoleta* permanecen o incluso aumentan su distribución.

Área de mayor riesgo. Se generaron tres mapas de área de riesgo, cada mapa presenta un diferente escenario. En todos los mapas es evidente que el área de agricultura aumenta conforme se avanza en los horizontes de tiempo. Se mantiene una mayor área de riesgo en el centro y sur del país, destacando a los estados de Puebla, Oaxaca y Chiapas. En gran parte del norte del país y en Baja California el solapamiento con el área de agricultura es menor (Figura 3).

En la Tabla 3 se presenta el porcentaje de área con mayor número de especies solapada con el área de agricultura proyectada. El porcentaje aumenta conforme avanzamos en los horizontes representados.

En el trabajo de Pérez, *et al.*, 2018. Se muestra que el solapamiento de las áreas de cultivo de maíz con la distribución potencial de *P. ravidia* es mayor en los estados de Oaxaca, Puebla, Chiapas y Estado de México. Los resultados coinciden con lo observado en nuestro estudio y si agregamos que se registra a *P. ravidia* como una de las especies más agresivas hacia el maíz (Ramírez-Salinas y Castro-Ramírez, 2000), notamos que el riesgo también coincide con las zonas que encontramos.

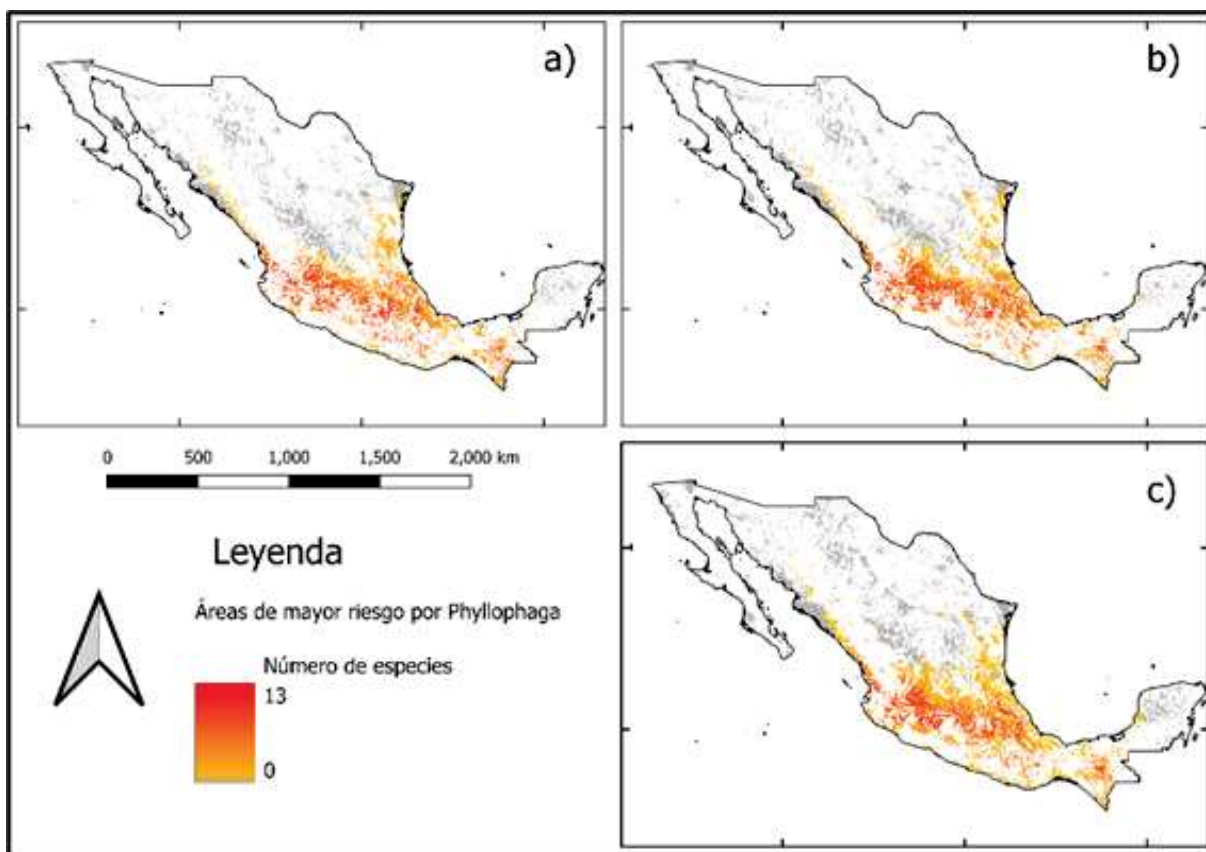


Figura 3. Mapas de áreas de mayor riesgo por *Phyllophaga*. a) representa el escenario climático base, b) y c) el escenario de cambio climático para el modelo MPI-ESM 1-2-HR con SSP 245 en el horizonte 2030 y 2070 respectivamente.

Tabla 3. Porcentaje de área por cada categoría número de especies en los mapas de riesgo para el escenario base y de cambio climático.

# Especies	Escenarios		
	a [%]	b [%]	c [%]
0	40.32	37.93	38.80
1-5	32.37	36.22	39.44
6-10	24.38	24.38	20.27
11-13	2.28	1.46	1.50
1-13	69.71	62.07	61.20

Correlación de densidad y diversidad *Phyllophaga* con el clima. Al realizar las gráficas de dispersión, solo dos de las variables bioclimáticas mostraron tener una relación significativa estadísticamente con la densidad y diversidad de especies. La isotermalidad (Bio3) y la precipitación total del trimestre más frío (Bio 19). De este modo podemos ver que en las gráficas la isotermalidad presenta un valor de correlación de hasta 0.95, y en el caso de la precipitación del trimestre más frío hasta de 0.82 (Figura 4).

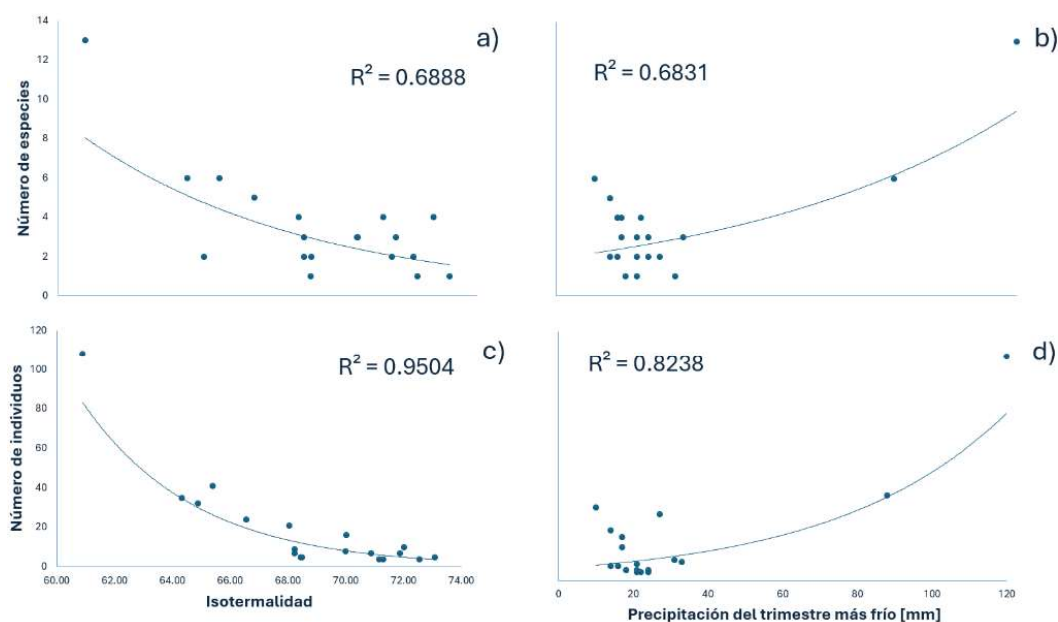


Figura 4. Gráficas de dispersión para los valores de densidad y diversidad de *Phyllophaga* con relación a la Isotermalidad y Precipitación del trimestre más frío.

Conclusiones

El clima y el cambio de uso de suelo resultan indispensables para determinar la presencia de los Coleopteros debido a su ciclo de vida. Nuestro trabajo se basa en esta primicia y satisfactoriamente presenta las áreas idóneas para la

distribución de *Phyllophaga* en México. No solo eso, estas se empalman en gran medida con las áreas proyectadas para agricultura, incluso las áreas de mayor riqueza de especies concuerdan con las reportadas en otros estudios, al centro y sur de México. Muestra un escenario en el que el área de distribución aumenta considerablemente.

El aumento de las áreas idóneas para un mayor número de especies es semejante a lo especulado. Por otro lado, se prevé que aquellas especies que prevalezcan son las reportadas con un comportamiento más agresivo hacia cultivos de maíz, las más abundantes. Esto no solo indica que la composición de especies cambiara. Se espera que haya una pérdida de biodiversidad para la mayoría del género, pero mayor abundancia en especies que representan un problema fitosanitario.

Actualmente, gracias a los muestreos realizados en Oaxaca, observamos que la Isotermalidad es una variable importante para el establecimiento de las especies de *Phyllophaga*. A menor isotermalidad, el régimen térmico varía más diariamente que anualmente, es decir, hay una estacionalidad más marcada. Con valores menores también aumenta la densidad y diversidad del género. En un ambiente en el que se espera el establecimiento general de una “eterna primavera”, o mayor valor de isotermalidad, es aparente que solo habrá menos especies. Nuevamente una pérdida de biodiversidad importante.

En este trabajo decidimos realizar un estudio desde diferentes escalas, tomamos en cuenta no solo el clima como factor determinante en la distribución de *Phyllophaga*. También usamos el cambio de uso de suelo, las áreas de agricultura para definir las áreas donde sería posible que estén presentes los organismos. Así mismo, el estudio no solo trabajo con una metodología diferente. De entre los trabajos consultados no fue posible encontrar alguno que trabaje con la distribución potencial de *Phyllophaga* en escenarios de cambio climático.

Agradecimientos

El trabajo fue financiado por el proyecto No. 320715 titulado: “Modelo predictivo como estrategia de control de la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) con base en información climática y del micro-hábitat en el suelo en sistemas de mono y policultivo de maíz nativo en Oaxaca”, financiado por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT). De igual manera, agradecemos infinitamente a los productores, técnicos y estudiantes que nos apoyaron durante los recorridos de campo en las recolectas en campo, especialmente a Eunice Raquel Avendaño Zavaleta (UMAR), Brenda Dafne López Ponce (UNAM) y Axel Teodoro Cortés Dávila (ITVO), quienes apoyaron durante la recolecta de larvas en el 2023. A lo largo de 2022, recolectas de escarabajos adultos que fueron necesarias para el posterior enlace de adulto-larva se realizaron gracias al apoyo de las siguientes personas: Yesenia Guadalupe Barranco Gonzales (ITVO), Rocío Cervantes Hernández (ITVO), Teresa Nashiely Ruíz Ríos (UBBJ), Lucenia Cuenca Méndez (UBBJ) y Rigoberto Aragón Martínez (UNSIJ). Finalmente, agradecemos la cooperación del INECOL, al proporcionar la base de datos generada por el Dr. Miguel Ángel Morón Ríos, la cual se encuentra bajo su resguardo. Es preciso indicar que el estudio a nivel nacional y todo este trabajo fue posible gracias a su contribución.

Literatura citada

- Altamirano, M., Estrada, F., Gay-García, C. 2021. A new method for assessing the performance of general circulation models based on their ability to simulate the response to observed forcing. *Journal of Climate*. 34: 5385-5402.
- Borner, L., Martinetti, D. Poggi, S. 2022. A new chapter of the Japanese beetle invasión saga: predicting suitability from long-infested areas to inform surveillance strategies in Europe. *Entomologia Generalis*. 43 (5): 951 – 960.

- Della Rocca, F., Milanesi, P. 2022. The New Dominator of the World: Modeling the Global Distribution of the Japanese Beetle under Land Use and Climate Change Scenarios.. *Land*. 11: 567-583.
- Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV). 2023. Ficha Técnica No. 08 / CGC/CNRF. Complejo gallina ciega.
- Fondo Mundial de Información sobre Biodiversidad. GBIF Secretariat. 2023. *Phyllophaga* Harris, 1826. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Recuperado el 10 de junio de 2024 de <https://www.gbif.org/species/1061346>
- Hernández-Cruz, J., M. A. Morón, Ruiz-Vega, J., Sánchez-García, J., Martínez-Martínez, L. 2014. Bionomía de las especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae) en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. *Acta Zool Mex*. 30(1): 144-160.
- Jin, Z., Zhao, H., Xian, X., Li, M., Qi, Y., Guo, J., Yang, N., Lü, Z. & Liu, W. 2024. Alerta temprana y manejo de plagas invasoras de cultivos bajo calentamiento global: estimación de los patrones de distribución geográfica global y la superposición de nichos ecológicos de tres escarabajos *Dia-brotica*. *Environ Sci Pollut Res*. 31: 13575-13590.
- Knutti, R., Masson, D. & Gettelman, A. 2013. Climate model genealogy: Generation CMIP5 and how we got there. *Geophysical Research Letters*. 40(6): 1194-1199.
- Morón, M. A.. 2010. Diversidad y distribución del complejo “gallina ciega” (Coleoptera: Scarabaeoidea). En L. A. Rodríguez del Bosque y M. A. Morón (Eds.), *Plagas del suelo*. Mundi Prensa, México. pp.41 - 64.
- Marín, A., y R. Bujanos. 2008. Especies del complejo “gallina ciega” del género *Phyllophaga* en Guanajuato, México. *Agric. Téc Méx*. 34: 349-355
- Mendoza-Ponce, A., Corona, R., Kraxner, F., Leduc, S., & Patrizio, P. 2018. Identifying effects of land use cover changes and climate change on terrestrial ecosystems and carbon stocks in Mexico. *Global environmental change*. 53: 12-23.
- Pérez, N., López, V., Jiménez, D., Aragón, A., Guillen, D., Juárez, P., & Alía, I. 2018. Interacción Geográfica del Nicho Ecológico de *Phyllophaga ravid*

- y Dos Cultivos Agrícolas en México. *Southwestern Entomologist*. 43(4): 947-954.
- Ramírez-Salinas, C., y A. E. Castro-Ramírez. 2000. El complejo “gallina ciega” (Coleoptera: Melolonthidae) en el cultivo de maíz, en el madronal, municipio de Amatenango del Valle, Chiapas, México. *Acta Zool. Mex.* 79: 17-41.
- SCIPF. 2023. Glosario de términos fitosanitarios. Norma internacional para medidas fitosanitarias n.º 5. Roma. FAO en nombre de la Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria.
- Thuiller, W., Georges, D., Engler, R. & Breiner, F. (2016) biomod2: ensemble platform for species distribution modeling. R. Package Version 3: 3-7.
- Varela, S., Mateo, R., García, R. & Fernández, F. 2014. Macroecología y ecoinformática: sesgos, errores y predicciones en el modelado de distribuciones. *Ecosistemas*. 23(1): 46-53.

Inventario preliminar de los escarabajos (Insecta: Coleoptera; Scarabaeoidea) de La Loma, municipio de Tolimán, Jalisco, México

Luis Eugenio Rivera-Cervantes^{1*}

Brenda Karina Reyes-Presa²

Edith García-Real¹

Resumen

Se presentan los resultados obtenidos del inventario preliminar de la composición de los escarabajos de la superfamilia Scarabaeoidea, de La Loma, Municipio de Tolimán, Jalisco, obtenidos durante tres meses de colecta (junio, julio y agosto) en el año 2011, empleando necrotrampa NTP-80, carpotrampa y colecta directa, en vegetación secundaria y en selva baja caducifolia. Los objetivos fueron: a) conocer la riqueza y abundancia de los escarabajos presentes en el área, b) detectar la presencia de posibles especies de importancia económica y c) formar una colección de referencia de las especies registradas. Se colectó un total de 435 individuos pertenecientes a 21 géneros y 30 especies, de los que 208 individuos pertenecen a la familia Scarabaeidae (48%), 198 a la subfamilia Melolonthinae (45%) y 29 a la familia Trogidae (7%). La subfamilia Melolonthinae estuvo constituida por 21 especies, la familia Scarabaeidae por ocho especies y Trogidae por sólo una especie. Las especies

¹ Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Avenida Independencia Nacional 151, Autlán de Navarro, Jalisco C.P. 48900, México.

² Ingeniería en Recursos Naturales y Agropecuarios, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Avenida Independencia Nacional 151, Autlán de Navarro, Jalisco.

* Autor para correspondencia: eugenio.rivera@academicos.udg.mx

más abundantes fueron *Coprophanaeus pluto* con 95 individuos (21.8%), *Cotinis mutabilis* con 79 (18.1%) y *Canthon indigaceus* con 43 (9.8%). La mayor abundancia se presentó en julio con 389 individuos, mes que coincide con las lluvias más constantes de la región. La mayor abundancia (429 especímenes) y riqueza (27 especies) se registró en vegetación secundaria. Se registraron especies con amplia distribución mundial *Omorgus suberosus* Fabricius, especies exclusivas de México y especies exóticas *Digitonthophagus gazella* Fabricius y *Euoniticellus intermedius* Reiche, así como potenciales especies plagas de importancia agrícola.

Palabras clave: abundancia, Scarabaeidae, Melolonthinae, Trogidae, riqueza, selva baja caducifolia, vegetación secundaria.

Introducción

Durante los últimos treinta años, en México han aumentado las actividades estatales y regionales respecto a la realización de estudios taxonómicos, de inventario, biogeográficos y la formación de colecciones biológicas (Llorente-Bousquets *et al.*, 1999). Un gran esfuerzo por conocer la diversidad entomológica de nuestro país, han realizado investigadores de diferentes instituciones nacionales y del extranjero desde la década de los ochenta del pasado siglo XX a la fecha. Sin embargo, aún existen vastas zonas y regiones del país pobre o nulamente estudiadas. De aquí surge la necesidad de conocer la riqueza de los Coleopteros incluidos en la superfamilia Scarabaeoidea (*sensu* Lawrence & Newton, 1995), presentes en la localidad de la Loma, municipio de Tolimán, al suroeste de Jalisco, México.

Los Scarabaeoidea es una de las superfamilias más grande y diversificada del orden Coleoptera, con ciclos de vida y hábitos alimentarios heterogéneos (Lugo *et al.*, 2011). Está conformada por 13 familias, con aproximadamente 2,200 géneros y 30,549 especies descritas en todo el mundo (Deloya y Pon-

ce-Saavedra, 2016), de las que aproximadamente 500 géneros y 6,000 especies se encuentran en el Neotrópico (Jameson & Ratcliffe, 2002). Los miembros de esta superfamilia se caracterizan por su parecido al “escarabajo sagrado” de los antiguos egipcios y por tener las antenas lameladas. Se encuentran presentes en casi todos los hábitats, mostrando una amplia variedad de hábitos alimenticios, de vida y morfológicamente muy diversos, además algunos presentan dimorfismo sexual.

Muchas especies en estado de larva (conocidas como “gallina ciega”) son consideradas plagas al reducir los rendimientos agrícolas y provocar pérdidas totales de las cosechas de maíz principalmente así como otros cultivos de gramíneas, mientras que otras proporcionan beneficios tanto al ser humano como a la naturaleza al reciclar los nutrientes en el suelo, acelerando con ello la degradación de la materia y remover el sustrato, reincorporándola al ecosistema (Anderson & Peck, 1985; Ocampo, 2008; Deloya & Ramírez-Espíritu, 2010). Por otra parte, algunas especies de Scarabaeidae son consideradas bioindicadores potenciales de la calidad ambiental o como exponentes de la riqueza biótica (Magaña-Cuevas & Rivera-Cervantes, 1998).

En este trabajo nuestros objetivos son dar a conocer la riqueza y la abundancia preliminar de los Scarabaeoidea presentes en dos tipos de vegetación (selva baja caducifolia y vegetación secundaria) de la localidad de La Lima, municipio de Tolimán, Jalisco, describir la distribución geográfica de las especies colectadas por medio de necrotrampas, carpotrampas y colecta directa, y formar una colección de referencia para posteriores estudios.

Materiales y métodos

Área de Estudio. El estudio se realizó en la Localidad de la Loma, Municipio de Tolimán, en la región Sur del estado de Jalisco. Tolimán posee una

extensión territorial de 512.18 km² y se ubica entre las coordenadas 19°24'20" y 19°39'30" de latitud norte y 103°44'20" y 104°02'45" de longitud oeste, a una altura de 750 metros de elevación. Limita al norte con los municipios de San Gabriel y Tuxcacuesco; al sur, con el estado de Colima; al este, Zapotitlán de Vadillo; y al oeste, Cuautitlán de García Barragán y Tuxcacuesco. Presenta un clima semiseco con inviernos y primavera secos, y semicálidos sin estación invernal definida, con temperatura media anual de 24.9° C, y precipitación media anual de 513.1 milímetros con regímenes de lluvia en junio y julio (Tolimán, 2016) (Figura. 1).

Muestreo. En el año 2011 se realizaron tres muestreos en selva baja caducifolia (SBC) y vegetación secundaria (VS), durante los meses de junio, julio y agosto que coinciden con la temporada de lluvias en la región. Los muestreos se realizaron mediante tres métodos de colecta: 1) Necrotrampa NTP 80 modificada (Morón y Terrón, 1984). Son trampas de caída en las cuales se colocó calamar en descomposición como atrayente y como líquido fijador-conservador se empleó una mezcla de alcohol al 70% con ácido acético glacial. Cada mes se cambiaba el cebo, el líquido fijador-conservador y se recogía el material capturado (Márquez-Luna, 2005). 2) Carpotrampa: Son trampas de caída que se elaboraron utilizando envases de plástico de aproximadamente 2,5 litros, con tres ventanas para permitir la entrada de los especímenes (Márquez-Luna, 2005).

Dentro de cada envase se colocó una mezcla de fruta fermentada licuada (mango, piña y papayo) como atrayente con un poco de levadura. Cada 15 días se cambiaba la mezcla y se recogían los especímenes capturados. 3) Colecta directa: Buscando de manera activa los organismos en su ambiente, removiendo hojarasca, materia en descomposición y excretas de rumiantes, cada vez que se iba a recoger las trampas.

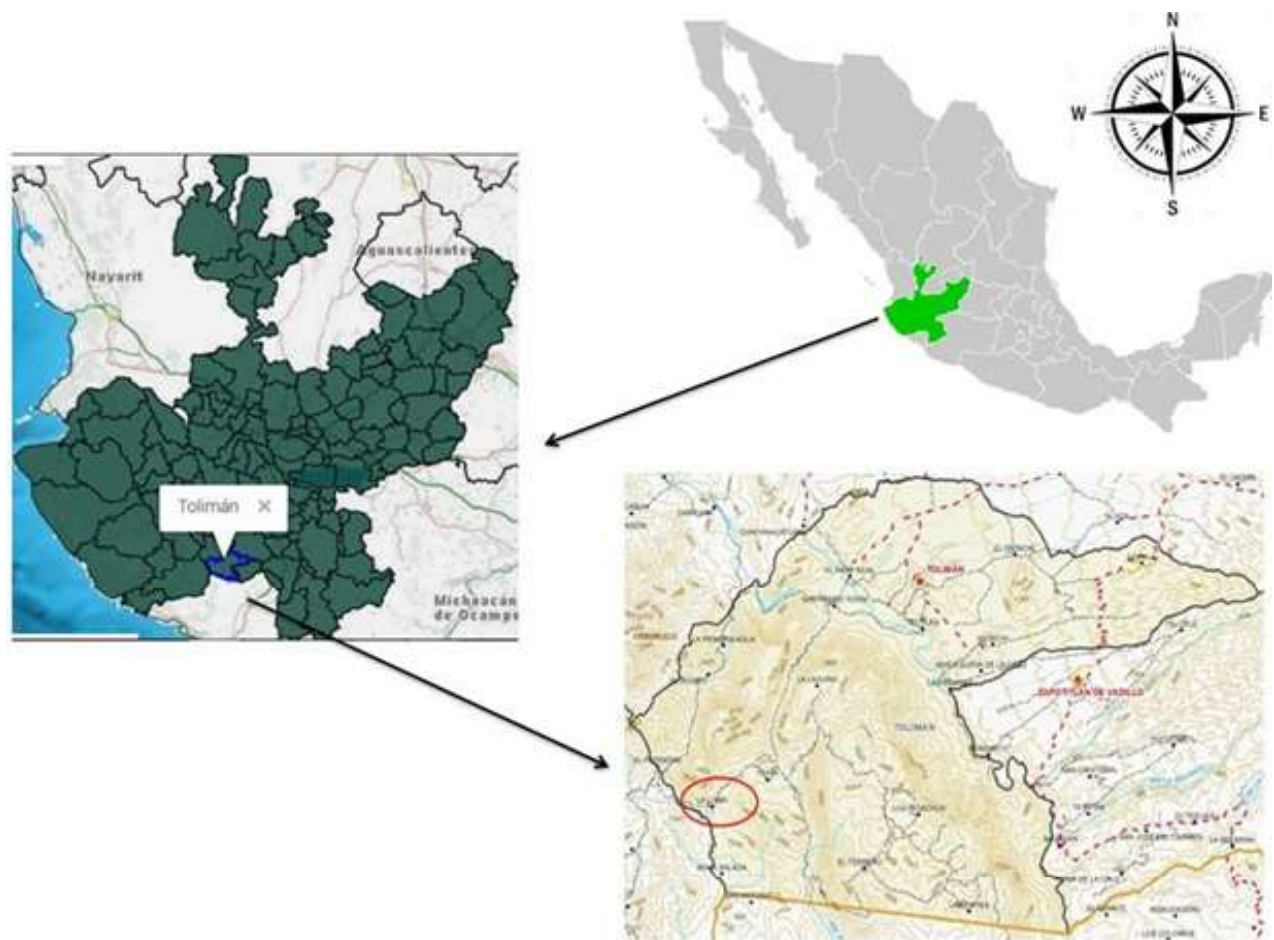


Figura 1. Localización del área de estudio, Localidad de La Loma, Municipio de Tolimán, Jalisco.

Los especímenes colectados una vez en el laboratorio, fueron separados, cuantificados, montados, etiquetados y determinados por los autores. Los ejemplares se encuentran depositados en la Colección Entomológica del Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad (IME-CBIO), en el Centro Universitario de la Costa Sur, en la ciudad de Autlán de Navarro, Jalisco.

Resultados. Durante los tres meses de muestreos se capturaron un total de 435 especímenes adultos de escarabajos de la Superfamilia Scarabaeoidea (Trogidae, Scarabaeidae y Melolonthinae), de los que 203 (46.66%) fueron por captura directa, 134 (30.80%) en necrotrampas y 98 (22.52%) en carpotrampas. Estos pertenecen a 21 géneros y 30 morfoespecies.

La familia Trogidae estuvo representada únicamente por una especie: *Omorgus suberosus* Fabricius, 1775; la familia Scarabaeidae por ocho especies: *Canthon indigaceus indigaceus* LeConte, 1866; *Coprophanaeus pluto* (Harold, 1863); *Deltochilum gibbosum sublaeve* Bates, 1887; *Copris lugubris* Boheman, 1858; *Phanaeus tridens* Laporte de Castelnau, 1840; *Onthophagus chevrolati chevrolati* Harold, 1869; *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787); *Euoniticellus intermedius* (Reiche, 1849); y la subfamilia Melolonthinae por 21 especies: *Calomacraspis splendens* (Burmeister, 1844); *Cotinis mutabilis* (Gory y Percheron, 1833); *Cyclocephala* sp.1 Latreille, 1829; *Euphoria leucographa* (Gory y Percheron, 1833); *Euphoria pulchella* (Gory y Percheron, 1833); *Hologymnetis cinerea* (Gory y Percheron, 1833); *Paragymnetis flavomarginata poecila* Schaum, 1848; *Paranomala* sp.1 (Casey, 1915); *Paranomala* sp.2 (Casey, 1915); *Paranomala* sp.3 (Casey, 1915); *Dyscinetus picipes* Burmeister, 1847; *Pelidnota virescens* Burmeister, 1844; *Diplotaxis alphamartinezi* Delgado, 1990; *Diplotaxis angularis* Le Conte, 1856; *Diplotaxis consentanea* Bates, 1887; *Diplotaxis femoralis* Vaurie, 1960; *Phyllophaga (Phyllophaga) ravidia* (Blanchard, 1850); *Phyllophaga (Phyllophaga) vetula* (Horn, 1887); *Phyllophaga (Phyllophaga) setifera* Burmeister, 1855; *Phyllophaga (Phytalus) pruinosa* Blanchard, 1850; y *Strategus aloeus* (Linné, 1758).

Durante los tres meses de colecta, la subfamilia Scarabaeinae fue la más abundante, con 208 individuos capturados (48%); seguido por Melolonthinae, con 198 individuos (45%); y Trogidae, con 29 individuos (7%) (Figura 2).

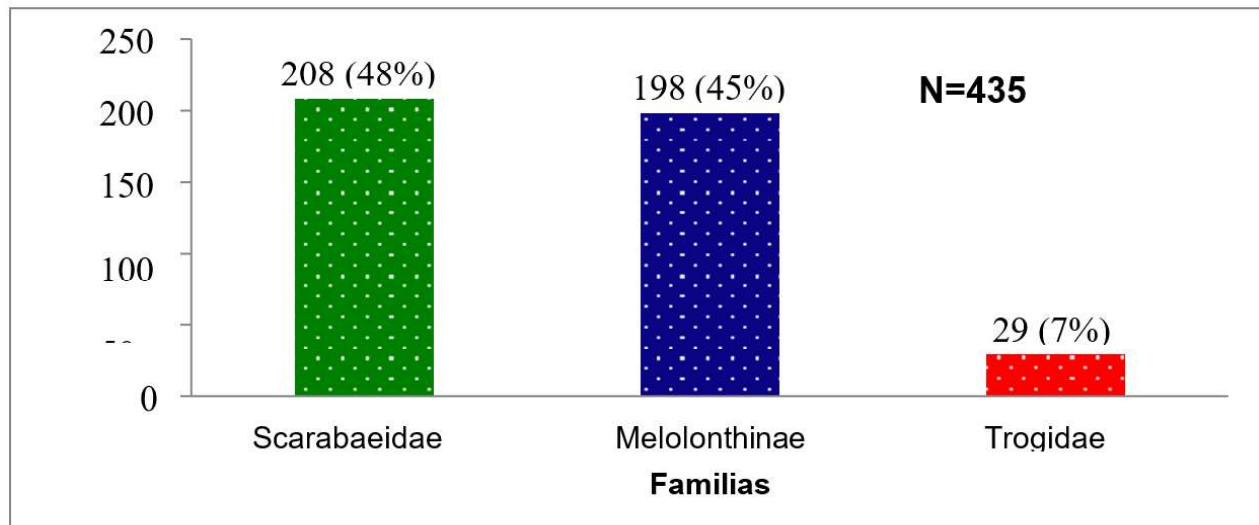


Figura 2. Abundancia presentada por las familias de Scarabaeoidea de La Loma, Municipio de Tolimán, Jalisco.

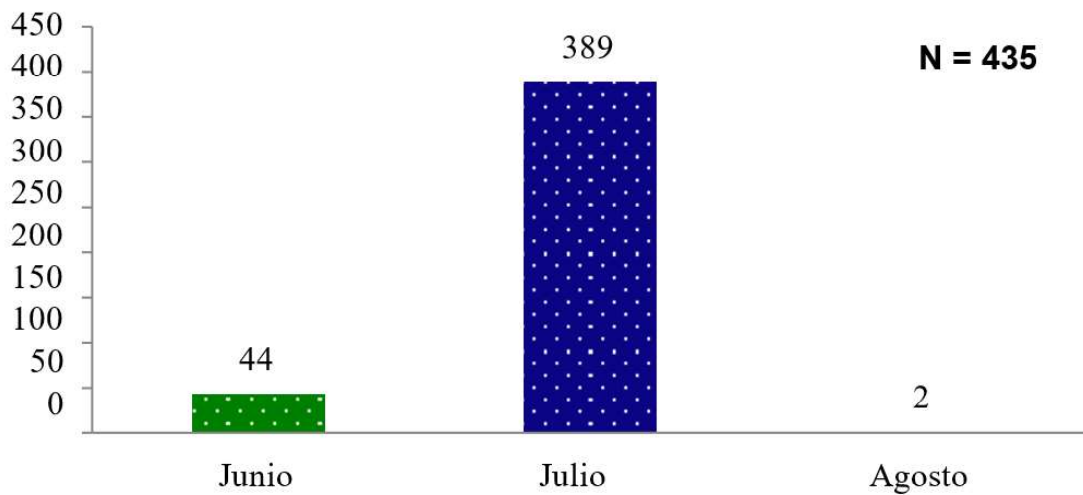


Figura 3. Abundancia presentada por los Scarabaeoidea de La Loma, Municipio de Tolimán, Jalisco, en tres meses de muestreo.

De las 30 morfoespecies colectadas, tres resultaron ser las más abundantes *Coprophanaeus pluto* con 95 individuos (21.83%), seguido de *Cotinis mutabilis* con 79 individuos (18.16%) y *Canthon indigaceus indigaceus* con 43 individuos (9.88%). Destaca que once de las 30 especies capturadas están representadas por sólo un individuo. Del total de los 21 géneros y 30 especies capturados, Melolonthinae fue la subfamilia más rica con 12 géneros y 21 especies. Seguido por Scarabaeinae con ocho géneros y ocho especies, y Trogidae con sólo un género y una especie.

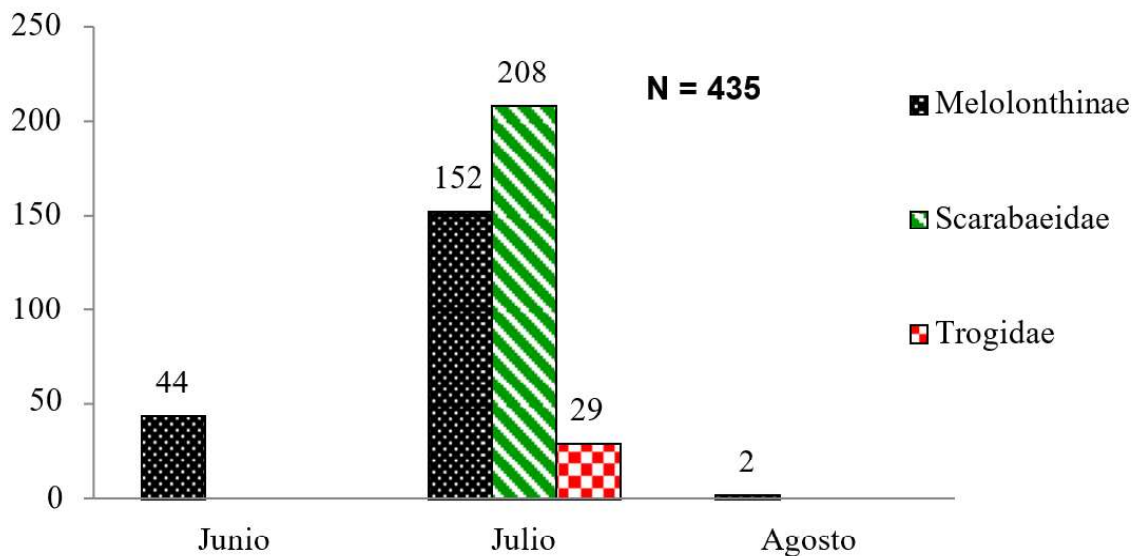


Figura 4. Abundancia presentada por los Scarabaeoidea en tres meses de colecta en la localidad de La Loma, Municipio de Tolimán, Jalisco.

De los tres meses de colecta, el pico de mayor abundancia se presentó en el mes de julio con 389 individuos colectados (89.42%), junio con 44 individuos (10.11%) y agosto con 2 individuos (0.45%), que coincide con el inicio del periodo de lluvias (junio) y la canícula (ausencia o disminución de lluvias) en el mes de agosto en la región (Figura 3). Los adultos de Melolonthinae se

capturaron en los tres meses de colecta, la mayor abundancia se presentó en el mes de julio con 152 individuos seguido de junio con 44 y la menor en agosto con dos individuos. Mientras que Scarabaeidae y Trogidae se capturaron únicamente durante el mes de julio con 208 y 29 individuos respectivamente (Figura 4). Por tipo de colecta la mayor abundancia se presentó en colecta directa con un total de 203 individuos (46.66%), seguida por la necrotrampa con 134 individuos (30.80%) y la menor en carpotrampa con 98 individuos (22.52%) (Figura 5).

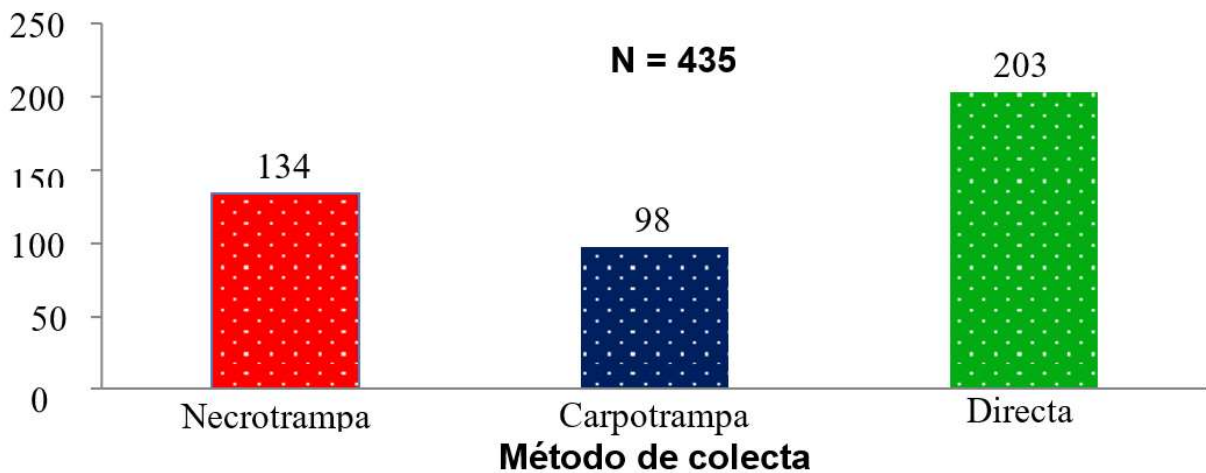


Figura 5. Abundancia de las familias de Scarabaeoidea por método de colecta, en La Loma, Municipio de Tolimán, Jalisco.

Por colecta, la familia Scarabaeidae fue ligeramente más abundante en necrotrampa, con 105 individuos, seguido por colecta directa, con 102; y un sólo individuo en carpotrampa. Melolonthinae fue también ligeramente más abundante en colecta directa, con 101 individuos y 97 en carpotrampa. Trogidae, con 29 individuos colectados sólo en necrotrampas (Figura 6).

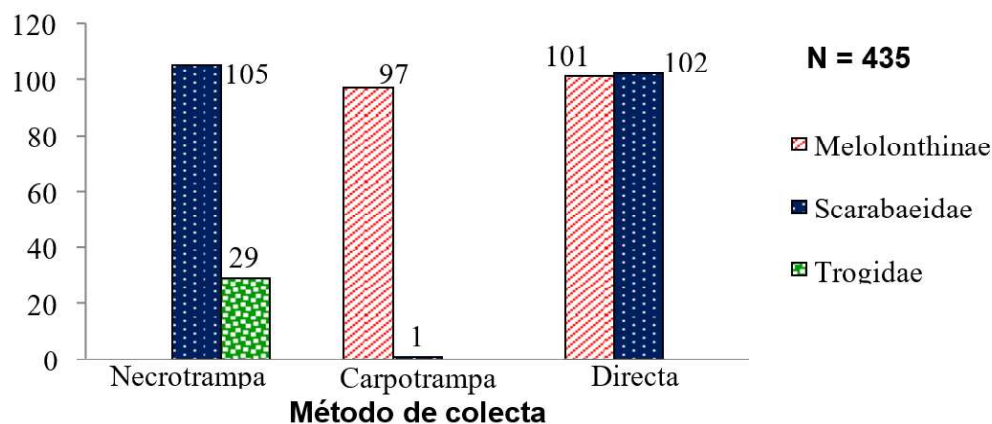


Figura 6. Abundancia de familias de Scarabaeoidea por tipo de colecta, presentado en La Loma, Municipio de Tolimán, Jalisco.

Las tres especies más abundantes por tipo de colecta fueron *Coprophanaeuspluto* con 93 individuos colectados en necrotrampa de un total de 95 colectados, *Cotinis mutabilis* con 78 individuos en carpotrampa de 79 y *Canthon indigaceus indigaceus*, con 42 individuos en colecta directa de 43 capturados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Abundancia de las especies de Scarabaeoidea capturadas por métodos de muestreo en La Loma, Municipio de Tolimán, Jalisco.

Familias y Especies	Individuos por especie capturados			Total
	Necro-trampa	Carpo-trampa	Colecta directa	
Trogidae				
<i>Omorgus suberosus</i>	29	0	0	29
Scarabaeidae				
<i>Canthon indigaceus indigaceus</i>	1	0	42	43

<i>Copris lugubris</i>	0	0	1	1
<i>Coprophanaeus pluto</i>	93	1	1	95
<i>Deltochilum gibbosum sublaeve</i>	11	0	0	11
<i>Digitonthophagus gazella</i>	0	0	8	8
<i>Euoniticellus intermedius</i>	0	0	30	30
<i>Onthophagus chevrolati chevrolati</i>	0	0	1	1
<i>Phanaeus tridens</i>	0	0	19	19
Melolonthidae				
<i>Calomacraspis splendens</i>	0	1	0	1
<i>Cotinis mutabilis</i>	0	78	1	79
<i>Cyclocephala</i> sp.1	0	1	0	1
<i>Diplotaxis alphamartinezi</i>	0	0	1	1
<i>Diplotaxis angularis</i>	0	0	1	1
<i>Diplotaxis consentanea</i>	0	0	1	1
<i>Diplotaxis femoralis</i>	0	0	1	1
<i>Dyscinetus picipes</i>	0	0	30	30
<i>Euphoria leucographa</i>	0	4	0	4
<i>Euphoria pulchella</i>	0	0	1	1
<i>Hologymnetis cinerea</i>	0	4	0	4
<i>Paragymnetis flavomarginata poecila</i>	0	2	0	2
<i>Paranomala</i> sp.1	0	0	23	23
<i>Paranomala</i> sp.2	0	2	29	31
<i>Paranomala</i> sp.3	0	0	3	3
<i>Pelidnota virescens</i>	0	3	1	4
<i>Phyllophaga (Phyllophaga) ravida</i>	0	0	3	3
<i>Phyllophaga (Phyllophaga) vetula</i>	0	0	2	2
<i>Phyllophaga (Phyllophaga) setifera</i>	0	0	4	4
<i>Phyllophaga (Phytalus) pruinosa</i>	0	1	0	1
<i>Strategus aloeus</i>	0	1	0	1
Total	30	134	98	203
				435

La mayor abundancia por el tipo de vegetación, se presentó en vegetación secundaria con 429 individuos (98.62%), encontrándose presentes la familia Scarabaeidae con 208, la subfamilia Melolonthinae con 192, y la familia Trogidae con 29 individuos. En la selva baja caducifolia se colectaron seis individuos (1.37%) de Melolonthinae.

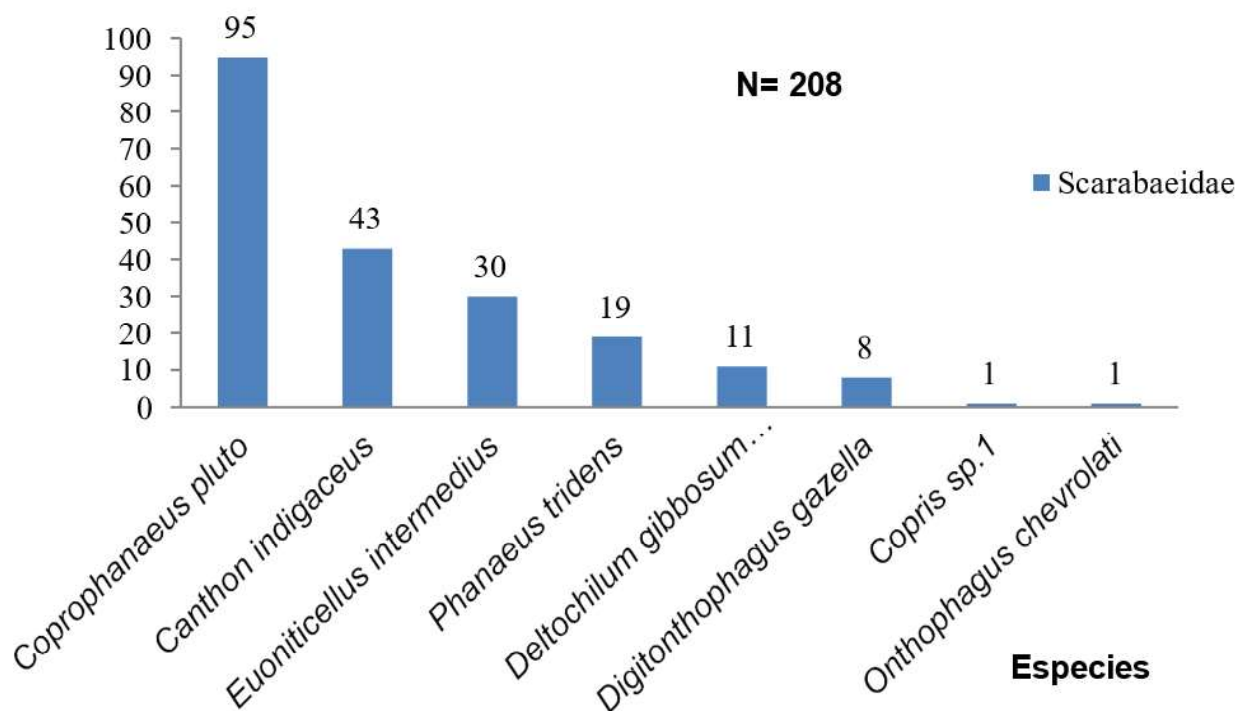


Figura 7. Abundancia de especies de Scarabaeidae colectadas en vegetación secundaria, en La Loma, Municipio de Tolimán, Jalisco.

Las especies de Scarabaeidae más abundantes en vegetación secundaria fueron *Coprophanaeus pluto*, con 95 individuos; *Canthon indigaceus*, con 43; y *Euoniticellus intermedius*, con 30 individuos colectados (Figura 7). De Melolonthinae, las especies más abundantes fueron *Cotinis mutabilis*, con 79 individuos; seguido de *Paranomala sp.2*, con 31; y *Dyscinetus sp 1*, con 30 in-

dividuos, de las demás especies se colectaron entre uno y cuatro individuos. En el cuadro 2 se presenta la distribución geográfica de las especies de Scarabaeoidea presentes en la localidad de La Loma, municipio de Tuxcacuesco, Jalisco, indicando los diferentes estados de la República Mexicana en donde han sido reportadas.

Cuadro 2. Distribución geográfica de las especies de Scarabaeoidea presentes en la localidad de La Loma, municipio de Tuxcacuesco, Jalisco, en los estados de la república mexicana.

Especies	Distribución en la república mexicana
<i>Omorgus suberosus</i>	BC, Coah, Chis, Edo. Méx, Dgo, Gro, Jal, Méx, Mich, Mor, Nay, Oax, Pue, SLP, Son, Tab, Tamps, Yuc.
<i>Canthon indigaceus indigaceus</i>	Mich, Jal, Nay, Sin, Son.
<i>Coprophanaeus pluto</i>	Ags, Gro, Hgo, Jal, Edo. Méx, Mich, Mor, Oax, Nay, Sin, Son, Ver.
<i>Deltochilum gibbosum sublaeve</i>	Chis, Col, Dgo, Gro, Jal, Mor, Nay, Pue, QR, Sin, SLP, Tamps, Ver, Yuc.
<i>Copris lugubris</i>	Camp, Chis, Col, Dgo, Edo. Méx, Gro, Gto, Jal, Mich, Mor, Nay, Oax, Sin, Son, Ver, Yuc.
<i>Phanaeus tridens</i>	Chis, Col, Hgo, Jal, Mor, Oax, Ver.
<i>Onthophagus chevrolati chevrolati</i>	Edo. Méx, Gto, Hgo, Jal, Méx, Mich, Mor, Oax, Pue, Qro, SLP, Tlax, Ver.
<i>Digitonthophagus gazella</i>	Ags, BCS, Coah, Chis, Chih, Dgo, Gro, Gto, Hgo, Jal, Mich, Mor, Nay, NL, Oax, Pue, Sin, Son, SLP, Tamps, Ver, Zac.
<i>Euoniticellus intermedius</i>	BCS, Chih, Dgo, Gto, Gro, Hgo, Jal, Mich, Mor, Tamps, Ver.
<i>Calomacraspis splendens</i>	Chis, Edo. Méx, Gro, Hgo, Jal, Mich, Mor, Oax, Pue, Sin, Tamps, Ver.
<i>Cotinis mutabilis</i>	Chis, Chih, Coah, Col, Dgo, Edo. Méx, Gro, Gto, Hgo, Jal, Méx, Mich, Mor, Nay, NL, Oax, Pue, Qro, QR, Sin, Son, SLP, Ver, Yuc, Zac.
<i>Cyclocephala</i> sp. 1	Jal.

<i>Euphoria leucographa</i>	Ags, Chis, Chih, Col, Dgo, Edo. Méx, Gro, Gto, Hgo, Jal, Méx, Mich, Mor, Nay, Oax, Pue, SLP, Sin, Son, Tamps, Ver.
<i>Euphoria pulchella</i>	Camp, Col, Chis, Chih, Dgo, Edo. Méx, Gro, Hgo, Jal, Méx, Mich, Mor, Nay, Oax, Pue, Sin, Son, Ver, Yuc, Zac.
<i>Hologymnetis cinérea</i>	Chis, Col, Gro, Gto, Hgo, Jal, Mich, Mor, Nay, Oax, Pue, Sin, Son, SLP, Ver.
<i>Paragymnetis flavomarginata poecila</i>	Chis, Edo. Méx, Gro, Jal, Méx, Mor, Pue.
<i>Paranomala</i> sp. 1	Jal.
<i>Paranomala</i> sp. 2	Jal.
<i>Paranomala</i> sp. 3	Jal.
<i>Dyscinetus picipes</i>	Ags, Coah, Dgo, Edo. Méx, Gro, Hgo, Jal, Méx, Mich, Nay, NL, Pue, Qro, SLP, Tab, Tamps, Ver.
<i>Pelidnota virescens</i>	Col, Edo. Méx, Gro, Jal, Mich, Mor, Nay, Oax, Pue, Sin, Son.
<i>Diplotaxis alphamartinezi</i>	Gro, Jal, Mich.
<i>Diplotaxis angularis</i>	Ags, Chih, Col, Dgo, Gto, Gro, Hgo, Jal, Méx, Mich, Mor, Oax, Pue, SLP, Zac.
<i>Diplotaxis consentanea</i>	Ags, Chih, Col, Dgo, Edo. Méx, Gto, Gro, Hgo, Jal, Méx, Mich, Oax, Pue, Ver.
<i>Diplotaxis femoralis</i>	Col, Jal, Mich.
<i>Phyllophaga (Phyllophaga) ravida</i>	Chis, Chih, Col, Dgo, Edo. Méx, Gto, Gro, Hgo, Jal, Méx, Mich, Mor, Nay, Oax, Pue, Sin, Ver.
<i>Phyllophaga (Phyllophaga) vetula</i>	Dgo, Edo. Méx, Gto, Gro, Hgo, Jal, Méx, Mich, Mor, Nay, Oax, Pue, Sin, Son, Ver.
<i>Phyllophaga (Phyllophaga) setifera</i>	Edo. Méx, Hgo, Jal, Mich, Ver.
<i>Phyllophaga (Phytalus) pruinosa</i>	Hgo, Jal, Mich, Nay, Ver.
<i>Strategus aloeus</i>	Ags, Camp, Chis, Chih, Coah, Col, Dgo, Edo. Méx, Gto, Gro, Hgo, Jal, Méx, Mich, Mor, Nay, NL, Oax, Pue, Qro, QR. SLP, Sin, Son, Tab, Tamps, Tlax, Ver, Yuc, Zac.

Discusión

Al comparar nuestros resultados obtenidos en la localidad de La Loma, municipio de Tolimán, Jalisco, con lo encontrado por Morón y colaboradores (1988), observamos que de las 30 especies de Scarabaeoidea capturadas en La Loma, 11 especies se comparten con Chamela, lo que representa un 10% de las 111 especies citadas para Chamela. Mora-Aguilar y Montes de Oca (2009), reportan la presencia de 18 especies en una selva baja subcaducifolia rodeada de vegetación secundaria, de éstas tres de ellas que representan el 17% se comparten entre La Loma y la región central de Veracruz. Navarrete-Heredia y colaboradores (2001), registraron 112 especies en las selvas bajas caducifolias para el estado de Jalisco, de las cuales nosotros compartimos 15 especies (13%). Trevilla-Rebollar y colaboradores (2010) registran 38 especies en las selvas bajas de Malinalco, Estado de México, compartiendo con ellos tres especies que representa el 8%. Por lo que suponemos que de volverse a realizar esta investigación al menos por un año de muestreos sistemáticos, y el empleo de otros tipos de trampa (luz y coprotrampas) el número de especies de escarabajos de La Loma se incrementaría sustancialmente.

La abundancia presentada por familia y mes de colecta coinciden con los obtenidos por Morón y colaboradores (1988); García-Real y Rivera-Cervantes (1998); Ramírez-Ponce y colaboradores (2009); Rivera-Cervantes y colaboradores (2014), quienes encontraron que el mes de mayor abundancia para la captura de escarabajos fue el mes de julio. probablemente esto se debe a que las lluvias son más constantes y la actividad de vuelo de los adultos es mayor independientemente del tipo de vegetación. Sin embargo, Carrillo-García (2006); Mora-Aguilar y Montes de Oca (2009); Minor y Morón (2016) obtuvieron la mayor abundancia en el mes de junio, lo cual probablemente se debió a factores climatológicos como precipitación y temperatura.

Al comparar la abundancia de los Scarabaeoidea colectados por método de muestreo, Scarabaeidae fue el más abundante (208 individuos colecta-

dos) en dos los tres tipos de muestreo (necrotrampa 105, colecta directa 102 y carpotrampa un individuo). Estos resultados coinciden con lo reportado por Mora-Aguilar y Montes de Oca (2009) quienes encontraron una mayor abundancia en la familia Scarabaeidae mediante necrotrampa. Sin embargo, los resultados obtenidos por Rivera-Cervantes y colaboradores (2010), coinciden parcialmente con los obtenidos en La Loma, ya que la mayor abundancia de Scarabaeidae se obtuvo en coprotrampas con 874 especímenes (56.42%), seguido de necrotrampas con 675 (43.57%). Esto se debe a que, en La Loma, el esfuerzo de colecta directa fue más intenso, y al poco uso de trampas cebadas. Por otra parte, el único espécimen de Scarabaeidae capturado en La Loma, mediante carpotrampa fue *Coprophanæus pluto*. Por sus hábitos alimenticios (copro-necrofagos) se considera que cayó accidentalmente en la trampa.

La mayor abundancia de los Scarabaeoidea presentada por tipo de vegetación (vegetación secundaria y selva baja caducifolia) se encontró en vegetación secundaria con 429 individuos y la menor en selva baja caducifolia con 6 individuos, lo que coincide con lo obtenido por Rivera-Cervantes y colaboradores (2010) donde reportaron que la menor abundancia se presentó en una selva baja caducifolia de Tonaya, Jalisco. Sin embargo, estos resultados difieren con los obtenidos por Trevilla-Rebollar y colaboradores (2010), quienes encontraron que la mayor abundancia se presentó en selva baja caducifolia. Creemos que el hecho de que la selva baja caducifolia presentará la menor abundancia se debe a que no se realizó el mismo esfuerzo de colecta entre ambos tipos de vegetación en la localidad de La Loma.

La mayor riqueza de Scarabaeoidea obtenida en el mes de julio con 26 especies, coincide con los resultados obtenidos por Carrillo-García (2006), que reportó 23 especies, y por Morón y colaboradores (1988) que registraron 70 especies. Sin embargo, difieren con varios autores quienes encontraron una mayor riqueza en el mes de junio (García-Real y Rivera-Cervantes 1998; Bustos-Santana y Rivera-Cervantes 2003; Trevilla-Rebollar *et al.*, 2010; Delgado *et al.*, 2012). En cambio, Ramírez-Ponce y colaboradores (2009), re-

portan una mayor riqueza en mayo con 49 especies, al igual que Minor y Morón (2016), con 14 especies. Al contrario, García-Montiel y colaboradores (2003) mencionan una mayor riqueza en agosto con 11 especies. Estas diferencias encontradas, es muy probable se deba al inicio del periodo de lluvias en cada región, las que no siempre inician en el mismo mes y al tipo de vegetación.

Por tipo de trampa la mayor riqueza se obtuvo empleando colecta directa (14 especies de Melolonthinae y 7 Scarabaeidae). Sin embargo, estos resultados no se han obtenido por ningún otro investigador en Jalisco u otros estados del país, donde el tipo de trampa que ha reportado la mayor riqueza es mediante trampa de luz: Bustos-Santana y Rivera-Cervantes (2003) que reportaron 23 especies, García-Montiel y colaboradores (2003) 19 especies, Carrillo-García (2006) 42 especies, Delgado y colaboradores (2012) 68 especies registradas.

Por tipo de vegetación, la mayor riqueza se obtuvo en vegetación secundaria con 27 especies y la menor en selva baja caducifolia con 4 especies, lo que coincide parcialmente con lo obtenido por Rivera-Cervantes y colaboradores (2010), donde reportaron que la menor riqueza se presentó en un cultivo de agave azul y borde agave-selva con 14 especies. Sin embargo estos resultados difieren con los obtenidos por García-Real y Rivera-Cervantes (1998), que reportan una mayor riqueza en selva baja caducifolia con 42 especies, al igual que Navarrete-Heredia y colaboradores (2001), quienes reporta 112 especies, y Trevilla-Rebollar y colaboradores (2010) con 28 especies, esto probablemente se debe a que el clima es más homogéneo en esta vegetación y permite la actividad de los animales en todas las épocas del año. Sin embargo, es importante señalar que en algunos de los trabajos emplearon trampas de luz y coprotrampa aumentando la riqueza con estos métodos, mientras que, en la localidad de La Loma, el uso de este tipo de trampas fue nulo.

Las especies de importancia agrícola (plagas potenciales): *Cotinis mutabilis*, *Cyclocephala* sp.1, *Diplotaxis alphamartinezi*, *D. angularis*,

D. consentanea, *D. femoralis*, *Dyscinetus picipes*, *Euphoria leucographa*, *E. pulchella*, *Paranomala* sp.1, sp. 2, sp. 3, *Phyllophaga* (*Phyllophaga*) *ravida*, *P. (Ph.) vetula*, *P. (Ph.) setifera*, *P. (Phytalus) pruinosa* y *Strategus aloeus*, encontradas en la localidad de La Loma, necesitan ser monitoreadas por un mediano plazo para conocer el estado real de sus poblaciones y con ello estimar el posible impacto económico en los cultivos de la localidad. Estas especies constituyen el complejo “gallina ciega”, sin embargo, sólo los géneros *Phyllophaga*, *Paranomala* y *Strategus* son considerados de importancia agrícola en estadio larvario ya que se alimentan de raíces y tallos, y los adultos se alimentan de follaje, frutos e inflorescencias, causando daños de regular importancia. Morón y colaboradores (1988) y Carrillo-García (2006) señalan a estas especies de importancia agrícola.

Las especies con importancia ecológica (degradadores) que se alimentan principalmente de excremento de mamíferos así como de cadáveres, registrados en La Loma son: *Omorgus suberosus*, *Copris lugubris*, *Coprophanaeus pluto*, *Deltochilum gibbosum sublaeve*, *Euoniticellus intermedius*, *Onthophagus chevrolati chevrolati*, *Phanaeus tridens*, *Canthon indigaceus indigaceus*, y *Digitonthophagus gazella*, que coinciden con lo reportado por Morón y colaboradores (1988); García-Real (1991); Navarrete-Heredia y colaboradores (2001); Rivera-Cervantes y colaboradores (2010); García-Real y colaboradores (2011).

Conclusiones

A pesar que el presente estudio sólo se pudo realizar por tres meses, los resultados preliminares muestran una interesante y rica fauna de Coleoptera Scarabaeoidea. Una mayor abundancia en el mes con lluvias más intensas en la región (julio) y una marcada disminución en el mes de agosto que coincide con el periodo conocido como “canícula”, donde las lluvias dejan de estar presentes. Por otra parte, la presencia de más de seis especies reportadas como de impor-

tancia agrícola, hace necesario el continuar con este estudio, ya que si bien no se tienen señalamientos de problemas por gallina ciega en los cultivos de temporal de la localidad de La Loma, es necesario saber cómo se están comportando las poblaciones de estas especies. Esta pequeña contribución nos permite conocer un poco más sobre la fauna de escarabajos en el suroeste de Jalisco.

Agradecimientos

A la memoria de Patricia Castillo, estudiante de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales y Agropecuarios, por dar inicio a esta investigación en su localidad de La Loma, en el 2011, por su esfuerzo y trabajo de campo realizado. Quisimos que su trabajo no fuera en vano y que no quedara en el olvido.

Al Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara, a través del Departamento de Ecología y Recursos Naturales por el apoyo recibido a través del financiamiento del proyecto de investigación Inventario de los Escarabajos Degradadores Asociados a los Ecosistemas Forestales de la Costa Sur de Jalisco.

Literatura citada

- Anderson, R. S. y S. B. Peck. 1985. The carrion beetles of Canada and Alaska. Coleoptera: Silphidae and Agyrtidae. The Insects and Arachnids of Canada. Agriculture, Canada. 121 p.
- Bustos-Santana, H. R. y L. E. Rivera-Cervantes. 2003. Abundancia estacional de los Coleopteros nocturnos de la familia Melolonthidae (Insecta: Lamellicornia), asociados a un bosque de pino-encino en la Sierra de Quila, Jalisco, México. En: Aragón, A., M. A. Morón y A. Marín-Jarillo (Eds.). Estudio sobre los Coleopteros del suelo en América. Publicación Especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp. 137-148.

- Carrillo-García, R. C. 2006. Abundancia estacional de los Melolonthidae nocturnos (Insecta: Coleoptera), asociados a un cultivo agrícola, en el municipio de Tonaya, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario de la Costa Sur. Universidad de Guadalajara. Autlán de Navarro, Jalisco, México. 71 p.
- Delgado, J. M., A. E. Castro-Ramírez, M. A. Morón y L. Ruíz-Montoya. 2012. Diversidad de Scarabaeoidea (Coleoptera) en las principales condiciones de hábitat de Montebello, Chiapas, México. *Acta Zool. Mex.* (n.s.) 28 (1): 185-210.
- Deloya, C. y J. Ponce-Saavedra. 2016. Estado del arte: Diversidad e importancia. En: C. Deloya, J. Ponce-Saavedra, P. Reyes-Castillo y G. Aguirre-León (Eds.), *Escarabajos del Estado de Michoacán (Coleoptera: Scarabaeidae)*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. pp.1- 22.
- Deloya, C. y E. Ramírez-Espíritu. 2010. Diversidad de escarabajos fitófagos de El Ocotito, Chilpancingo, Guerrero, México (Scarabaeidae: Melolonthinae, Dynastinae, Rutelinae, Cetoniinae). En: Rodríguez del Bosque, L. A. y M. A. Morón (Eds.). *Ecología y control de plagas edafícolas*. Publicación Especial Instituto de Ecología, A.C., México. 35-47 pp.
- García-Montiel, J. C., L. E. Rivera-Cervantes y M. A. Morón. 2003. Composición y abundancia estacional de los Melolonthidae nocturnos (Insecta: Coleoptera), asociados a un bosque mesófilo de montaña, en el municipio de Minatitlán, Colima, México. En: Aragón, A., M. A. Morón y A. Marín-Jarillo (Eds.). *Estudio sobre los Coleopteros del suelo en América*. Publicación Especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp. 115-127.
- García-Real, E. y L. E. Rivera-Cervantes. 1998. Inventario de Coleopteros Melolonthidae (Lamellicornia) asociados a los bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. En: M. A. Morón y A. Aragón (Eds.). *Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los Coleopteros edafícolas americanos*. Publicación Especial de la Benemérita Universi-

- dad Autónoma de Puebla y la Sociedad Mexicana de Entomología, A.C. Puebla. México. pp. 71-78.
- García-Real, E., L. E. Rivera-Cervantes y M. A. Morón. 2011. Escarabajos necrófilos (Coleoptera: Silphidae y Scarabaeinae) asociados a tres tipos de bosques de la Sierra de Quila, Jalisco, México. En: Villavicencio, G., M. L. Santiago-Pérez, V. C. Rosas-Espinoza y L. Hernández-López (Comps.). Memorias del 1 Foro de Conservación, Uso y Gestión del Área Natural Protegida sierra de Quila, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México, pp. 114-117.
- Jameson, M. L. y B. C. Ratcliffe. 2002. Series Scarabaeiformia Crowson 1960, Superfamily Scarabaeoidea Latreille 1802. En: Arnett, R H., M. Thomas, P. E. Skelley y J. H. Frank (Eds.). American Beetles, Volume 2. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 1.5.
- Lawrence, J. F. y A. F. Newton Jr. 1995. Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names). En Pakaluk, J. y S. A. Slipinski (Eds.). Biology, Phylogeny, and Classification of Coleoptera: Papers Celebrating the 80th. Birthday of A. Crowson. Museum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa. pp. 779-1006.
- Llorente-Bousquets, J., P. Koleff-Osorio, H. Benítez-Díaz y L. Lara-Morales. 1999. Síntesis del estado de las colecciones biológicas mexicanas. Resultados de la encuesta "Inventario y Diagnóstico de la actividad taxonómica en México" 1996 -1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 143 pp.
- Lugo-García, G. A., L. D. Ortega-Arenas, H. González-Hernández, A. Aragón-García, J. Romero-Nápoles, R. Rubio-Cortés, y M. A. Morón. 2011. Melolonthidae nocturnos (Coleoptera) recolectados en la zona agrícola agavera de Jalisco, México. Acta Zool. Mex. (n.s) 27 (2): 341-357.
- Magaña-Cuevas, B. y L. E. Rivera-Cervantes. 1998. Abundancia estacional de los Coleopteros nocturnos de la familia Melolonthidae (Insecta: Lamellicornia), asociados a un bosque de pino-encino en el municipio de Atenguillo, Jalisco, México. En: M. A. Morón y A. Aragón (Eds.). Avances en el estudio

- de la diversidad, importancia y manejo de los insectos edafícolas americanos. Publicación Especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Sociedad Mexicana de Entomología, A.C. Puebla. México. pp. 51-60.
- Márquez-Luna, J. 2005. Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Soc. Ent. Aragonesa*. 37: 385-408.
- Minor, P. y M. A. Morón. 2016. Coleopteros lamelicornios (Coleoptera: Scarabaeoidea) de la barranca de Huehuetitla, Tlaxcala, México. *Acta Zool. Mex. (n.s.)* 32 (3): 310 -322.
- Mora-Aguilar, E. F. y E. Montes de Oca. 2009. Escarabajos necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae y Trogidae) de la región central baja de Veracruz, México. *Acta Zool. Mex. (n.s.)* 25 (3): 569-588.
- Morón, M. A. y R. A. Terrón. 1984. Distribución altitudinal y estacional de los insectos necrófilos en la Sierra Norte de Hidalgo, México. *Acta Zool. Mex. (3)*: 1-47.
- Morón, M. A., C. Deloya y L. Delgado-Castillo. 1988. Fauna de Coleopteros Melolonthidae, Scarabaeidae y Trogidae de la región de Chamela, Jalisco, México. *Folia Entomol. Mex.* 77: 313-378.
- Navarrete-Heredia, J. L., L. Delgado y H. E. Fierros-López. 2001. Coleoptera Scarabaeoidea de Jalisco, México. *Dugesiana* 8: 37-93.
- Ocampo, F. C. 2008. Inventario y conservación de los escarabajos (Scarabaeoidea) de las zonas áridas del sur de América del Sur. *Cuadernos de biodiversidad*. 26. 13-20.
- Ramírez-Ponce, A., J. Allende-Canseco y M. A. Morón. 2009. Fauna de Coleopteros lamelicornios de Santiago Xiacui, Sierra Norte, Oaxaca, México. *Acta Zool. Mex. (n.s.)* 25 (2): 323-343.
- Rivera-Cervantes, L. E., E. García-Real y C. A. Pacheco-Contreras. 2010. Impacto del cultivo del agave azul (*Agave tequilana* Weber) sobre la composición de escarabajos coprófagos y necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae), asociados a un bosque tropical caducifolio, del municipio de Tonaya, Jalisco, México. En: Gerritsen, P. R. y L. M. Martínez-Rivera (Eds.). *Agave*

azul, sociedad y medio ambiente. Universidad de Guadalajara, México. pp. 183-202.

Rivera-Cervantes, L. E., E. García-Real, M. A. Morón y C. Palomera-García. 2014. Análisis preliminar de la diversidad de escarabajos Melolonthidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) de actividad nocturna, asociados a dos tipos de bosques del municipio de San Sebastián del Oeste, Jalisco, México. En: Aragón, A. y J. F. Pérez-Domínguez (Eds.). Diversidad e importancia agrícola de Coleopteros edafícolas. Publicación Especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. pp. 1-14.

Tolimán, H. A. 24 de mayo de 2016. Inafed. Obtenido de www.inafed.gob.mx: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM14jalisco/municipios/14099a.htm>.

Trevilla-Rebollar, A., C. Deloya y J. Padilla-Ramírez. 2010. Coleopteros necrófilos (Scarabaeidae, Silphidae y Trogidae) de Malinalco, Estado de México, México. *Neotropical Entomology* 39 (4): 486-495.

Coleopteros Melolóntidos (Lamellicornia: Melolonthidae) de los municipios de Tepexi de Rodríguez y Molcaxac, Puebla

Gloria Tlaxcala Soriano¹

Gonzalo Yanes Gómez^{1*}

Agustín Aragón García²

María Concepción López Téllez¹

Resumen

Se presenta un estudio comparativo de riqueza y diversidad de Melolóntidos en el municipio de Tepexi de Rodríguez y los límites con el municipio de Molcaxac, Puebla, México, en zonas de bosque tropical caducifolio secundario y una Zona Agrícola; el objetivo es contribuir al conocimiento de la diversidad y ecología de las especies de Melolonthidae que habitan en el sureste de Puebla. Los datos se obtuvieron de abril de 2018 a septiembre de 2018. Se colectaron 477 adultos representantes de 31 especies incluidos en nueve géneros de cuatro familias. En la Zona Agrícola se presentó mayor riqueza y las especies más abundantes fueron: *Diplotaxis megapleura* (71) *Phyllophaga howdeniana* (11), *Phyllophaga dentex* (9) y *Phyllophaga obsoleta* (9); mientras que en la Zona de Matorral las especies más abundantes fueron: *Diplotaxis megapleura* (183), *Phyllophaga cometes* (28) y *Phyllophaga dieteriana* (24). Se aplicaron funciones de acumulación de especies mediante Bootstrap, las

¹ Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio s/n, Col. San Manuel, Puebla, Pue. CP 72570.

² Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, San Pedro Zacachimalpa, Puebla. CP 72960.

* Autor para correspondencia: gonzalo.yanes@correo.buap.mx

cuales mostraron que la eficiencia de muestreo en la Zona de Matorral es del 87.4%, y en la Zona Agrícola es de 84.59%. El mes de junio presenta una mayor abundancia con respecto a los demás meses; no existen diferencias entre las abundancias de las dos zonas. En cuanto a la riqueza, en Matorral (24) es mayor que en la Zona Agrícola (19); no se observan diferencias significativas. El Índice de dominancia de Simpson fue de 0.32 y 0.28 respectivamente, mientras que el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') fue de 1.79 y 1.95. La diversidad verdadera es 1.18 veces mayor en Zona Agrícola que en Matorral: el índice de similitud de Jaccard arrojó un valor de 0.93.

Palabras clave: *diversidad, Coleoptera, Melolonthidae, ecología, riqueza.*

Introducción

Los Coleopteros de la Superfamilia Lamellicornia o Scarabaeoidea, se caracterizan por tener una amplia variedad de funciones en los ecosistemas naturales y representan una importancia relevante en la agricultura debido a sus hábitos alimentarios, como fitófagos y saprofitos, también pueden relacionarse con insectos sociales, con los cuales se ha observado incluso evidencias de depredación (Morón, 1994). Se han estimado 678 especies de Lamellicornios para los 33,919 km² que ocupa el estado de Puebla (Morón y Deloya, 1993). Se han realizado trabajos en la Sierra del Tentzo en Bosque de Encino (Morón *et al.*, 2000), en Jicolapa, en una zona de cultivo en Teziutlán (Muñoz- Hernández *et al.*, 2008), en la región de Atlixco, en zonas agrícolas (Aragón *et al.*, 2001), así como, en Cuetzalan del Progreso (Carrillo-Ruiz y Morón Ríos, 2003), en el municipio de San Felipe Teotlalcingo, en la falda oriental del volcán Iztaccíhuatl (Chacón *et al.*, 2013), en el Municipio de Zacatlán (Percino-Figueroa, 2002), en la Malinche (García de Jesús *et al.*, 2013), en Tlachichuca (Salamanca *et al.*, 2013) en el municipio de Chignahuapan (Delgado *et al.*, 2013), en Chiautla de Tapia (Cuate *et al.*, 2013), en Santo Do-

mingo Huehuetlán (Yanes-Gómez y Morón 2010). La diversidad y el número de escarabajos están siendo impactados por las modificaciones en los ecosistemas naturales del país, derivadas de la expansión de la frontera agropecuaria, los asentamientos humanos, las grandes obras para la comunicación y el abastecimiento de materia prima (Morón, 2006b). Por tanto, es necesario incrementar los estudios de escarabajos para conocer a qué escala estos cambios están afectando la biología, abundancia y hábitos alimenticios de larvas y adultos de Lamellicornios. Uno de los principales retos en los grupos biológicos es la obtención de información precisa sobre la distribución de las especies. En este trabajo se planteó muestrear dos zonas; una en el municipio de Tepexi de Rodríguez, la segunda con límites del municipio de Molcaxac, de las cuales hasta el momento no se tenían registros entomológicos, con el objetivo de evaluar la riqueza y distribución de especies y contribuir al conocimiento de la diversidad y ecología de las especies de Melolonthidae que habitan en el suroeste del estado de Puebla. Se espera que la riqueza y abundancia de lamellicornios va a ser mayor en matorral que en la zona agrícola; asimismo con este trabajo esperamos ampliar la distribución geográfica de los registros para el estado de Puebla, dado que esta zona no ha sido explorada.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en dos sitios del municipio de Tepexi de Rodríguez (se presenta la caracterización del municipio de Tepexi de Rodríguez, ya que el muestreo en Molcaxac se hizo en los límites con Tepexi). El municipio de Tepexi de Rodríguez está situado en la parte sureste del estado de Puebla, (Figura 1); la ubicación de los sitios de muestreo es huerto de aguacate (denominada Zona Agrícola) en el municipio de Molcaxac en los límites con Tepexi (UTM 14N: X:6154.32; Y: 2058757.86), y bosque tropical caducifolio secundario (denominada Zona Matorral) coordenadas (UTM 14n:x:616168.92; y:2058528.07) (Figura 1). El clima que presenta es semicálido subhúmedo con

lluvias en verano y templado subhúmedo con lluvias en verano, con un rango de temperatura de 16- 24°C y un rango de precipitación de 600- 900mm (INEGI, 2010).

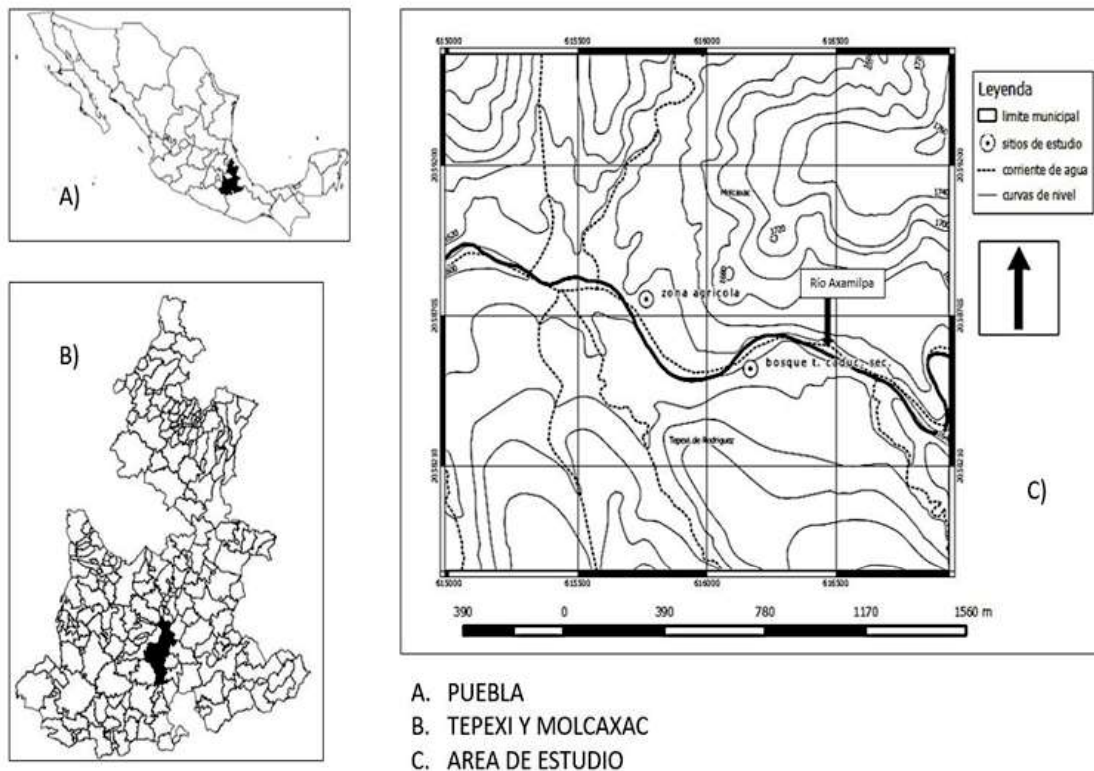


Figura 1. Ubicación de los sitios de colecta y área de estudio.
Fuentes: elaboración propia a partir de INEGI (2000, 2000a y 2001).

Se realizaron muestreos sistemáticos mensuales de adultos de la familia Melolonthidae con una duración de dos días cada uno, de abril 2018 a septiembre de 2018. Para la colecta se colocó una trampa de luz LED tipo pantalla (lámpara de emergencia 30 leds marca Fulgore FU0580 3W) siguiendo los criterios de Morón & Terrón (1988) en cada sitio de muestreo: una en la

Zona Agrícola (ZA: 1621msnm) otra en bosque tropical caducifolio secundario “Zona de Matorral” (BTCS: 1635msnm) separados 500 m entre sí. Cada colecta se registró de las 20:00 a las 22.00 horas; se colectó y sacrificó a los especímenes en frascos con vapores de acetato de etilo (Tapia *et al.*, 2017). Posteriormente fueron separados en frascos con alcohol etílico al 70%. Para cada ejemplar se anotaron los siguientes datos: método y hora de colecta, localidad y observaciones. Terminada la colecta de los adultos, el montaje, el etiquetado y la determinación se llevaron a cabo en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Posterior a esto, se utilizaron las claves dicotómicas para determinar las especies de Morón *et al.* (2013), para posteriormente ser depositadas en la colección de la Facultad de Ciencias Biológicas. Se estimó la riqueza específica (S) y la abundancia (N) por sitio y por mes con la finalidad de realizar la estimación de la diversidad alfa (Halffter y Moreno 2005; Whittaker 1972). Se realizaron pruebas de hipótesis (chi cuadrado) con el programa Excel (versión 2016) para detectar diferencias entre valores de abundancia y riqueza. Se probó la normalidad en la distribución de los datos por medio de la prueba de Shapiro- Wilk, utilizando el paquete PAST v. 4.09 (Hammer *et al.*, 2001). Posteriormente se aplicaron estimadores no paramétricos de la riqueza de especies (Jackknife1 y Bootstrap), que tienen la característica de no asumir el tipo de distribución del conjunto de datos ni el ajuste de los mismos a un modelo determinado (Moreno, 2001); para esto se usó el paquete Estimate S. v. 7.0 (Colwell 1994-2004). Se calculó el Índice de Diversidad de Shannon- Wiener (H') y la diversidad máxima (H'_{max}) según Moreno (2001). Se calculó la diversidad verdadera ($expH'$) según Jost (2006) usando el programa PAST. Para conocer la diversidad beta, se aplicaron los coeficientes de similitud de Jaccard y Sorensen utilizando el paquete Spade, v. 2009 ajustado según Chao y Swanson (2005) para tomar en cuenta las especies no vistas.

Cuadro 1. Lista de especies en orden taxonómico y alfabético.

Familia	Subfamilia	Género	Especie
Melolonthidae	Dynastinae	<i>Cyclocephala</i>	<i>C. lunulata</i> Burmeister, 1847 <i>C. weidneri</i> Endrödi, 1964 <i>C. sp</i> Dejean, 1821
	Melolonthinae	<i>Diplotaxis</i>	<i>D. bifida</i> Vaurie, 1960 <i>D. jacala</i> Vaurie, 1958 <i>D. marginicollis</i> Fall, 1909 <i>D. megapleura</i> Vaurie, 1960 <i>D. puberea</i> Bates, 1887 <i>D. tarsalis</i> Schaeffer, 1907 <i>D. turgidula</i> Vaurie, 1960 <i>D. sp1</i> Kirby, 1837 <i>D. sp2</i> Kirby, 1837
		<i>Phyllophaga</i>	<i>P. brevidens</i> Bates, 1888 <i>P. cometes</i> Bates, 1887 <i>P. dieteriana</i> Deloya & Morón, 1998 <i>P. (Ch) howdeniana</i> Morón, 1992 <i>P. (L) gonzalffteri</i> Morón, 2012 <i>P. (Ph) dentex</i> Bates, 1887 <i>P. (Ph) ilhuicaminai</i> Morón, 1998 <i>P. (Ph) lenis</i> Marín et al, 2008 <i>P. (Ph) martinezpalciososi</i> Morón, 1988 <i>P. (Ph) pubicauda</i> Bates, 1888
	Rutelinae	<i>Paranomala</i>	<i>P. cincta</i> (Say, 1835)
Ochodaeidae		<i>Neochodaeus</i>	<i>N. praesidii</i> Bates, 188
Scarabaeidae	Aphodiinae	<i>Liothorax</i>	<i>Lio. sp</i> Motschulsky, 1859
		<i>Labarrus</i>	<i>Lab. sp</i> Mulsant & Rey, 1869
Trogidae		<i>Omorgus</i>	<i>O. sp</i> Motschulsky, 1859
		<i>Trox</i>	<i>T. spinulosus dentibius</i> Robinson, 1940

Resultados

Composición. En los sitios de estudio, se colectaron en total 477 adultos representantes de 31 especies incluidos en nueve géneros y cuatro familias, de los cuales 338 (70.85%) fueron colectados en Matorral y 139 (29.14%) en zona agrícola (Cuadro 1). A continuación, se presenta la lista de especies colectadas (Cuadro 1).

Fenología. La fenología señala que la especie más abundante durante los meses de estudio fue *D. megapleura*, para ambos sitios, señalando que el mes de mayo y junio fue el más abundante en la zona de matorral mientras que para la zona agrícola mayo y julio presentan mayor abundancia de esta especie (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fenología de las especies de *Phyllophaga*, *Diplotaxis*, *Paranomala* y *Chyclocephala* en cada zona de estudio.

Especies/Meses	Matorral						Zona agrícola						Total de ind por mes matorral	Total de ind por mes z. Agrícola
	A	M	J	J	A	S	A	M	J	J	A	S		
<i>C. lunulata</i>									1				0	1
<i>C. sp</i>				1					1				1	1
<i>C. weidneri</i>									1				0	1
<i>D. bifida</i>		1		5	1								7	0
<i>D. jacala</i>				3	1					2	1		4	3
<i>D. marginicollis</i>			1										1	0
<i>D. megapleura</i>		64	70	41	7	1		24	20	27			183	71
<i>D. puberea</i>			1		4					3	1		5	4

<i>D. sp1</i>		1	1	7	1							10	0
<i>D. sp2</i>		7	1									8	0
<i>D. tarsalis</i>		1	3	10	7			1		4		21	5
<i>D. turgidula</i>				1	1			1	1		1	2	3
<i>Labarrus sp</i>										1		0	1
<i>Liothorax sp</i>				1								1	0
<i>N. praesidii</i>				1								1	0
<i>Omorgus. sp</i>				1								1	0
<i>P. brevidens</i>							1	3				0	4
<i>P. cometes</i>		10	13	5				3				28	3
<i>P. dentex</i>		3	3				8	1				6	9
<i>P. dieteriana</i>			15	9				1				24	1
<i>P. gonzalffteri</i>				7								7	0
<i>P. howdeniana</i>			1	1			1	9	1			2	11
<i>P. ilhuicaminai</i>			1					5				1	5
<i>P. lenis</i>		2										2	0
<i>P. martinezpalciosi</i>								4		1		0	5
<i>P. obsoleta</i>		1	10	8				5	3	1		19	9
<i>P. pubicauda</i>				1								1	0
<i>P. setifera</i>			2									2	0
<i>Paranomala cinta</i>										1		0	1
<i>Phyllophaga sp</i>								1				0	1
<i>T. spinulosus dentibius</i>				1								1	0

Diversidad. Los modelos muestran que la colecta de especies es satisfactoria, debido a que el Bootstrap arrojó una completitud del 87.45% con 2.87 especies por registrar, y Chao 1 del 88.26% con 2.66 especies por registrar en el matorral. La zona agrícola presenta una completitud del 43.67% con

24.5 especies por registrar mientras que Bootstrap arrojó una completitud de 84.59% y 3.46 especies por registrar. Se colectaron 477 adultos, de los cuales 338 individuos se obtuvieron en matorral y 139 en zona agrícola ($p < 0.05$, chi cuadrada). La riqueza en Matorral (24) es mayor que en la Zona Agrícola (19); sin embargo, no hay diferencia significativa ($p > 0.05$, chi cuadrada). Al realizar la abundancia por meses en ambos sitios de estudio se observó una mayor abundancia en el mes de junio con respecto a los otros meses en los que se observa una disminución de abundancia hasta acercarse a un mínimo valor (Figura 2); sin embargo, no se encuentran diferencias significativas entre los datos de las dos zonas ($p > 0.05$, chi cuadrada). sin embargo, se observan diferencias significativas en la abundancia de los meses en los dos sitios ($p < 0.05$, chi cuadrada).

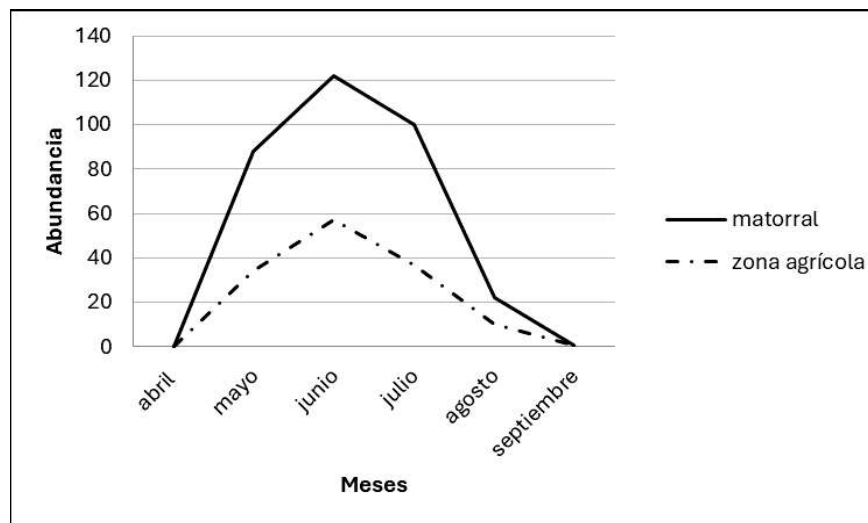


Figura 2. Abundancia total por mes por sitio.

La mayor riqueza en Matorral y Zona Agrícola se presenta en el mes de junio, mientras que el mes con menor riqueza es septiembre (Figura 3). Se observan diferencias significativas en la riqueza de los meses entre los dos sitios de estudio ($p < 0.05$, chi cuadrada).

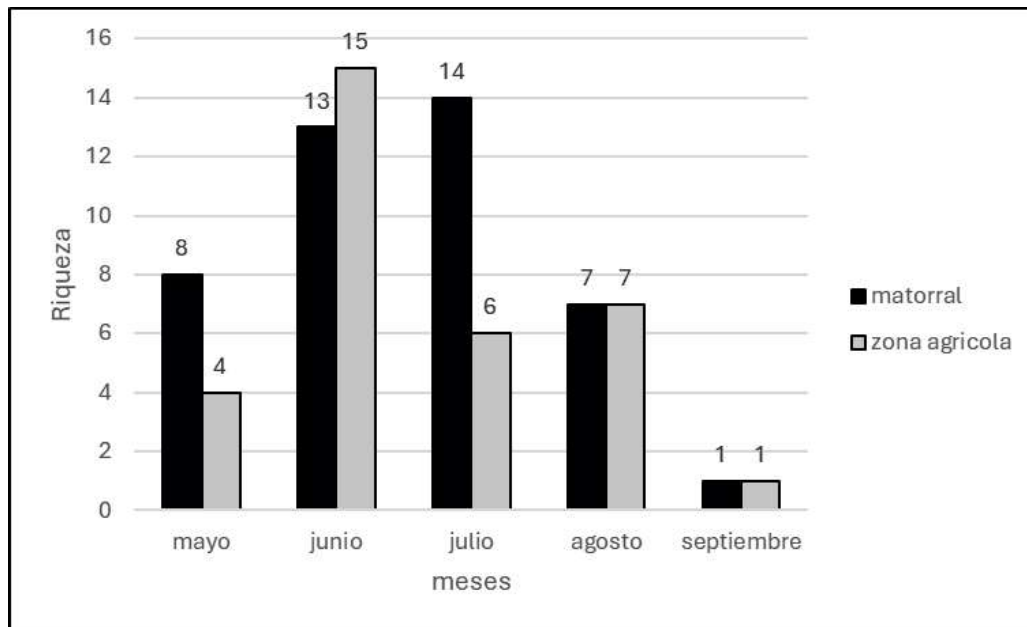


Figura 3. Riqueza de especies por mes.

De las 31 especies totales encontradas en los dos sitios, 12 son compartidas (38.70%), 12 son exclusivas de Matorral (38.70%) y 7 son exclusivas de Zona Agrícola (22.58%) (Cuadro 2). Las especies se distribuyen a lo largo del año, pero ofrecen un patrón estacional de riqueza. En ambas zonas se colectó un mayor número de especies durante junio; 122 especies para Matorral y 57 para Zona Agrícola. Para las dos comunidades tanto de Matorral como en Zona Agrícola, la especie dominante es *Diploptaxis megapleura*; la especie que tuvo poca presencia en las dos comunidades fue *Cyclocephala* sp, manteniendo poca presencia de especies únicas en cada comunidad; las dos comunidades tanto en el sitio de Matorral como en el de Zona Agrícola presentan una similitud en abundancia y presencia de especies.

Asimismo, al obtener los valores de la proporción de la diversidad respecto a la diversidad máxima, se obtienen porcentajes de diversidad media en matorral (<66%), y de diversidad alta en ZA (>66%). La dominancia de los sitios es de 0.32 y 0.28 respectivamente mientras que H' es de 1.79 y 1.95. La

diversidad de orden 1 (D^1) es de 5.98 para Matorral y 7.08 para Zona Agrícola, por tanto, la diversidad es 1.18 veces mayor en zona agrícola que en Matorral. El índice de similitud de Jaccard (0.93) refleja una alta proporción de especies compartidas, así como el índice de similitud de Sorensen (0.96).

Discusión

Se obtuvo una eficiencia en el muestreo del 87.45% en Matorral y 84.59% en Zona Agrícola, y según Pineda-López y Verdú-Faraco (2013), con estos valores está satisfactoriamente completo el inventario. Si bien la mayoría de los estudios realizados en este grupo de insectos se ha llevado a cabo durante todo un año, un muestreo más exhaustivo, no implica necesariamente una mayor detección de la diversidad (Trujillo-Miranda *et al.*, 2016). La mayor riqueza taxonómica está concentrada en los géneros *Phyllophaga* y *Diplo-taxis*. El gran número de especies con adultos de los géneros *Phyllophaga*, *Cyclocephala* y *Diplo-taxis*, coincide con otras observaciones en el país, y se puede relacionar directamente con la riqueza que exhiben tales géneros en la gran área de distribución que ocupan. Hay mayor abundancia en la zona agrícola, posiblemente debido a que esta zona está perturbada, datos que concuerdan con lo obtenido por Rivera-Gasperín *et al* (2013); en cambio, no hay diferencia entre riquezas, probablemente causado por la cercanía entre los sitios. La mayor riqueza se concentra en el mes de junio y muestra una relación con la temporada de lluvias, por la disponibilidad de recursos y las condiciones de humedad necesarias para que los adultos emerjan, como ha sido señalado por Trujillo-Miranda *et al.* (2016). La localidad de Tepexi de Rodríguez mostró una riqueza de especies relativamente baja, pero una diversidad taxonómica de media a alta, resultados que concuerdan con lo obtenido por García de Jesús *et al.* (2016) en La Malinche, Tlax.; esto se debe posiblemente a que la zona de matorral está relativamente bien conservada, especialmente en el municipio de Molcaxac. La diversidad de Shannon no es

diferente entre sitios: los valores de este Índice son menores a los observados por Yanes y Morón (2010) en Huehuetlán, pero ellos tampoco detectaron diferencia entre sitios. La elevada similitud (Índice de Jaccard= 93%) entre las comunidades puede deberse al mismo motivo por el que hay poca más riqueza en zona agrícola (23) que en el matorral (19), ya que éste rodea completamente a aquella; esto sugiere que ambas comunidades son muy semejantes. En cuanto a los valores de diversidad verdadera, se aprecia que la diversidad es 1.18 veces mayor en zona agrícola, lo cual coincide con la mayor diversidad de Shannon en zona agrícola; el hecho de que la diversidad verdadera sea poco mayor que uno, es un reflejo de la similitud entre las comunidades. La similitud según el Índice de Jaccard coincide con lo obtenido por Yanes- Gómez y Morón (2010), donde se observa mayor riqueza en zona agrícola, indicando que esto es un reflejo de la cercanía geográfica entre sitios, mientras que las especies únicas de cada sitio son un reflejo del tipo de uso de suelo. Como lo mencionan Yanes-Gómez y Morón (2010), la similitud en la composición específica es un reflejo de la cercanía geográfica, pero las especies únicas de cada sitio, son un reflejo del tipo de uso de suelo, lo que se aprecia mejor en los resultados con las especies indicadoras. Esta cercanía también se ve reflejada en la composición de especies y en el número de especies compartidas en ambos sitios. Es por ello que se hace un énfasis en preservar las regiones naturales de Puebla sobre todo si existe un grado de perturbación en zonas no antes exploradas; Tepexi de Rodríguez presenta una importancia paleontológica en el estado y en el país; pero cabe destacar que aún es un sitio poco explorado para la diversidad de especies indicadoras de diversidad. De las 31 especies colectadas durante los muestreos en el presente estudio solo 2 de ellas se habían registrado previamente para la región de Molcaxac: específicamente en el rancho “El Moral”: *Phyllophaga (phytalus) obsoleta* en junio 1997 (Morón y Aragón, 1999) y *Phyllophaga cometes* en junio 1997 (Aragón et al., 2001). Con la presente investigación se registra una ampliación en la distribución geográfica de estas especies, nueve kilómetros al sur y 15 kilómetros al suroeste respectivamente.

Conclusiones

La riqueza de Melolóntidos del municipio de Tepexi de Rodríguez y los límites con Molcaxac, Puebla, es de 31 especies representantes de nueve géneros de cuatro familias. La subfamilia con mayor riqueza es Melolonthinae con 22 especies. La mayor riqueza está concentrada en los géneros *Phyllophaga* y *Diplotaxis* que representan el 97.90% de las especies colectadas. Las especies más abundantes fueron *Diplotaxis megapleura* con 254 individuos, *Phyllophaga cometes* con 28 ejemplares y *Phyllophaga dieteriana* con 24. De las 31 especies colectadas durante los muestreos en el presente estudio solo dos se habían registrado previamente para la región de Molcaxac. La dominancia de los sitios es de 0.32 (Matorral) y 0.28 (Zona Agrícola) mientras que la diversidad de Shannon es de 1.79 y 1.95 respectivamente. La diversidad verdadera es 1.18 veces mayor en zona agrícola que en matorral; el índice de similitud de Jaccard arrojó un valor de 0.93, de un rango de uno a 1.0.

Literatura citada

- Aragón, A., M. A. Morón, A. M. Tapia-Rojas y R. Rojas-García. 2001. Fauna de Coleoptera Melolonthidae en el Rancho “La Joya”, Atlixco, Puebla, México. *Acta Zool. Mex.* (n.s.) Pp. 83: 143-164.
- Carrillo-Ruiz, H. y Morón. M.A. 2013. Capítulo 12. Región Cuetzalan. In: Morón, M.A., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds.) Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M.A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 259 - 273.
- Colwell, R. K. 1994-2004. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.0. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.
- Chacón A. L., Aragón. A y Morón M. A. 2013. Capítulo 4. Región del Iztacihuátl. Trotlalzingo. In: Morón, M.A., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds).

- Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M.A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 83-94.
- Chao, J. C. y Swanson, N. R. 2005. Consistent Estimation with a Large Number of Weak Instruments. *Econometrica*, 73: Pp. 1673-1692.
- Cuate V. A., Aragón A. y Morón M. A. 2013. Capítulo 14. Región de Chiautla. In: Morón, M.A., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M.A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 297-322
- Delgado J. M., Aragón A. y Morón M. A. 2013. Capítulo 8. Región de Chignahuapan. In: Morón, M.A., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M.A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 167-186.
- García de Jesús S., Aragón A. y Morón M. A. 2013. Capítulo 7. Región del Matlalcuéyatl (La Malinche) In: Morón, M.A., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M.A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 145-166.
- García de Jesús, S., Moreno Ortega, C. E., Morón, M. Á., Castellanos, I., Pavón, N. P. 2016. Integrando la estructura taxonómica en el análisis de la diversidad alfa y beta de los escarabajos Melolonthidae en la Faja Volcánica Transmexicana. *Revista Mexicana de Biodiversidad*; 87 (3): 1033-1044.
- Halffter, G. y Moreno C. E. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. Cap. 1. Significado biológico de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. *m3m: Monografías Tercer Milenio vol.4*, S.E.A., Zaragoza, España. pp. 5 – 18.
- Hammer, O., Harper, D.A. T., & Ryan, P. D. 2001. PAST: Palaeontological Statistic software package for education and data análisis ver 4.09. *Palaeontología Electrónica*, 4(1), 9.
- Hernández-Cruz J. y Morón, M. Á. 2016. Revisión del género *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae) en el estado de Oaxaca. [Tesis de licenciatura inédita] Centro Interdisciplinario De Investigación Para El Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca. Instituto Politécnico Nacional.

- Hernández-Cruz, J., Morón, M. Á., Ruiz-Vega, J., Sánchez-García, J. A., Martínez-Martínez, L., & Pérez-Pacheco, R. 2014. Bionomía de las especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae) en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. *Acta zoológica mexicana*, 30(1): 144-160.
- INEGI, 2000. Conjunto de Datos vectoriales topográficos y toponímicos. Escala 1:1000000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2000). México.
- INEGI, (2000a). 'División Municipal de México, 2000', escala: 1:250000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Obtenido de Marco Geoestadístico Municipal, 2000. México.
- INEGI, 2001. Cartas topográficas escala 1:50 000, serie II. Puebla, Molcaxac. Clave carta: E14B64. INEGI, 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010. Tepexi de Rodríguez, Puebla. 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (10 páginas).
- Jost, L. 2006. Entropy and Diversity. *Oikos*, vol. 113 (2): 363-75.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, p. 84.
- Morón, M.A. 1994. Fauna de Coleoptera Lamellicornia en las montañas del noreste de Hidalgo, México. *Acta Zool. Mex.* (n.s.). 63: 7-59
- Morón, M. A. 2003. Antecedentes. In Morón, M. A. (Ed.) Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia Vol. II. Familia Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Argania Edition. Barcelona, España.
- Morón, M. A. 2006. Revisión de las especies de *Phyllophaga* (*Phytalus*) grupos obsoleta y pallida (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae). *Folia Entomol. Mex.* 45 (supl. 1): 1-104.
- Morón, M. A. 2006b. Patrones de distribución de la familia Scarabaeidae (Coleoptera). En: Morrone, J. J.; Llorente, J. E. (Eds.). Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana. Las Prensas de Ciencias, UNAM. México, D.F. pp. 271-293.
- Morón, M.A. y Deloya. C. 1993. Los Coleopteros Lamellicornios de Puebla: un análisis preliminar, en Memoria Simposio sobre la problemática y pers-

- pectivas de la entomología en Puebla (A. Aragón y J.F. López-Olguín, Eds.) Soc. Mex. Entomol., DICA-ICUAP- INIFAP, Puebla. pp. 71-85.
- Morón, M. A. y Terrón R. 1988. Entomología Práctica: una guía para el estudio de los insectos con importancia agropecuaria, médica, forestal y ecología de México. Publ. 22. Instituto de Ecología, A.C. México. pp. 177.
- Morón M.A. Ratcliffe B.C, Deloya. C. 1997. Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera Lamellicornia, vol. I. Familia Melolonthidae, CONABIO y SME, México, pp. 280
- Morón, M. A., Aragón, A. M. Tapia-Rojas y R. Rojas –García. 2000. Coleoptera Lamellicornia de la Sierra del Tentzo, Puebla, México. Acta Zool. Mex. (n.s.) 79: pp. 77- 102.
- Muñoz A., Aragón A. y Morón M. A. 2013. Capítulo 10. Región de Teziutlán. In: Morón, M.A., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M.A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 205-226.
- Muñoz-Hernández, A., Morón, M. A., & Aragón, A. 2008. Coleoptera Scarabaeoidea de la región de Teziutlán, Puebla, México. Acta zoológica mexicana, 24(3): 55-78.
- Percino-Figueroa, S. M. 2002. Fauna de Coleoptera Lamellicornia del Municipio. De Zacatlán, Puebla. Tesis Profesional, Escuela de Biología, BUAP. p. 140.
- Pineda-López, R. y Verdú-Faraco J.R. 2013. Medición de la biodiversidad: diversidades alfa, beta y gamma. Universidad Autónoma de Querétaro. 114 p.
- Rivera-Gasperín, S. L., Carrillo-Ruiz, H., Morón, M. A. & Yanes-Gómez, A. 2013. Fauna de Coleoptera Melolonthidae (Scarabaeoidea) en el Rancho Canaletas, Paso del Macho, Veracruz, México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.), 29(1): 194-208.
- Salamanca C., Aragón A. y Morón M. A. 2013. Capítulo 6. Región del Citlaltépetl. Tlachichuca y Ahuatepec. In: Morón, M.A., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M.A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 121-144.

- Tapia-Rojas. A.M, López-Olguín J., Pérez-Torres B.C., Jiménez-García D, Juárez-Ramón D., Tapia-Rojas M. A. 2017. Importancia de la colección entomológica del instituto de ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. *Entomología Mexicana*, 4:832-836.
- Trujillo-Miranda, A. L., Carrillo-Ruiz, H., Rivas-Arancibia, S. P., & Andrés-Hernández, A. R. 2016. Estructura y composición de la comunidad de escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea) en el cerro Chacateca, Zapotitlán, Puebla, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(1): 109-122.
- Yanes Gómez, G. y Morón, M.A. 2010. Fauna de Coleopteros Scarabaeoidea de Santo Domingo Huehuetlán, Puebla, México, su potencial como indicadores ecológicos. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 26 (1): 123-145.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon*, 21(2/3): 213-251.

**Especies del subgénero *Phyllophaga* (*Phytalus*)
(Coleoptera: Melolonthidae) depositados en la colección
de insectos del Instituto de Ciencias,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

Betzabeth Pérez Torres¹

Betzabeth Cecilia Pérez Torres^{2*}

Agustín Aragón García²

Víctor Alfonso Cuate Mozo²

Resumen

La colección entomológica “Miguel Ángel Morón Ríos” del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, es un acervo científico invaluable para las futuras generaciones. Nos ayuda a realizar diferentes estudios relacionados con la biodiversidad, taxonomía, ecología y biogeográfica, además de ser una herramienta para realizar una serie de investigaciones, apoyo en la docencia, estudios de inventarios, áreas de conservación y ambiental. El trabajo consistió en dar a conocer la información de los ejemplares del subgénero *Phytalus* depositados en la colección entomológica “Miguel Ángel Morón Ríos”, del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Para esto se registraron los datos de los ejemplares depositados en la colección entomológica, la cual se encuentra dada de alta

¹ Preparatoria Urbana Enrique Cabrera Barroso, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Río Sabinas 6109 Jardines de San Manuel, C. P. 72570. Puebla, Pue; México.

² Centro de Agroecología Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Edificio VAL1, Km 1.7 carretera a San Baltazar Tetela, C.P. 72960, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México.

* Autor para correspondencia: betzabeth.perez@correo.buap.mx.

en la base de datos Temolli. En la colección se encontró un total de 839 ejemplares que corresponden a 20 especies, colectados en diferentes estados de la República Mexicana.

Palabras clave: base de datos, colección, ejemplares, Puebla y *Phytalus*.

Introducción

Las colecciones entomológicas, se han construido a lo largo de los años como muestras de curiosidad para el hombre hacia la naturaleza, admiración y estudio; son importantes desde diferentes puntos de vista o ámbitos del conocimiento científico, y cultural, por lo que se consideran como patrimonio científico y cultural de la humanidad (Crisci y Katinas, 2017; Gutiérrez and Pine, 2017; Martín-Albaladejo, 2014).

Este tipo de colecciones son realizadas principalmente por profesionales de otros ámbitos como biólogos y/o entomólogos que ayudan a conservar y restaurar los especímenes con delicadeza y minuciosidad, además de disponer de los conocimientos necesarios para identificar y tratar de manera correcta los especímenes biológicos, enfocándose siempre en la preservación de su valor científico (Villadot, 2020). Formar parte de las colecciones de historia natural, junto con otras colecciones científicas que albergan ejemplares de distintos grupos biológicos (Cristín y Perrilliat, 2011) constituyen un archivo de la biodiversidad pasada y presente de un ecosistema, que permiten realizar una serie de estudios relacionados con la biodiversidad, como lo taxonómico, genética, ecológicos, biogeográficos (Delgadillo y Góngora, 2009).

Shaffer *et al.* (1998) mencionan que las colecciones son una herramienta invaluable para documentar los cambios en la biodiversidad a través del tiempo. Villadot (2020) comenta que existen muchas instituciones que disponen de grandes colecciones de especímenes de insectos con fines científicos, ya

que muchos de ellos llevan a cabo funciones esenciales en los ecosistemas a los que pertenecen, a menudo se sacrifican una serie de individuos con la intención de que el espécimen preservado pueda ser de gran uso para la comunidad científica. En la actualidad es posible que todavía queden miles de especies de insectos sin descubrir y cada día especies nuevas son extinguidas.

Por lo que es vital que los ejemplares de insectos preservados estén siempre acompañados de sus respectivos datos de colecta indicando: estado, localidad, fecha de colecta, coordenadas geográficas, altitud, sustrato donde se encontró el ejemplar, método de captura y el nombre de o los colectores. Estos datos son los que posteriormente permitirán realizar estudios, investigaciones y listas taxonómicas (Márquez, 2005).

En el Centro de agroecología del Instituto de Ciencias de la BUAP, existe una colección entomológica donde se tiene una gran biodiversidad de especies identificadas de diferentes órdenes, que presentan información valiosa tanto actual como pasadas, no solo es utilizada en el aspecto científico, también como apoyo en la docencia, estudios de inventarios, sino también en áreas de conservación ambiental, en el ámbito médico, en la agricultura, insectos comestibles y conocimientos sobre el rol que tiene y que brinda dentro del ecosistema, todo esto nos sirve para contribuir en el bienestar y calidad de vida de las personas, además de realizar un manejo agroecológico que nos ayuden a solucionar diferentes problemas como es el caso de los insectos plaga, especies invasoras y migratorias. Entre estos se encuentra el género *Phyllophaga*, representado por varios subgéneros, por lo que el objetivo de este trabajo fue dar a conocer la información de los ejemplares del subgénero *Phytalus* depositados en la colección entomológica “Miguel Ángel Morón Ríos” del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Material y métodos

La colección de insectos se encuentra depositada en el laboratorio de Sistemática y Morfología de Insectos del Centro de Agroecología, Val 1, Eco Campus Valsequillo del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (figura 1), km 1.7 de la carretera de San Baltazar Tetela, en la junta auxiliar de San Pedro Zacachimalpa a, 7 kilómetros de la ciudad de Puebla. Geográficamente se localiza a una latitud es de 18.93519° ($18^{\circ} 56' 7''$) N, y longitud de -98.1475° ($98^{\circ} 8' 51''$) O., y una altitud de 2,151 m.



Figura 1. Edificio del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias BUAP.

El trabajo de laboratorio se llevó a cabo en la colección entomológica “Miguel Ángel Morón Ríos”, del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, cuyo trabajo consistió en realizar una revisión

minuciosa de los ejemplares del género *Phyllophaga* del subgénero *Phytalus* (figura 2a), de los cuales se obtuvo el nombre científico de las especies, el número de individuos, el lugar y fecha de colecta de cada ejemplar, finalmente estos datos se complementaron con los información obtenida en la base de datos Temolli, que se encuentra en el laboratorio de Sistemática y Morfología de Insectos del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias de la BUAP.

Además, se procesaron ejemplares que se colectaron en el Ecocampus Valsequillo de la BUAP, montándolos en seco con alfileres entomológicos sobre una base de uniel, así mismo, se elaboraron las etiquetas de cada uno de los ejemplares, la primera fue la etiqueta de localidad y la segunda de determinación de especie además algunos ejemplares se mantuvieron en alcohol al 70 % (figura 2b), los ejemplares se incorporaron en la colección entomológica y se ordenaron de acuerdo a la subespecie.



Figuras: 2a. Colección Entomológica “Miguel Ángel Morón Ríos”, del Instituto de Ciencias BUAP. 2b. Procesamiento de ejemplares.

Resultados y discusión

En la colección de insectos del Instituto de Ciencias “Miguel Ángel Morón Ríos” se encuentran depositados 839 individuos que corresponden a 20 especies del género *Phyllophaga*, subgénero *Phytalus*, distribuidas en diferentes localidades en los estados de Guerrero, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Sinaloa y Tlaxcala (cuadro 1). Estos datos concuerdan con lo comentado por Morón (2003a), quien menciona que entre los estados con mayor riqueza de especies en México se encuentra el estado de Puebla con 259, en el 2013 el mismo autor indica que han sido registradas 315 especies de 84 géneros de Scarabaeoidea, dentro de las cuales reporta al subgénero *Phytalus* ubicados en nueve regiones de Puebla y Tlaxcala.

Cuadro 1. Especies del género *Phyllophaga* subgénero *Phytalus* depositadas en la colección entomológica “Miguel Ángel Morón Ríos”, del Instituto de Ciencias, BUAP.

Especie	Localidad	Mes de colecta	Individuos
<i>pruinosa</i>	Cuetzalán del Progreso	Abril, mayo, junio.	16
<i>trichoides</i>	Atlixco, Cuetzalán del Progreso, Naupan, Puebla, San Miguel Xoxtla, Santo Domingo Huehuetlan y Yaonáhuac.	Abril, mayo, junio y agosto.	49
<i>hoogstraali</i>	Jicolapa, Zacatlan Puebla	Junio, Julio	3
<i>bolacoides</i>	San José El Aguacate.	Mayo	1
<i>obsoleta</i>	Atlixco, Amixtlan, Chiautla de Tapia, Huitzitepec, Izucar de Matamoros, Molcaxac, Naupan, Puebla, San Pedro Chapulco, Tehuacán, Tlacotepec de Benito Juárez, Tochimilco y Tzicatlacoyan.	Febrero, abril, mayo, junio y julio.	422

<i>totoreana</i>	El Fuerte, Sinaloa	Agosto	8
<i>cometes</i>	Molcaxac.	Junio	6
<i>epulara</i>	Loxicha, Candelaria, Oaxaca	Mayo	2
<i>dieteriana</i>	Jantetelco, Morelos	Mayo, septiembre	2
<i>macrocera</i>	Atlixco, Puebla, Nicolás Bravo, San Martín Texmelucan, San Miguel Xoxtla, Tochimilco.	Febrero, abril, mayo y junio.	182
<i>batillifer</i>	Santo Domingo Huehuetlan.	Junio	1
<i>platyrhina</i>	Jicolapa, Zacatlan Puebla.	Mayo	14
<i>bucephana</i>	San Felipe Teotlancingo.	Mayo, junio, julio.	10
<i>hintoni</i>	Tochimilco	Mayo	3
<i>lineata</i>	San Pedro Chapulco.	Junio.	8
<i>rugithorax</i>	Ciudad Serdán, Huamantla, Ixtenco, Sanlineat Francisco, Tetlanohacan, San Pablo del Monte, Teolocholco, Zitlaltepec.	Mayo, junio, julio, agosto, septiembre.	103
<i>platti</i>	Ciudad Serdán.	Abril, junio	2
<i>diminuta</i>	Coalcomán, Michoacán.	Junio	1
<i>hogel</i>	La Malinche, Tlaxcala, Puebla, Tlachichuca.	Abril	4
<i>crenonycha</i>	Malinaltepec, Guerrero	Mayo	2

En localidades del estado de Puebla, se han colectado en: Chiautla de Tapia Cuate *et al.* (2013) registraron 21 especies reportando solo cinco ejemplares de este subgénero; en Chignahuapan Delgado *et al.* (2013) reportaron 498 individuos de los cuales solamente un ejemplar pertenece a

este subgénero; Carrillo & Morón (2003) enlistaron dos especies para Cuetzalán del Progreso; con respecto a Teziutlán, Muñoz *et al* (2008) capturaron 300 individuos representantes de ocho especies, de las cuales una pertenece al subgénero *Phytalus*; mientras que en Zacatlán fueron recolectadas dos organismos por Percino (2002). En las faldas de los volcanes Citlaltépetl (Tlachichuca y Ahuatepec) fueron capturadas dos especies (Salamanca *et al.*, 2013); en San Felipe Teotlalcinto en el Parque Nacional Iztaccihuatl, una especie fue capturada (Chacón *et al.*, 2013); en las faldas del volcán Popocatepetl (Tochimilco), tres especies (Rodríguez *et al.*, 2013). Con respecto al valle de Puebla, cuatro especies fueron atrapadas por Pérez-Torres *et al.* (2013), y en Tehuacán, Aragón *et al.* (2013) capturaron dos; Salamanca *et al.* (2013) ubicaron una especie de *Phyllophaga* (*Phytalus*) *aff. lulaana*; Morón (2000), en Tlachichuca y Ahuatepec. Estos datos concuerdan con Morón (2003b), quien cita que esta especie fue colectada en Oaxaca por medio de la trampa NTP80, de lo cual se obtuvo una hembra. Tlaxcala (2024) realizó la diversidad específica de escarabajos Melolonthidae en el municipio de Tepexi de Rodríguez, en Puebla, donde reportó 31 especies representadas en nueve géneros de cuatro familias; dentro de las especies la más abundantes se encuentra *Phyllophaga* (*Phytallus*) *cometes* (Bates, 1888), con 28 ejemplares; y *Phyllophaga* (*Phytalus*) *dieteriana* (Deloya & Morón, 1998), con 24 ejemplares. Mientras que en Tlaxcala, en la Malinche (Matlalcueyetl), se colectaron ocho especies de *Phytalus* (García de Jesús *et al.*, 2013)

Como bien se puede observar en cuadro 1, se colectaron ejemplares durante casi todo el año, teniendo el mayor número de colectas en los meses de mayo y junio, para los meses de febrero y agosto solo hubo dos registros, mientras que en septiembre se realizó una colecta. *Phyllophaga* (*Phytalus*) *obsoleta* (Blanchard, 1851) fue la especie que presentó mayor número de individuos (422) seguida de *Phyllophaga* (*Phytalus*) *macrocera* (Bates, 1888) con 182 organismos y *Phyllophaga* (*Phytalus*) *rugithorax* (Saylor, 1938), con 103.

Las especies con menor cantidad de individuos fueron *Phyllophaga (Phytalus) crenonicha*, *Phyllophaga (Phytalus) diereriana*, *Phyllophaga (Phytalus) epulara* y *Phyllophaga (Phytalus) platti* todas con dos ejemplares, mientras que *Phyllophaga (Phytalus) batillifer*, *Phyllophaga (Phytalus) bolacoides* (Bates, 1888) y *Phyllophaga (Phytalus) aff. hoegei* (Bates, 1888) fueron representadas por un solo individuo.

Aragón *et al.* (2012) realizaron capturas de adultos en la zona cañera de Atenci6ngo Puebla, con trampas de luz mercurial tipo pantalla, así como colectas directas, encontrando un total de 1,253 organismos donde el género de mayor importancia fue *Phyllophaga* con cinco especies, entre ellas reportaron siete ejemplares de *P. (Phytalus) obsoleta* (dos machos y cinco hembras) ocasionando daños al cultivo, así mismo, sobre esta especie Carrillo y Mor6n (2013) reportaron que en Cuetzalan del Progreso, Puebla; en estado larval fue la responsable de los daños en diferentes cultivos.

Comentarios de las subespecies de *Phyllophaga (Phytalus)*.

Phyllophaga (Phytalus) pruinosa. Esta especie solo se ha reportado en una localidad de la parte norte de Puebla, durante los meses de abril a junio, estos datos son confirmados por Mor6n (2003b), donde reporta que esta especie se encuentra registrada para el estado de Puebla.

Phyllophaga (Phytalus) trichoides. En Puebla se encontró en siete localidades y sus colectas fueron de abril, mayo, junio y agosto; Pérez-Torres *et al.* (2013), cita que esta especie fue colectada en el Valle de Puebla, aunque también se ha colectado para los estados de Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz (Mor6n, 2013).

Phyllophaga (Phytalus) hoogstraali. Fue localizado en tres puntos de Puebla durante junio y julio, aparte de este trabajo no se ha encontrado más información de otros sitios de colecta para Puebla, solo se ha reportado

para los estados de Michoacán colectado en agosto (Morón 2003b), Nayarit y Sinaloa en julio y agosto (Morón, 2013).

Phyllophaga (Phytalus) bolacoides. Se encontró en el mes de mayo en San José El Aguacate, Puebla. Pérez-Torres *et al.* (2013) registraron esta especie en mayo para el Valle de Puebla.

Phyllophaga (Phytalus) obsoleta. Además de las localidades reportadas en este trabajo (cuadro 1) Morón y Aragón (1999), indican que esta especie también se distribuye en la región de Molcaxac, en el rancho “El Moral”, en el mes de junio, mientras que Aragón (2005), reporta que se colectaron durante los meses de junio a agosto. Esta especie se encuentra volando entre los meses de mayo a julio y Aragón *et al.* (2012) colectaron esta especie en junio. Los datos recopilados en este trabajo indican que la época de vuelo es durante los meses de febrero a junio. Se tiene que esta especie presenta una amplia distribución dentro del estado de Puebla, encontrándose en San Francisco Totimehuacán, El Aguacate, La Cantera, Rancho La Joya, Rancho El Moral, Santa Clara Huitziltepec, La Trinidad Tepango, Ocotlán, Santa María la Alta, Tehuacán y Km 2 carretera Izúcar de Matamoros Atencingo (IMPA) Aragón (2005). El Valle de Puebla y Cuetzalan del Progreso (Carrillo y Morón 2013, Pérez-Torres *et al.* 2013). Morón (2006), indica que se distribuye al oeste, centro, noreste y sur-este de México (Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Sinaloa y Veracruz).

Phyllophaga (Phytalus) totoreana. Este ejemplar no se ha reportado para Puebla, solo se registró para el estado de Sinaloa, ya que Morón (2006), indica que se distribuye al Noroeste de México (El Zapotillo, Sinaloa, México).

Phyllophaga (Phytalus) cometes. Se reporta en el municipio de Tepexi de Rodríguez de Puebla, en el manantial “La Bruja” (Tlaxcala, 2024).

Phyllophaga (Phytalus) dieteriana. Esta especie se ha encontrado volando en el municipio de Tepexi de Rodríguez y los límites de Puebla, en el manantial “La Bruja” donde encontraron 24 ejemplares (Tlaxcala, 2024), aunque

se ha colectado además en Izúcar de Matamoros, Tehuixtla y Chinantla (Aragón, 2005).

Phyllophaga (Phytalus) macrocera (Bates, 1888). Los adultos de esta especie se encuentran registrado durante los meses de febrero a junio. Aragón (2005), nos dice que son colectados de abril a junio en Rancho la Joya, Santo Tomás. El Valle de Puebla fue colectado por Pérez-Torres *et al.* (2013) durante los meses señalados en este trabajo acepto en junio.

Phyllophaga (Phytalus) batillifer. Castañeda-Osorio *et al.* 2015, colectaron un ejemplar en junio en Jolalpan (Rancho El Salado); pero también se reporta para Chiautla de Tapia (Cuate *et al.* 2013).

Phyllophaga (Phytalus) platyrhina. En la región de San Felipe Teotlalcingo-Parque Nacional Iztaccihuatl, Puebla se atrapo en abril (Chacón *et al.* 2013); en la Malinche (Matlalcueyetl) por García de Jesús *et al.* 2013).

Phyllophaga (Phytalus) bucephana (Bates, 1888). Fue colectada por Percino (2002), en Zacatlán y en la región de Teziutlán por Muñoz *et al.* (2008).

Phyllophaga (Phytalus) lineata (Bates, 1888). Se ha reportado en el Valle de Tehuacán por Aragón *et al.*, 2001.

Phyllophaga (Phytalus) rugithorax. Registrada en Tlachichuca y Ahuatepec (Salamanca *et al.* 2013) y en Chignahuapan (Delgado *et al.* 2013).

Phyllophaga (Phytalus) dimunita Evans, 2003. Por primera vez se han encontrado registros de esta especie para el estado de Puebla en Tochimilco durante el mes de mayo (Rodríguez *et al.* 2013), ya que en la colección se tiene un ejemplar, pero es del estado de Michoacán.

Conclusión

En la colección entomológica “Miguel Ángel Morón Ríos” del Instituto de Ciencias, BUAP, se encuentran depositados 803 individuos que corresponden a 20 especies del género *Phyllophaga* subgénero *Phytalus*, ubicadas en diferentes localidades de la República Mexicana. Se tienen información de

cada uno de los organismos, se conoce los patrones de distribución geográfica, meses en que se encuentran, se cuenta con un acervo científico invaluable para las futuras generaciones.

Literatura citada

- Aragón, G. A. 2005. Biología, comportamiento e importancia de cinco especies del género *Phyllophaga* (Coleoptera:Melolonthidae) en Agrosistemas del estado de Puebla. Tesis de doctorado. Posgrado en Ciencias Ambientales. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 117 p.
- Aragón, A., Pérez-Torres B. C y A. M. Tapia. 2013. Región de Tehuacán. In: Morón, M. Á., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds.) Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M.A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 253-274.
- Aragón, G. A., M. Á. Morón, A. M. Tapia-Rojas y R. Rojas-García. 2001. Fauna de Coleoptera Melolonthidae en el Rancho “La Joya”, Atlixco, Puebla, México. *Acta Zool. Mex.* (n.s.). 83: 143-164.
- Aragón, G. A., M. Á. Morón, M. A. Damián H., J. F. López-Olguín, E. P. Pinzón R y J. N. Pérez Q. 2012. Fauna de Coleoptera Lamellicornia de la zona cañera del ingenio de Atencingo, Puebla, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.). 28(1): 161-171.
- Carrillo, R. H. y M. Á. Morón, 2003. Fauna de Coleoptera Scarabaeoidea de Cuetzalan del Progreso, Puebla, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.). 88: 87-121.
- Carrillo, R. H. y M. Á. Morón. 2013. Región Cuetzalan. In: Morón, M. Á., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds.) Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M. A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 259-273.
- Castañeda-Osorio, R., H. Carrillo-Ruiz, S. P. Rivas-Arancibia y M. Sánchez-Ca-

- rrillo. 2015. Melolonthidae y Cetoniidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) en el Rancho El Salado, Jolalpan, Puebla, México. *Duguesiana*. 22 (2): 227-241.
- Chacón, A. L., A. Aragón. y M. Á. Morón. 2013. Región del Iztaccihuátl. Teotlalzingo. In: Morón, M. Á., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M.A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 83-94.
- Crisci, J. y Katianas, L. 2017. El fin de las colecciones de historia natural en un tiempo de extinciones. Taller sobre Conservación del patrimonio natural y cultural, conceptos básicos y definiciones. Editado por el Comité Académico sobre conservación de humedales latinoamericanos. Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires. pp. 80-96.
- Cristín, A. y M. del C Perrilliat. 2011. Las colecciones científicas y la protección del patrimonio paleontológico. *Boletín de la sociedad geológica mexicana*. 63(3): 421-427.
- Cuate, V. A., A. Aragón y M. Á. Morón. 2013. Región de Chiautla. In: Morón, M. Á., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M.A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 297-322.
- Delgadillo, I. y F. Góngora. 2009. Colecciones Biológicas: estrategias didácticas en la enseñanza aprendizaje de la Biología. *Bio-grafía*. 2(3): 131-140.
- Delgado, J. M., A. Aragón y M. Á. Morón. 2013. Región de Chignahuapan. In: Morón, M. Á., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M. A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 167-186.
- García de Jesús, S., A. Aragón. y M. Á. Morón. 2013. Región del Matlalcuéyetl (La Malinche) In: Morón, M. Á., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M. A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 145-166.
- Gutiérrez, E. and R. Pine. 2017. Specimen collection crucial to taxonomy. *Science*. 355(6331): 1275.

- Márquez, L. J. 2005. Técnicas de colecta y preservación de insectos. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa, 37: 385-408.
- Martín-Albaladejo. 2014. El museo nacional de ciencias naturales y la enseñanza de las ciencias de la naturaleza en España: Las colecciones como herramienta didáctica. Boletín de real sociedad española de historia natural. 1: 7-24.
- Morón, M. Á. 2003 a. Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia Vol. II. Familia Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Argania Edition. Barcelona, España. 277p.
- Morón, M. Á. 2003 b. Diversidad, distribución e importancia de las especies de *Phyllophaga* Harris en México (Coleoptera:Melolonthidae). En: Estudios sobre Coleopteros del suelo en América. Aragón, G. a., M. A. Morón y A. Martín J. (Eds). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp. 1-27.
- Morón, M. Á. 2006. Revisión de las especies de *Phyllophaga* (*Phytalus*) grupo *obsoleta* y *pallida* (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae). Folia Entomol, Mex. 45 (1): 1-104.
- Morón, M. Á. 2013. Introducción al conocimiento de los escarabajos de Puebla. In: Morón, M. A., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M. A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 1-28.
- Morón, M. Á. y A. Aragón A. 1999. Diversidad de Coleopteros Scarabaeoidea del estado de Puebla (I). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Instituto de Ciencias. Bases de datos SNIB-CONABIO proyecto No. H125. México, D.F.
- Muñoz, H. A., M. Á. Morón, y A. Aragón. 2008. Coleoptera Scarabaeoidea de la región de Teziutlán, Puebla, México. Acta zoológica mexicana, 24(3): 55-78.
- Percino, F. S. M. 2002. Fauna de Coleoptera Lamellicornia del municipio de Zacatlán, Puebla, México. Tesis de licenciatura, Escuela de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 129 p.
- Pérez-Torres, B. C., A. Aragón y A. M. Tapia. 2013. El Valle de Puebla. In: Mo-

- rón, M. Á., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M. A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp.55-82.
- Rodríguez, Y., A. Aragón y M. Á. Morón. 2013. Región del Popocatepetl. Tochimilco. In: Morón, M. Á., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M. A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp.95-120.
- Salamanca, C., A. Aragón y M. Á. Morón. 2013. Región del Citlaltépetl. Tlachichuca y Ahuatepec. In: Morón, M. Á., A. Aragón, y H. Carrillo-Ruiz (Eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M. A. Morón, Coatepec, Veracruz, México. pp. 121-144.
- Shaffer, H., R. Fisher. and C. Davidson. 1998. The role of natural history collections in documenting species declines. *Trends in Ecology and Evolution*. 13(1): 27-30.
- Tlaxcala, S. G. Escarabajos Melolonthidos (Coleoptera: Melolonthidae) en los municipios de Tepexi de Rodríguez y Molcaxac, Puebla. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 54 p.
- Villadot, A. 2020. La conservación de las colecciones entomológicas. Treball final de grau. Grau de conservació-Restauració de Béns Culturals. Facultat de Belles Arts. Universidad de Barcelona. 63 p.



Imagen: Larva de tercer instar de *Parachrysa parapatriza*

Escala de la línea= 1 mm

Foto: Colpos Texcoco

“Frailecillos” (Coleoptera: Melolonthidae: *Macroductylus*) atraídos por el α -pineno a partir de ensayos *in silico* y en olfatómetro

Noe Yamil Pages-Paez¹

Alan Carrasco-Carballo²

Fernanda Salgado Farias^{1*}

Ángel Alonso Romero López¹

Resumen

Los estímulos químicos resultan fundamentales en las interacciones planta-insecto y en ese sentido, la Ecología química brinda la posibilidad de estudiar este tipo de interacciones a distintos niveles, desde el molecular hasta el que involucra el análisis de los patrones de comportamiento de los insectos involucrados. En el caso de los “frailecillos” o adultos de *Macroductylus mexicanus* Burmeister (Coleoptera: Melolonthidae), considerados como plagas de relevancia agrícola en México, se cuenta ya con evidencia de su comunicación química que ha permitido explorar aspectos finos de la interacción que establecen con sus plantas hospederas. En este trabajo se propone enlazar lo que resulta de los análisis de Docking molecular, en el contexto de la actividad biológica del α -pineno (compuesto volátil extraído de hojas de acacias de *Acaciella angustissima* (Mill.) Britton y Rose) con ensayos en olfatómetro y ante adultos de *M. mexicanus*. Como parte del Docking molecular

¹ Facultad de Ciencias Biológicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

² Laboratorio de Elucidación y Síntesis en Química Orgánica, Instituto de Ciencias; Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Blvd. Valsequillo y San Claudio, Ciudad Universitaria, Edificio 112-A, Col. Jardines de San Manuel, Puebla, Pue., México, C.P. 72570

* Autor para correspondencia: fersalgado7895@gmail.com

entre ocho secuencias de proteínas de unión a olores (OBP, por sus siglas en inglés) modeladas *in silico*, se detectó que el compuesto volátil α -pineno presentó mayor energía de acople con respecto a la α -pulegona (molécula empleada tradicionalmente como control), particularmente en la interacción con OBP AMR98356, asociadas filogenéticamente a la quimiorrecepción de los frailecillos bajo estudio. De forma complementaria, en los ensayos activos con olfatómetro de doble vía “Y”, se registraron respuestas positivas estadísticamente significativas ($X^2 = 0.03389$, $p < 0.05$) por parte de los adultos de *M. mexicanus* hacia el α -pineno con respecto al control, evidenciándose también una tendencia de que las hembras son mayormente atraídas al α -pineno en comparación con los machos ($X^2 = 0.2526 > p = 0.05$). Estos resultados permiten sugerir que el α -pineno provoca actividad biológica a nivel molecular y comportamental en frailecillos de *M. mexicanus*.

Palabras clave: *Macroductylus mexicanus*, docking molecular, ensayos comportamentales, OBP, interacción químico-ecológica.

Introducción

Las interacciones ecológicas son primordiales para el mantenimiento de los ecosistemas (Montoya *et al.*, 2001) y dependiendo del contexto se pueden clasificar en interacciones mutualistas o antagonistas (Morales *et al.*, 2017). Para que se establezca una interacción ecológica es indispensable transmitir y recibir información; en el caso de los insectos con las plantas, el más sobresaliente es el denominado “lenguaje químico” (Leonhardt *et al.*, 2016). Este intercambio de información química que media las interacciones planta-insecto, parte del interés de estudio de la Ecología química, puede representarse mediante un esquema de comunicación conformado por un emisor, un “mensaje químico” y un receptor, siendo la planta el primero, los volátiles el segundo y, por último, el insecto (Romero-López, 2016) (Figura 1). Los volá-

tiles de plantas son compuestos químicos producidos y emitidos por diversas partes de estos seres vivos, de naturaleza hidrófoba y bajo peso molecular, además de tener una alta volatilidad a temperatura ambiente (Cantúa-Ayala *et al.*, 2019); fungen como mensajeros químicos importantes para el desarrollo de actividades vitales en las plantas, como la dispersión de semillas o la polinización (Vázquez *et al.*, 2009) y para los insectos resultan fundamentales para cuestiones de reproducción, alimentación, refugio y localización de hospederos (Bautista-Lozada *et al.*, 2012; Wooding *et al.*, 2020).

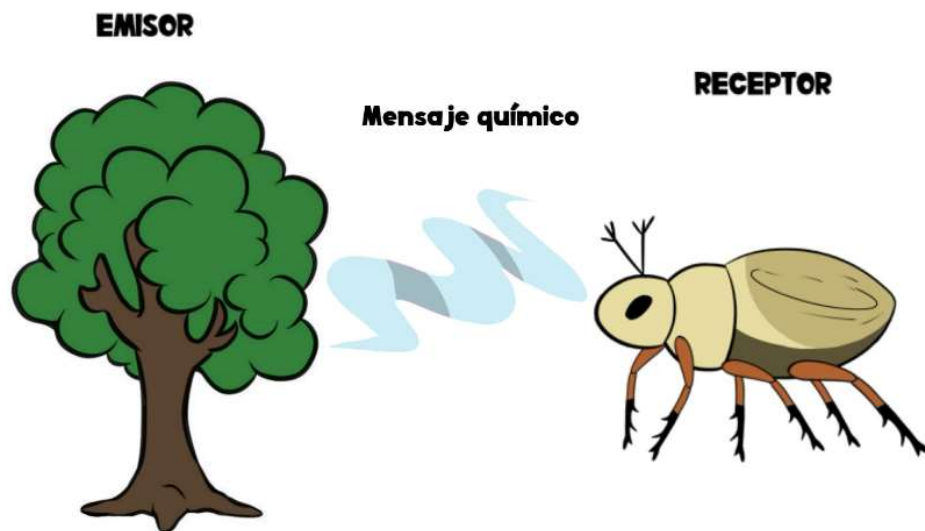


Figura 1. Esquema de comunicación química con sus tres componentes: emisor, mensaje químico (en este caso, compuestos orgánicos volátiles) y receptor.

Fuente: José Addi Mendieta González.

Interacciones planta-insecto a nivel molecular y comportamental

La captación de los volátiles de plantas por parte de los insectos se lleva a cabo en sus antenas, las cuales están provistas de estructuras quimiorreceptoras, proteínas de unión a olores (OBP, por sus siglas en inglés) y ór-

ganos receptores (Cilia *et al.*, 2021), con los cuales integran la información química del exterior transmitiéndola al cuerpo pedunculado del protocerebro (Ortiz y Molina, 2010). Finalmente, el resultado de todo este proceso fisiológico se ve reflejado en respuestas comportamentales del insecto que, dependiendo del efecto, se desplazará hacia la fuente emisora o se alejará de ella (Marín-Loaiza y Céspedes, 2007). Por ello, los estudios a diferentes niveles de confirmación biológica son sustanciales para un entendimiento más completo de cómo se establecen y desarrollan las interacciones ecológicas, y una forma de hacerlo es implementando nuevas herramientas para su estudio. Dentro de la Ecología química se encuentra un enfoque denominado “Ecología química inversa”, en el cual, mediante técnicas bioinformáticas como el Docking molecular o acoplamiento molecular, se puede de manera anticipada simular la interacción y comportamiento entre COV-OBP, en la formación de complejos moleculares (Trott y Olson, 2010). El Docking molecular permite obtener datos energéticos, siendo los de menor energía los reportados para los complejos más estables; como el caso de *Hylamorpha elegans* Burmeister con su planta hospedera *Nothofagus obliqua* (Mirbel) Oerst (González-González *et al.*, 2016) y el de *M. mexicanus* a especies de encinos (Moctezuma-Vega, 2022).

Por otra parte, las pruebas tradicionales para el registro de la conducta en estos artrópodos son las que se efectúan en olfatómetros, equipos de vidrio o acrílico, los cuales permiten detectar patrones relacionados con la quimiorrecepción por parte de los insectos bajo estudio (Pages-Paez y Romero-López, 2024) y evaluar respuestas de preferencia, de “sí” o “no”, de comunicación química sexual o de comunicación química alimentaria, desde la perspectiva de ensayos pasivos (“arenas”) o activos (con flujo de viento) (Romero-López, datos no publicados). Existen olfatómetros de diversas formas y tamaños, ya sea de dos (“Y”), cuatro o más vías; al término de cada oquedad, extensión o “brazo” se coloca el estímulo químico (López-Ávila y Rincón, 2006) que simulará el esquema o esquemas de comunicación química correspondientes (Romero-López, datos no publicados). Cada tipo de

estos equipos se emplean para estudios con insectos de talla pequeña y de importancia médica o agronómica, como son algunos integrantes de los órdenes Diptera, Ixodida y Coleoptera (Ávila-Cervantes *et al.*, 2007).

Interacciones “frailecillos-planta hospedera”

Los adultos de *Macrodactylus mexicanus* Burmeister, comúnmente conocidos como “frailecillos” (Figura 2), son Coleopteros Melolonthidae que emergen del suelo entre los meses de mayo a agosto, con un ciclo de vida anual y que presentan características morfológicas relevantes taxonómicamente como la coloración negra en la cabeza, artejos pardo-rojizos, piezas bucales negras y vestidura setífera amarilla o grisácea, además de reportarse como plaga para diversos cultivos agrícolas por sus hábitos fitófagos tanto en su estado larval como imago (Arce-Pérez y Morón, 2012). Con respecto a sus interacciones, se ha observado que un gran número de plantas fungen como sus hospederas (Romero-López, 2016; Morales-Blancas y Romero-López, 2019, 2020; Moctezuma-Vega y Romero-López, 2020; Pages-Paez y Romero-López, 2024), lográndose la identificación del perfil químico de algunas de ellas, como algunas especies de encinos (Moctezuma-Vega, 2019) y de acacias (Pages-Paez, 2021, 2023). Con base en esta información y la que continúa generándose de interacciones “frailecillos-plantas hospederas” (Pages-Paez y Romero-López, 2024; Romero-López, datos no publicados), es posible ir consolidando estrategias de manejo para *M. mexicanus* fundamentadas en el uso de atrayentes sexuales (García-Canales y Romero-López, 2017; Martínez-Bonilla, 2019; Salgado-Farias, 2022; Romero-López, datos no publicados) y compuestos orgánicos volátiles (COV) o volátiles de plantas (Salgado-Farias, 2022; Romero-López, datos no publicados). A pesar del avance en este sentido, la secuencia de confirmación de actividad biológica se ha centrado en ensayos con olfatómetro a partir de macerados de hojas y flores de “palo dulce” (Morales-Blancas y Romero-López, 2020) y de acacias de *Acacie-*

lla angustissima (Mill.) Britton y Rose) (Pages-Paez y Romero-López, 2024) o de algunos compuestos sintéticos con ensayos en olfatómetro + pruebas en campo (Martínez-Bonilla, 2019; Salgado-Farias, 2022), pero sin abordar aspectos de biología molecular que brinden elementos de juicio predictivo que fortalecerían este tipo de estrategias de manejo.



Figura 2. Imagen de un macho de *Macroductylus mexicanus* posando sobre el ápice de una rama de *Acaciella angustissima*.

Interacción “frailecillo-acacia”

La interacción entre adultos de *M. mexicanus* y árboles de *A. angustissima* se fundamenta en la liberación de COV, que, al ser captados por el sistema olfativo de los escarabajos, evocan desplazamientos dirigidos permitiendo el desarrollo de sus procesos vitales (Pages-Paez y Romero-López, 2024). Para esta especie vegetal, se ha extraído e identificado al mirceno y el α -pineno como los principales compuestos volátiles que forman parte del perfil químico de las hojas de dichos árboles, esbozándose por estudios *in silico* que

también serían los detonadores de actividad biológica al entrar en contacto con los quimiorreceptores y OBP de los frailecillos (Pages-Paez *et al.*, datos no publicados). En particular, el α -pineno, perteneciente a los terpenoides y el cual es sintetizado por diversas plantas hospederas de adultos de *M. mexicanus* (Moctezuma-Vega, 2022; Nieves-Silva y Romero-López, 2016; Pages-Paez, 2021, 2023) y aunque ya se iniciaron algunos ensayos pasivos en olfatómetro con este compuesto en su forma sintética comercial y pruebas en campo (Salgado-Farias, 2022), se omiten estudios de acoplamiento molecular y la ejecución de ensayos activos en olfatómetro que refuercen los ensayos en campo con un enfoque predictivo. De ahí que en el presente estudio se pretende cumplir con estos rubros pendientes, en pro de establecer ensayos secuenciales que enlacen la confirmación de actividad biológica a nivel molecular con el registro del comportamiento de los frailecillos en "olfatómetro activo", en respuesta hacia el α -pineno.

Material y métodos

Obtención de frailecillos de *M. mexicanus*. La recolecta de estos insectos tuvo lugar en el "Cerro Zapotecas" (19°04'31"N 98°20'46"O) ubicado en San Pedro Cholula, Puebla, en la temporada de verano, en julio del 2023. Esta zona cuenta con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura anual entre 18° y 20°, una vegetación mayormente de pino-encino y matorral xerófilo (Flores-Hernández, 2011). Los Coleopteros se capturaron de manera manual y se colocaron en el interior de envases de plástico de 1 L de capacidad; en cada recipiente se incluyeron quince machos y quince hembras sobre una capa de suelo húmedo y con ramas-hojas-flores de acacia. Todo ello se trasladó al Laboratorio de Infoquímicos y Otros Productos Bióticos de la Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, mismo lugar donde se sexaron y confirmó la identidad taxonómica de los adultos con base en lo propuesto por Arce-Pérez y Morón (2000).

Ensayos *in silico*. Se efectuaron actividades de Docking molecular entre ocho secuencias de OBP modeladas mediante el software Schrödinger; para ello se consideraron secuencias pertenecientes a especies relacionadas filogenéticamente con *M. mexicanus*, como *Hylamorpha elegans* Burmeister, *Holotrichia parallela* Motschulsky y *Holotrichia oblita* Faldermann (Cuadro 1). Del mismo modo, se consideró la molécula α -pineno para la obtención de los valores energéticos de acoplamiento (Kcal/mol) y la molécula α -pulegona como referencia (Moctezuma-Vega, 2022) por su alta afinidad (valor más negativo), con cien repeticiones por complejo. Se utilizó el software Auto Dock Vina v.1.2.5. para la obtención de los valores de energía en cada acoplamiento molecular.

Cuadro 1. Secuencias de proteínas modeladas y empleadas para pruebas moleculares. Se seleccionaron secuencias de organismos cercanos filogenéticamente a *Macrodactylus mexicanus* y se muestran las especies a las que pertenecen las OBP junto con su identificación con base en el NCBI (National Center for Biotechnology Information).

OBP de referencia	ID NCBI
<i>Holotrichia oblita</i>	AZL87166.1
<i>Holotrichia oblita</i>	AZZ86674.1
<i>Holotrichia parallela</i>	AVM18965.1
<i>Holotrichia parallela</i>	AVM18961.1
<i>Holotrichia parallela</i>	AKI84360.1
<i>Hylamorpha elegans</i>	AMR98356.1
<i>Hylamorpha elegans</i>	AMR98355.1
<i>Hylamorpha elegans</i>	AMR98353.1

Ensayos activos con olfatómetro. Las pruebas se llevaron a cabo entre las 12:00 y las 14:00 hrs, periodo en que se registra la mayor actividad precopulatoria y alimentaria de los adultos de *M. mexicanus* al momento de la interacción con *A. angustissima* (Pages-Paez y Romero-López, 2024). Se empleó un olfatómetro de vidrio de dos vías en forma de "Y", el cual consta de un tubo central de 14 cm y dos extensiones de este de 13 cm de largo y 1.5 cm de diámetro interior cada uno, lo que permite un flujo de viento constante de 500 mL/min regulado por un flujómetro (Cole Parmer, USA) (1 L/min en el tubo central). En una de las extensiones tubulares del olfatómetro se colocó un fragmento de 1 cm² de papel filtro impregnado con 15 μ L de α -pineno y diclorometano como disolvente (100 μ L α -pineno / 1,500 μ L de diclorometano); en la otra extensión se agregaron 15 μ L de diclorometano en un fragmento de papel filtro de las mismas dimensiones (control). Se llevaron a cabo treinta y dos ensayos (dieciséis hembras y dieciséis machos), con una duración de cinco minutos para cada uno de ellos, iniciando una vez que una hembra o macho se situó en el extremo inicial del tubo central; en cuanto cada Coleoptero se desplazaba hacia alguno de los estímulos, se registró como respuesta o taxia positiva. El análisis estadístico de datos se llevó a cabo con el software R studio versión 4.2.1., empleando una prueba de Chi-cuadrada que considera la frecuencia de respuestas por parte de los frailecillos.

Resultados y discusión

Ensayos *in silico*. Se detectó una tendencia en la cual la energía de acoplamiento del α -pineno se asemeja a la del control (Figuras 3 y 4); sólo para el caso de las OBP AMR98356 de *H. elegans*, el α -pineno tuvo mayor energía de acople con respecto al control α -pulegona, probablemente porque, en la naturaleza, los adultos de *H. elegans* muestran patrones de comportamiento relacionados con la atracción a plantas que produzcan α -pineno como parte de una mezcla de COV; caso contrario a las OBP sin interacción. A pesar de que

α -pineno no mostrara valores más negativos con respecto a α -pulegona (control), esto abre el debate en el sentido de que el α -pineno es una molécula con estructura pequeña a diferencia del α -pulegona, además de variar en cuanto a la diferencia de tamaño entre las secuencias de OBP (Pages-Paez, 2023).

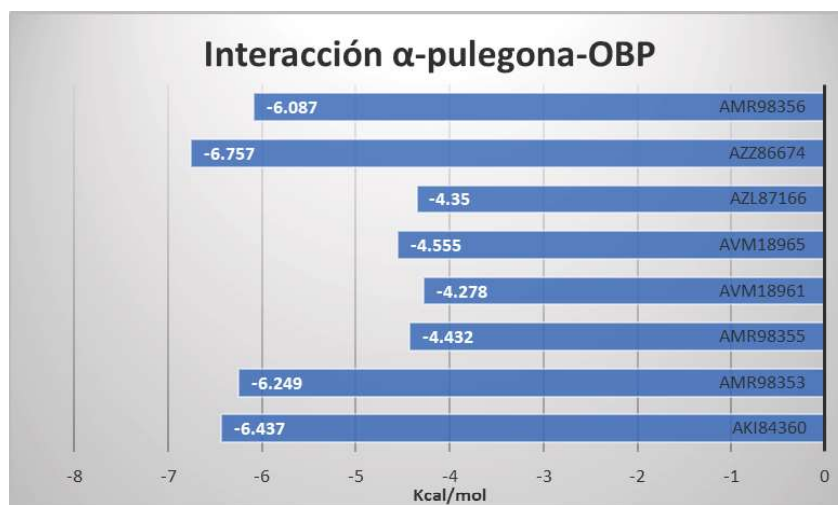


Figura 3. Valores energéticos de los complejos moleculares entre las OBP y el α -pulegona. En cada uno de sus acoplamientos se observan altos valores negativos; cuatro de ellos, con valores por encima de -6 Kcal/mol.

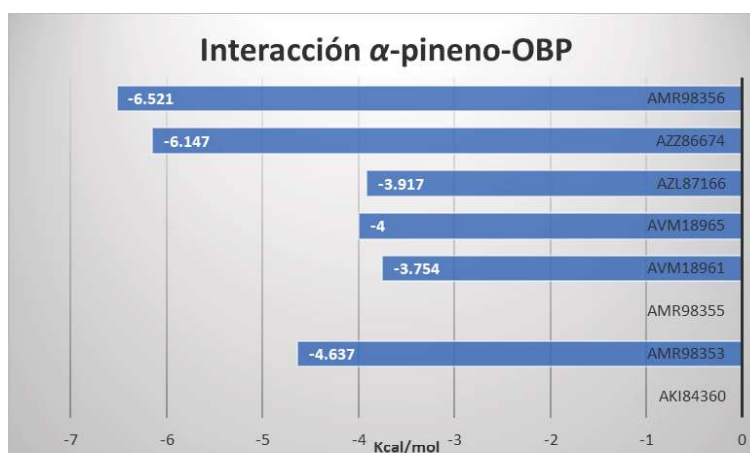


Figura 4. Valores energéticos de los complejos moleculares entre las 8 OBP y el α -pineno. En dos OBP no se presentó el acoplamiento, mientras que en la OBP AMR98356 se observa el único valor mayor con respecto al control.

Ensayos con olfatómetro

En cuanto a los bioensayos con olfatómetro (Figura 5), se observaron respuestas positivas por parte de los adultos de *M. mexicanus* hacia el α -pineno con respecto al control ($X^2 = 0.03389$, $p < 0.05$) (Figura 6), siendo consistente con Salgado-Farias (2022), la cual empleó un olfatómetro de cuatro vías sin flujo de viento, evidenciando atracción de hembras de esta especie hacia α -pineno, D-limoneno y ácido hexanoico, y para machos hacia α -pineno y ácido oleico. Con relación a plantas hospederas de *M. mexicanus*, en sus interacciones con *Quercus grahamii* Benth, y *Quercus sartorii* Liebm, se destaca la abundancia α -pineno y su rol en cuanto a la atracción de adultos de esta especie (Moctezuma-Vega, 2022) y para *Macrodactylus nigripes* Bates, se reportó atracción hacia COV de su planta hospedera *Baccharis salicifolia* (Ruíz y Pav. Pers.), de los cuales α -pineno resultó ser de los más abundantes (Nieves-Silva y Romero-López, 2019).



Figura 5. Imagen en que se muestra el olfatómetro en forma de "Y", representando una respuesta positiva por parte de un macho de *Macrodactylus mexicanus* hacia el tratamiento (α -pineno).

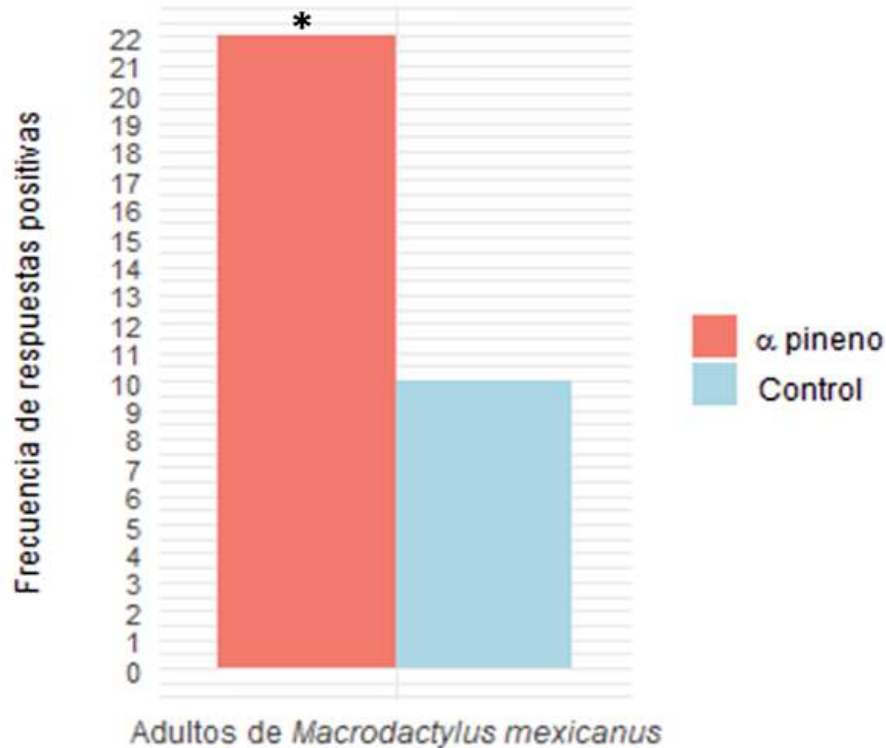


Figura 6. Respuestas de adultos de *Macrodactylus mexicanus* hacia el tratamiento α -pineno contra el control (α -pulegona). n= 32, Chi-cuadrada, *diferencias estadísticas con respecto al control.

Por último, con respecto al Coleoptero *Tonicus destruens* Wollaston, se demostró que el α -pineno, en combinación con otros compuestos pertenecientes a *Pinus pinea* L., mostraron atracción mediante pruebas electroantagráficas (Faccoli *et al.*, 2011). No obstante, se observó una tendencia mayor de elección por el α -pineno por parte de hembras de *M. Mexicanus* en comparación con los machos ($X^2 = 0.2526 > p = 0.05$) (Figura 7), probablemente debido a que las primeras en emerger son las hembras en busca de fuentes de alimento (hojas y flores) como sus plantas hospederas, las cuales cuentan abundantemente con este compuesto (Pages-Paez, 2023).

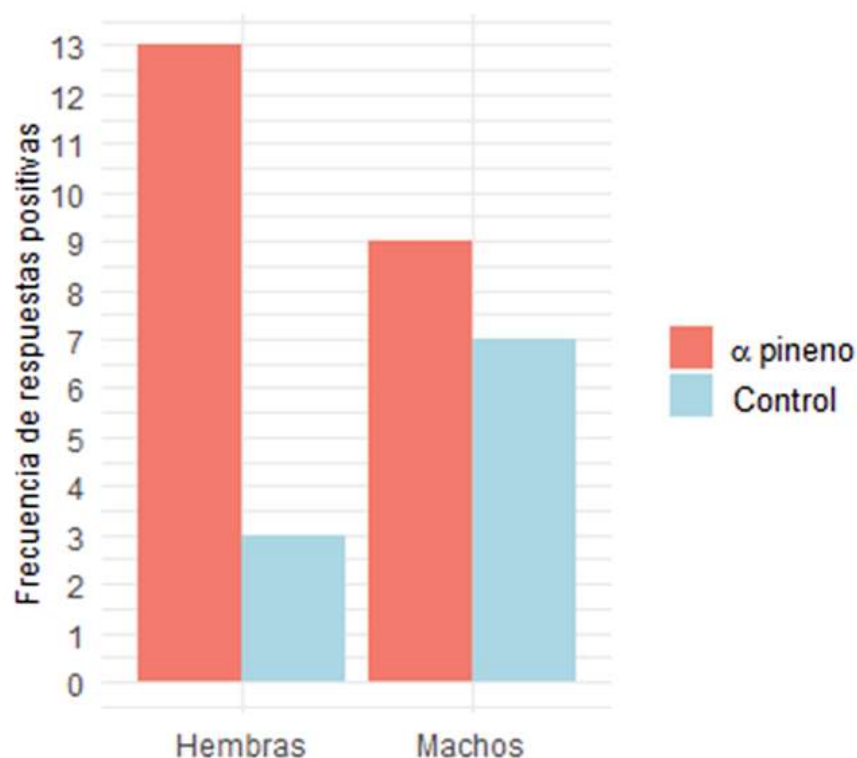


Figura 7. Respuestas diferenciadas que presentaron hembras y machos de *Macroductylus mexicanus* hacia el α -pineno contra el control (α -pulegona). Se observa una tendencia a una mayor preferencia por parte de las hembras con respecto a los machos.

Conclusiones

El α -pineno presentó niveles energéticos negativos en cuanto a los acoplamientos moleculares, evidenciando su interacción con las OBP de los frailecillos de *M. mexicanus*. Así, el Docking molecular destaca como herramienta bioinformática que permite conocer anticipadamente el comportamiento de las moléculas implicadas en los procesos de olfacción. Las pruebas comportamentales en olfatómetro confirmaron dicha actividad biológica, brindando información adicional en torno a la respuesta diferencial entre hembras y machos de estos insectos hacia el α -pineno, el cual forma parte de una mezcla de COV emitidos por acacias de *A. angustissima*.

Literatura citada

- Arce-Pérez, R. y Morón, M.A. 2000. Taxonomía y distribución de las especies de *Macrodactylus Latreille* (Coleoptera: Melolonthidae) en México y Estados Unidos de América. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), 79, 123-239.
- Arce-Pérez, R. y Morón, M.A. 2012. Las especies de escarabajos *Macrodactylus* de Guatemala (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae). *Biodiversidad*, 2: 193-196.
- Ávila-Cervantes, R. A., Mancilla-Montelongo, G., González-Pech, P. G., Sandoval-Castro, C. A., y Torres-Acosta, F. 2007. Bioensayos in vitro de relevancia en las ciencias biológicas y agropecuarias. *Bioagrobiencias*, 12(1). 34-41
- Bautista-Lozada, A., Bravo-Mozón, Á.E., Espinosa-García, F.J. 2012. Importancia ecológica de la emisión de compuestos volátiles vegetales. En: Rojas, J.C, Malo, E.A. (Eds.), *Temas selectos en ecología química de insectos*. El colegio de la Frontera Sur. México, pp. 268-286.
- Cantúa-Ayala, J.A., Flores-Olivas, A., y Valenzuela-Soto, J.H. 2019. Compuestos orgánicos volátiles de plantas inducidos por insectos: situación actual en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3): 729-742.
- Cilia, G., Marzoli, F., Cardaio, I., Ellis, J. D. and Nanetti, A. 2021. Identification of odorant-binding proteins (OBPs) in *Aethina tumida*. *Bulletin of Insectology*, 74(1), 79-85.
- Faccoli, M., Anfora, G., and Tasin, M. 2011. Stone pine volátiles and host selection by *Tomicus destruens* (Wollaston) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytidae). *Silva Lusitana*, 61-73.
- Flores-Hernández, J. 2011. Listado preliminar de mariposas diurnas de Cholula. *Elementos*, 83:25-28.
- González-González, A., Palma-Millanao, R., Yáñez, O., Rojas, M., Mutis, A., Venthur, H., Quiroz, A., and Ramírez, C. 2016. Virtual Screening of Plant Volatile Compounds Reveals a High Affinity of *Hylamorpha elegans*

- (Coleoptera: Scarabaeidae) Odorant-Binding Proteins for Sesquiterpenes From Its Native Host. *Journal of Insect Science*, 16 (1):1-15.
- Leonhardt, S.D., Menzel, F., Nehring, V., and Schmitt, T. 2016. Ecology and evolution of communication in social insects. *Cell*, 164(6): 1277-1287.
- López-Ávila, A. y Rincón, D.F. 2006. Diseño de un olfatómetro de flujo de aire para medir respuestas olfativas de insectos de tamaño mediano y pequeño. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(1): 61-65.
- Marín-Loaiza, J.C., y Céspedes, C.L. 2007. Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(4), 327-351.
- Martínez-Bonilla, O. K., Galicia-Isasmendi, S., Aragón, A., y Romero-López, A. A. 2019. Comparación Anatómica de Estructuras del Sistema Olfativo de Larvas y Adultos de *Macrodactylus mexicanus* Burmeister. *Southwestern Entomologist*, 44(3), 755-762.
- Moctezuma-Vega B. X. y Romero-López A. A. 2020. Patrones de comportamiento de *Macrodactylus mexicanus* (Coleoptera: Melolonthidae) sobre hojas de encinos. *Memorias del 4to Congreso Nacional de Investigación Interdisciplinaria*. Ciudad de México, México, 150-152.
- Moctezuma-Vega, B. X. 2022. Interacción entre adultos de *Macrodactylus mexicanus* (Coleoptera: Melolonthidae) con *Quercus grahamii* y *Quercus sartorii* (Fagaceae), mediada por volátiles. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Biológicas, BUAP, 51 p.
- Moctezuma-Vega, B. X. 2019. Obtención del código de barras de ADN de especies de *Quercus* (Fagaceae) hospedadas de adultos de *Macrodactylus* (Coleoptera: Melolonthidae). Tesis de Licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 57 p. Recuperado de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/e31f537b-4e8c-441d-85f3-d015dfobd75f>.
- Montoya, K.M., Solé, R.V., y Rodríguez, M. Á. 2001. La arquitectura de la naturaleza: complejidad y fragilidad en redes ecológicas. *Ecosistemas*, 10(2): 11-18.
- Morales, J., Cocoltzi, E., y Ramos, M. 2017. Las interacciones ecológicas y su importancia para el hombre. Artículo de Blog INECOL: Instituto de

- Ecología, AC Gobierno de México. Veracruz. Recuperado de https://www.wiki.cch.unam.mx/Las_interacciones_ecológicas_y_su_importancia_para_el_hombre
- Morales-Blancas, G.I. y Romero-López, A.A. 2020. Observación del comportamiento de “frailecillos” (Coleoptera: Melolonthidae) en campo y laboratorio que evidencian atracción de estos hacia flores y brotes de su planta hospedera. *Entomología Mexicana*, 7:279-285.
- Morales-Blancas, G.I., y Romero-López, A.A. 2019. Comportamiento de adultos de *Macrodactylus mexicanus* Burmeister, 1855 (Coleoptera: Melolonthidae) en su acercamiento a árboles de *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. 1892 (Fabaceae). *Entomología Mexicana*, 6: 352-357.
- Nieves-Silva, E. and Romero-López, A.A. 2019. Chemical profile of the volatiles of *Baccharis salicifolia* (Astereceae) and interaction with *Macrodactylus nigripes* (Coleoptera: Melolonthidae). *Acta Agronómica*, 68 (3): 222-227.
- Nieves-Silva, E. y Romero-López, A.A. 2016. Olfatómetro portátil para el estudio de interacciones entre “frailecillos” (Coleoptera: Melolonthidae) y plantas. *Entomología mexicana*, 3: 516-522.
- Ortiz, M.I., y Molina, J. 2010. Memorias XXXVII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN. Bogotá, 89-99.
- Pages-Paez, N.Y. 2021. Perfil químico de volátiles en hojas de *Acaciella angustissima* (Mill) Briton & Rose, planta hospedera de *Macrodactylus mexicanus* (Coleoptera: Melolonthidae). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, BUAP, 50 p.
- Pages-Paez, N.Y. 2023. Interacción *Macrodactylus mexicanus* (Coleoptera: Melolonthidae) y *Acaciella angustissima* (Fabaceae) mediada por compuestos orgánicos volátiles. Tesis de Maestría, Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, UATx, 76 p.
- Pages-Paez, N.Y., y Romero-López, A.A. 2024. Interacción insecto-planta mediada por compuestos orgánicos volátiles: el caso de Coleopteros Melolonthidae y acacia, distribuidos en Puebla. En Galicia-Isasmendi,

- S., Zumaquero-Ríos, J.L., Cepeda-Cornejo, V., y Andrés-Hernández, A.R. (Eds.), Tópicos de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. pp. 13.
- Romero-López, A.A. 2016. Comunicación química de Coleopteros Melolonthidae distribuidos en México: a una década de distancia. *Dugesiana*, 23(1): 59-73.
- Salgado-Farias, F. 2022. Respuesta de adultos de *Macrodactylus mexicanus* (Coleoptera: Melolonthidae) a sustancias químicas incluidas en microcápsulas: modelado y bioensayos. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Biológicas, BUAP, 1-66.
- Trott, O., and Olson, A.J. 2010. AutoDock Vina: improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization and multithreading. *Journal of Computational Chemistry*, 31(2): 455-461.
- Vázquez, D.P., Bluthgen, N., Cagnolo, L., and Chacoff, N.P. 2009. Uniting pattern and process in plant-animal mutualistic networks: a review. *Annals of Botany*, 103: 1445-1457.
- Wooding, M. Naudé, Y., Rohwer, E., and Bouwer, M. 2020. Controlling mosquitoes with semiochemicals: a review. *Parasites & Vectors*, 13(80).
- García-Canales, S. C., & Romero-López, A. A. (2017). Respuesta de machos de *Macrodactylus mexicanus* Burmeister (Coleoptera: Melolonthidae) en pruebas de olfatómetro y extracción de compuestos con posibles implicaciones químico-ecológicas. *Entomología Mexicana*, 4, 443-449.



Paragymnetis flavomarginata

Escala de la línea= 1 cm

Foto: Víctor Alfonso Cuate Mozo

**Notas sobre apareamiento, supervivencia y preferencia
alimentaria para *Cyclocephala barrerai* Martínez
(Coleoptera: Melolonthidae)**

Abraham Sanchez-Cruz^{1*}
Alfredo Jiménez Pérez¹
Luz Neri Benítez-Herrera²
Patricia Villa-Ayala¹
María Rosete-Enríquez²
Ángel Alonso Romero-López²

Resumen

Los integrantes de *Cyclocephala barrerai* Martínez se distribuyen ampliamente en el centro de México, tanto en los ecosistemas agrícolas como en los urbanos, en donde forman parte de los “complejos gallina ciega”; a pesar de ello, aún falta información sobre aspectos de su ciclo de vida y comportamiento. El objetivo de este capítulo es proporcionar datos básicos sobre el apareamiento de los adultos de esta especie en campo, así como de la supervivencia y preferencia alimentaria de las larvas en laboratorio. El registro del apareamiento de los adultos de *C. barrerai* se llevó a cabo en su hábitat natural, en tres localidades de la ciudad de Puebla. En el caso de las larvas de tercer estadio, se obtuvieron de una cría que se estableció previamente. A partir de los registros de ob-

¹ Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, Ctra. Yautepec-Jojutla, Km.6, calle CEPROBI No. 8, Col. San Isidro, Yautepec, Morelos. México C.P. 62739.

² Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Blvd. Valsequillo y San Claudio, Ciudad Universitaria, Edificio 112-A, Col. Jardines de San Manuel, Puebla, Pue., México, C.P. 72570

* Autor para correspondencia: asanchezc1700@alumno.ipn.mx

servación en campo se describieron parte de los patrones de comportamiento que muestran los adultos de *C. barrerai* desde su emergencia del suelo hasta la cópula; se trata de insectos con actividad nocturna, con horarios específicos para iniciar su actividad sexual, destacando su nula actividad alimentaria. Los machos son los encargados de localizar a las hembras, las cuales permanecen ocultas y con poca actividad. En laboratorio, se detectó que los adultos de esta especie sobreviven en promedio 20 días y que el 40% de estas perecen dentro de los primeros cinco días. En el bioensayo de preferencia alimentaria, las larvas se desplazaron principalmente hacia los fragmentos de zanahoria con respecto a los de papa, lo que permite sugerir que los compuestos volátiles que se liberan de la zanahoria podrían provocar las respuestas olfativas larvales que les permitirían tener acceso a los nutrientes relevantes para su desarrollo. Esta información permitirá una mayor comprensión sobre el impacto de los adultos y larvas de *C. barrerai* en los agroecosistemas y sentar las bases para futuros programas de manejo.

Palabras clave: complejo gallina ciega, comportamiento precopulatorio, desarrollo larval, bioensayos de preferencia.

Introducción

Cyclocephala barrerai Martínez es una especie de la familia Melolonthidae (Cherman y Morón, 2014) cuyos integrantes se distribuyen en entidades ubicadas en el centro de México, particularmente aquellas que se encuentran en altitudes entre los 1,500 y 2,600 msnm. Los organismos de *C. barrerai* forman parte de los “complejos gallina ciega” (Romero-López, 2012), por lo que comparten hábitat con especies de otros géneros como *Phyllophaga* y *Macrodactylus* (Aragón-García *et al.*, 2001; Romero-López, 2012; Márquez *et al.*, 2022). Estas larvas se han relacionado con impactos negativos en especies vegetales de importancia económica (Morón *et al.*, 2013).

El apareamiento de los adultos de *C. barrerai* ha comenzado a estudiarse en condiciones de laboratorio. Este inicia cuando los adultos alcanzan la madurez sexual a los 18 días posteriores a la emergencia de la pupa (Sanchez-Cruz *et al.*, 2022). Inicialmente los organismos permanecen enterrados y no muestran actividad aparente; posteriormente, hembras y machos emergen del suelo y exhiben patrones de comportamiento específicos para la precópula, cópula y postcópula (Sanchez-Cruz *et al.*, datos no publicados). Sin embargo, aún es necesario realizar estudios adicionales en condiciones naturales para confirmar si las secuencias comportamentales observadas en laboratorio resultan consistentes con lo que se registra en campo.

Los estadios inmaduros de *C. barrerai* se desarrollan en el suelo, caracterizándose por ser facultativos, alimentándose de humus, raíces descompuestas, tallos y granos, así como materia vegetal viva, principalmente raíces de pastos y hierbas silvestres (Morón y Deloya, 1991; Alzugaray *et al.*, 1998). Recientemente se realizó un estudio sobre la diversidad de especies de Melolonthidae en un jardín de pastos ornamentales, obteniendo que *C. barrerai* es la especie más abundante. Además, en condiciones de laboratorio, se demostró que las larvas de tercer estadio (L_3) recurren al consumo de zanahoria al disminuir la disponibilidad de materia orgánica en el sustrato (Márquez-Manzano *et al.*, 2024). Los organismos de *C. barrerai* necesitan alimentarse de materia vegetal viva para acumular las reservas de grasa adecuadas que permitan la maduración de gónadas y así, llevar a cabo el apareamiento (Sanchez-Cruz *et al.*, 2022). En algunas especies de Melolonthidae se ha registrado que las larvas que se alimentan de materia vegetal pueden preferir una fuente alimentaria en particular. Por ejemplo, las larvas de *Phyllophaga tumulosa* Bates muestran preferencia por las raíces de tomate verde (*Physalis philadelphica* Lam.) y no por las de maíz (*Zea mays* L.) (Méndez-Aguilar *et al.*, 2008). No obstante, se desconoce si las L_3 de *C. barrerai* optan por una fuente vegetal específica.

A pesar de la información presentada previamente, predominan los vacíos sobre ciertos aspectos biológicos de *C. barrerai* y que se permita esclare-

cer su impacto sobre plantas de importancia económica tanto en ambientes urbanos como en aquellos relacionados con cultivos agrícolas. Por ello, el objetivo de la presente investigación es contribuir al conocimiento de esta especie mediante la descripción general de su comportamiento durante dos etapas de su ciclo de vida: 1) fase de apareamiento de los adultos en condiciones naturales; 2) preferencia alimentaria de las larvas por algún tejido vegetal vivo, bajo condiciones de laboratorio.

Material y métodos

Observaciones del apareamiento de *Cyclocephala barrerai* en campo.

Las zonas donde se realizaron las observaciones fueron en tres sitios de la Ciudad de Puebla, Puebla, México:

1. Áreas verdes de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) (19.004577993257566, -98.20121263047096), en alrededores del Quercetum, Jardín Botánico Universitario, Ciudad Universitaria y en la cercanía de las instalaciones deportivas.
2. Área de pasto en el parque de béisbol “La Presa” (18.975172958564674, -98.24044068920635).
3. Áreas verdes del Ecoparque Metropolitano de Puebla (19.016062702228247, -98.24610258318012).

Las observaciones se realizaron durante 6 días, entre las 19:00 y las 21:00 hrs (hora local, zona horaria GTM-6). Las fotografías y videos se tomaron con un teléfono celular 9x Lite (HONOR, China).

Supervivencia de *Cyclocephala barrerai* en laboratorio. Los adultos de *C. barrerai* se recolectaron manualmente y se depositaron en recipientes de plástico de 1 L de capacidad. Cada recipiente de plástico estaba lleno hasta

la mitad de suelo y pasto de su respectiva zona de muestreo. Los adultos se trasladaron al laboratorio donde se confirmó su identidad taxonómica con base a las claves de Morón *et al.* (1997, 2014) y Aragón-García *et al.* (2012). Los adultos se sexaron y se contabilizaron. La proporción de machos y hembras se obtuvo dividiendo el número de machos entre el número de hembras. Los adultos se revisaron diariamente y se registró su supervivencia.

Bioensayos de preferencia alimentaria de larvas de *Cyclocephala barrerai*. Se recolectaron adultos de *C. barrerai* y se colocaron diez hembras y diez machos en recipientes de 1 L que contenía tres partes de tierra y pasto del lugar de la recolecta (BUAP). Los recipientes se mantuvieron durante seis semanas en condiciones de laboratorio ($24 \pm 2^\circ\text{C}$ y $55 \pm 5\%$ HR); en ese lapso se separaron los huevos y se traspasaron en grupos de cincuenta a un recipiente plástico de 2 L que tenía una “cama” conformada de una capa de 2 cm de suelo húmedo esterilizado y otra capa de 10 cm de “peat moss”. De ahí se obtuvieron las larvas y se les dio mantenimiento hasta que alcanzaron el L₃ temprano.

Los bioensayos se efectuaron en “arenas de observación”, las cuales consistieron en cajas de Petri de plástico de 60x15 mm y en su interior se colocó una larva por cada experimento (n= 16). Se seleccionaron al azar L₃ con apariencia corporal externa “saludable” (cuerpo y cápsula cefálica sin lesiones evidentes, con antenas y patas completas). Al momento de la inclusión de cada larva, se incorporaron aleatoriamente fragmentos de zanahoria y papa (ambos de 1 cm³) como estímulos, además de un fragmento de papel filtro como control. Se registró diariamente la ubicación inicial de cada larva y los desplazamientos hacia los sustratos alimentarios hacia el cual se dirigían preferentemente, con registros de observación con una duración de 30 min. Cuando las larvas se acercaron y establecieron contacto con alguno de los fragmentos de zanahoria, papa o control, y se observó un movimiento de mandíbulas, así como el desgaste del sustrato alimentario, se consideró como preferencia alimentaria químico-ecológica provocada por apneumonas (Romero-López, datos no

publicados). La preferencia alimentaria se consideró a partir del cálculo de la moda de los valores de cada día y del total de bioensayos que se ejecutaron.

Resultados y discusión

Apareamiento de *Cyclocephala barrerai* en campo. Los adultos de *C. barrerai* emergieron del suelo entre las 20:00 y las 20:45 hrs. El periodo de apareamiento tuvo una duración de 60 a 125 min y tanto las hembras como los machos iniciaron y terminaron su actividad de manera simultánea, a diferencia de lo registrado en *Cyclocephala lunulata* Burmeister, donde las hembras inician su actividad antes que los machos y además su tiempo de actividad es corto (25 min, aproximadamente) (Benítez-Herrera *et al.*, 2024). Los adultos de *C. barrerai* se concentraron en áreas cubiertas por pasto y con mayor oscuridad, evitando las zonas cercanas a árboles o fuentes de luz artificial como lámparas. No se observó que los adultos de *C. barrerai* se alimentaran; esto podría indicar que su actividad se enfoca en el apareamiento, como sugiere Ritcher (1966) para adultos de algunas especies de *Cyclocephala*. Estudios con este enfoque, aunque dirigidos a especies de *Phyllophaga* distribuidas en México son los de Aragón-García *et al.* (2005) y Romero-López *et al.* (2007) para adultos de *Phyllophaga macrocera* Bates, así como Romero-López *et al.* (2007) y Fernández-Campos *et al.* (2020) para adultos de *Phyllophaga vetula* Horn. Recientemente, se propone que este rasgo de “no alimentación” al momento del comportamiento precopulatorio es también propio de adultos de cinco especies de *Phyllophaga* pertenecientes a los grupos leonina y xhante (Salgado-Farias *et al.*, 2023).

Al igual que lo reportado para la ya mencionada *C. lunulata*, los adultos de otras especies de este género como *Cyclocephala borealis* Arrow y *Cyclocephala lurida* Bland Potter muestran hábitos similares a los de *C. barrerai*; en todas ellas, hembras y machos se localizan en pastizales con horarios definidos, centrandos su actividad en el apareamiento (Johnson, 1941;

Potter, 1980). En contraste, los adultos de *Cyclocephala melanocephala* Fabricius (Rodrigues *et al.*, 2018) y de *Cyclocephala putrida* Burmeister (Saldanha *et al.*, 2020) presentan horarios de actividad más prolongados y además del apareamiento, los adultos se alimentan de inflorescencias.

Durante el periodo de apareamiento, la mayoría de los machos de *C. barrerai* fueron observados desplazándose sobre y/o entre el pasto con las antenas extendidas y las lamelas abiertas (Video 1 https://youtu.be/dJ_C9QUpeAg). Este patrón de comportamiento es similar a lo registrado para *C. lunulata* (Benítez-Herrera *et al.*, 2024) y se asocia a los esquemas de comunicación química sexual propios de los Melolonthidae (Romero-López, 2016). Los pocos machos de *C. barrerai* que se observaron volando lo hacían a 1 m de altura aproximadamente y en distancias cortas, manteniéndose continuamente activos hasta encontrar una hembra. El que los machos sean los encargados de localizar a la hembra podría relacionarse con su morfometría antenal, como se ha propuesto para *Ph. obsoleta*, *Ph. ravida* y *Ph. macrocera* (Romero-López, 2016), *Phyllophaga opaca* y *Phyllophaga cristagalli* (ahora *Listrochelus*) Arrow (Romero-López *et al.*, 2016), al igual que para *Macroductylus mexicanus* Burmeister y *Macroductylus nigripes* Bates (Romero-López *et al.*, 2017). De ahí que en *C. barrerai* es posible que los machos invierten una gran cantidad de energía en desarrollar antenas de mayor tamaño y con más sensilas especializadas en la captura de atrayentes sexuales (Sanchez-Cruz *et al.*, 2024).

La mayoría de las hembras de *C. barrerai* se encontraron entre el pasto e incluso ligeramente enterradas en el suelo y solo era visible parte de sus élitros (Figura 1A, Video 2 https://youtu.be/dJ_C9QUpeAg?t=11), por lo que es difícil verlas a simple vista. Algunas hembras se observaron quietas sobre el suelo (Figura 1B) o desplazándose lentamente, sin recorrer grandes distancias. En ambos casos, no se registraron en las hembras de *C. barrerai* patrones de comportamiento adicionales relacionados con la atracción del macho, a diferencia de lo observado en otras especies de Melolonthidae, donde se ha registrado un comportamiento de “llamado sexual”. Este comportamiento

implica la exposición de la cámara genital protráctil y se asocia con con la emisión de atrayentes y feromonas sexuales (Oliveira y Garcia, 2003; Romero-López, 2016; Romero-López *et al.*, 2016; Fernández-Campos *et al.*, 2020). Aunque no se registró que las hembras de *C. barrerai* realizaran un llamado sexual evidente, no se descarta que exista la liberación de una feromona sexual a través de los poros cuticulares como se evidencia para hembras de *C. lunulata* (Benítez-Herrera *et al.* 2024), especies de los géneros *Macroductylus* (Benítez-Herrera *et al.* 2014), *Paranomala*, *Golofa*, *Orizabus* y *Strategus*, así como en especies de la familia Cetoniidae (*Cotinis*, y *Euphoria*) (Romero-López, datos no publicados).

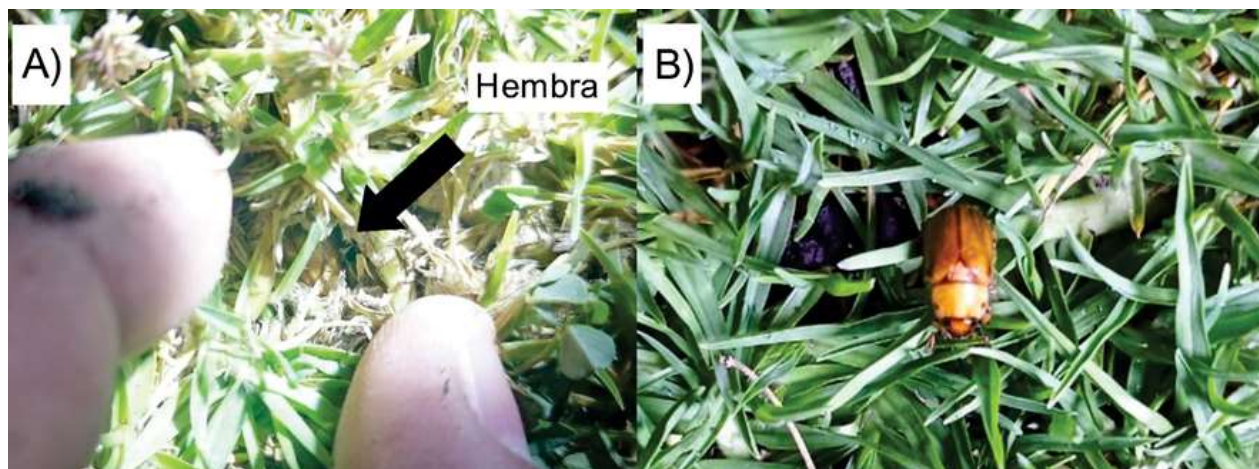


Figura 1. Hembras de *Cyclocephala barrerai* observadas en los registros de campo, A) entre el pasto y B) sobre el pasto.

Cuando un macho encuentra a una hembra, se acerca a ella lateralmente o por detrás, posteriormente el macho toca con sus antenas los élitros de la hembra y después procede a la monta (Video 3 https://youtu.be/dJ_C9QU-peAg?t=11). Un comportamiento similar se ha reportado para machos de *Cyclocephala distincta* Burmeister, permitiéndoles identificar a las hembras y proceder a la cópula, sugiriendo que existe un reconocimiento químico (Nó-

brega *et al.*, 2022). Es probable que los machos de *C. barrerai* requieran de un reconocimiento fundamentado en este tipo de estímulo al tener contacto con el cuerpo de la hembra, ya que sus antenas están especializadas para reconocer hidrocarburos presentes en la cutícula de conoespecíficos (Sanchez-Cruz *et al.*, 2024). Durante la cópula (Figura 2A), el macho frota frenéticamente sus antenas contra los élitros de la hembra. Debido a que, durante todo el apareamiento la hembra está entre el pasto (Video 4 https://youtu.be/dJ_C9QUpeAg?t=56), no fue posible registrar qué patrones de comportamiento presentaba durante esta etapa. Las hembras de diversas especies de Melolonthidae muestran patrones específicos durante el apareamiento; por ejemplo, resistencia a ser montada durante el cortejo (Ferreira *et al.*, 2016; Nóbrega *et al.*, 2022; Oliveira y Garcia, 2003; Romero-López *et al.*, 2007).

Al inicio de la temporada de apareamiento era común observar exclusivamente a machos de *C. barrerai* buscando hembras y a parejas copulando sin que algún macho tratara de quitar al macho para montar a la hembra. A finales de la temporada de apareamiento se observaban grupos de machos que intentaban copular con una sola hembra o intentando retirar al macho que estaba copulando con ella (Figura 2B, Video 5 https://youtu.be/dJ_C9QUpeAg?t=66). Algo similar se ha reportado para *Phyllophaga* spp. (Oliveira y Garcia, 2003; Romero-López *et al.*, 2007; Fernández-Campos *et al.*, 2020), *Macrodactylus* spp. (Eberhard, 1993), *C. distincta* (Nóbrega *et al.*, 2022) y *C. lunulata* (Benítez-Herrera *et al.*, 2024). En el caso de *C. barrerai*, la lucha por montar a la hembra es muy intensa; sin embargo, no se observó que los otros machos desplazaran al macho que estaba copulando. Las uñas tarsales con las que los machos de *C. barrerai* sujetan a las hembras han estado bajo presiones de selección sexual, por lo que se han desarrollado aditamentos para la sujeción, además machos más grandes invierten más energía en desarrollar uñas tarsales más grandes (Sanchez-Cruz *et al.*, 2022).



Figura 2. Adultos de *Cyclocephala barrerai*:

A) copulando, B) machos compitiendo por copular con una hembra.

En la zona de recolecta se capturaron: 1) BUAP, 275 adultos en una proporción hembra: macho 1:3, 2) La Presa, 423 adultos en una proporción 1:3 y 3) Ecoparque Metropolitano de Puebla, 315 adultos con una proporción 1:15. Existen registros para especies de Melolonthidae donde las proporciones de hembras es mayor a la de los machos (Aragón-García *et al.*, 2005), principalmente cuando las capturas son en la fase precopulatoria (Romero-López *et al.*, 2007; Romero-López y Arzuffi, 2010; Fernández-Campos *et al.*, 2020; Benítez-Herrera *et al.*, 2024).

Es probable que en *C. barrerai* la diferencia de proporción encontrada en las recolectas esté sesgada debido al comportamiento de las hembras, ya que es complicado capturarlas por no estar a simple vista; de hecho, la mayoría de las hembras capturadas pertenecen a parejas que estaban copulando.

Supervivencia de *Cyclocephala barrerai* en condiciones de laboratorio.

Los adultos llevados al laboratorio sobrevivieron en promedio 20 días. La mayor tasa de mortalidad, 40% aproximadamente, se presentó durante los

primeros cinco días, con una tendencia similar en la supervivencia de hembras con respecto a los machos (Figura 3).

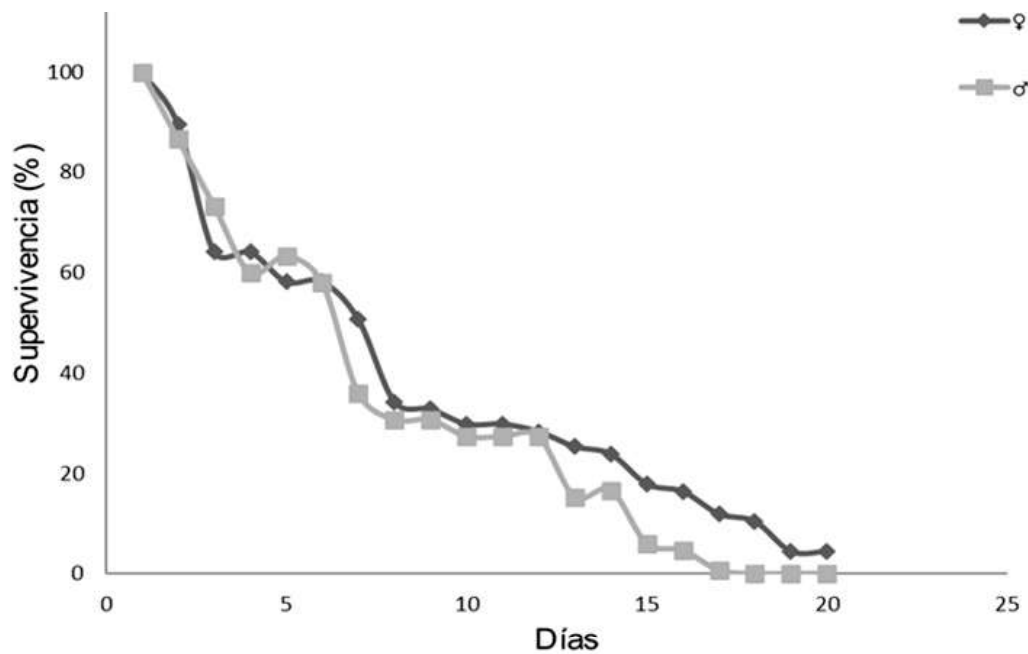


Figura 3. Supervivencia de adultos de *Cyclocephala barrerai* como parte del establecimiento de una cría en laboratorio.

Preferencia alimentaria de larvas de *Cyclocephala barrerai*. La frecuencia de selección de cada larva durante los 16 días del experimento se presenta en el Cuadro 1. Las larvas de *C. barrerai* mostraron preferencia hacia la zanahoria (56.2%) en comparación con la papa (33.3%) y el control (22.2%). Durante los primeros 8 días, el 75% de las larvas seleccionaron alguno de los estímulos, pero este porcentaje disminuyó en los días posteriores, alcanzando solo el 18.7% al día 16. En los primeros 4 días, la mayoría de las larvas de *C. barrerai* seleccionaron exclusivamente materia vegetal, mientras que, a partir del quinto día, el 31% de las veces eligieron el estímulo control. Los últimos días del bioensayo, la mayoría de las larvas no mostraron elección.

Cuadro 1. Preferencia alimentaria de larvas de tercer estadio de *Cyclocephala barrerai* como parte de los bioensayos con arenas de observación.

No.de larva	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Pref. Real
1																	
2																	
3																	
4															-	-	
5															-	-	
6											-	-	-	-	-	-	
7											-	-	-	-	-	-	
8											-	-	-	-	-	-	
9									-	-	-	-	-	-	-	-	
10									-	-	-	-	-	-	-	-	
11									-	-	-	-	-	-	-	-	
12									-	-	-	-	-	-	-	-	
13								-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND
15					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND
16			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND
Pref.Gl.															ND	ND	

Las imágenes representan los fragmentos de zanahoria y papa; los cuadros color verde representan el control y los guiones desplazamientos hacia zanahoria y papa en el mismo experimento. Pref. Real= preferencia real, Pref. Gl. = preferencia global, ND = no determinado, - = desplazamientos hacia ambos estímulos.

Los resultados obtenidos coinciden por lo reportado por Márquez-Manzano *et al.* (2024), donde las larvas de *C. barrerai* consumieron zanahoria, aunque esto ocurrió una vez que la materia orgánica comenzó a escasear. Sin embargo, nuestros hallazgos contrastan con lo registrado en *Ph. vetula*, cuyas larvas mostraron preferencia por la papa sobre la zanahoria, atribuyendo efectos de atracción de las larvas hacia los volátiles liberados por los sustratos (Ruíz-Flores, 2020). Esto permite sugerir que las gallinas ciegas cuentan con sensilas en sus antenas que detonan la detección de estímulos químicos relacionados con la alimentación (Eilers *et al.*, 2012).

La preferencia alimentaria a través de compuestos volátiles vegetales se ha comprobado en larvas de *Costelytra zealandica* White (Osborne y Boyd, 1974) y de *P. vetula* (Ruíz-Flores, 2020). Además, dado que los adultos de *C.*

barrerae no se alimentan y la maduración de las gónadas depende de las reservas de grasa almacenadas durante la etapa larvaria (Sanchez-Cruz *et al.*, 2022), las larvas seleccionan y consumen sustratos alimentarios para asegurar un desarrollo adecuado y su reproducción.

Conclusiones

Los adultos de *C. barrerae* copulan entre las 20:00 y las 20:45 hrs, durante 60 min aproximadamente. Durante este proceso, los machos se desplazan activamente para encontrar las hembras, las cuales permanecen con poca movilidad hasta ser encontradas. Los machos compiten por acceder a las hembras para copular; esta competencia se intensifica hacia el final de la etapa de apareamiento. En cuanto a la preferencia de alimentación, las L₃ de *C. barrerae* se desplazaron principalmente hacia fragmentos de zanahoria en contraste con los de papa, observándose patrones de comportamiento relacionados con la comunicación química alimentaria, lo cual abre la discusión en el sentido de que probablemente los compuestos volátiles que se liberan de los sustratos detonan las respuestas larvales. La información presentada en este capítulo aporta aspectos clave sobre la biología de *C. barrerae* y proporcionar una base para estudios más detallados sobre comportamiento sexual, sistemas de apareamiento, comunicación química y hábitos de adultos, así como de larvas. Con ello, aumentan las posibilidades de diseñar estrategias de manejo de esta especie y otras del complejo gallina ciega, con altos niveles de pertinencia y viabilidad.

Agradecimientos

A Salvador Morales García, Gabriela Sanchez Cruz y Yenisei X. Malanco García, por su apoyo en los registros de campo. A Anahit Cruz Solís por su

- Cherman, M. A., Morón, M. A. 2014. Validación de la familia Melolonthidae Leach, 1819 (Coleoptera: scarabaeoidea). *Acta Zool. Mex.* 30: 201-220.
- Eberhard, W. G. 1993. Copulatory courtship and genital mechanics of three species of *Macroductylus* (Coleoptera Scarabaeidae Melolonthinae). *Ethol. Ecol. & Evol.* 5: 19-63.
- Eilers, E. J., G. Talarico, B. S. Hansson, M. Hilker, A. Reineck. 2012. Sensing the underground – ultrastructure and function of sensory organs in root-feeding *Melolontha melolontha* (Coleoptera: Scarabaeinae) larvae. *PLoS One* 7: 1-20.
- Fernández-Campos, A.N., I. Martínez-Morales, A. A. Romero-López. 2020. Descripción del aparato reproductor de hembras de *Phyllophaga vetula* Horn, 1887 (Coleoptera: Melolonthidae) y de las estructuras relacionadas con el “llamado sexual”. *Entomología mexicana* 48: 1-486.
- Ferreira, K. R., E. S. Gomes, S. R. Rodrigues. 2016. Biological aspects and mating behavior of *Leucothyreus albopilosus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Rev. Biol. Trop.* 64: 547-557.
- Johnson, J. P. 1941. *Cyclocephala (ochrosidia) borealis* in Connecticut 1. *J. Agric. Res.* 62: 79-86.
- Márquez-Manzano, J. P., A. Aragón-García, V. A. Cuate-Mozo, B. C. Pérez-Torres. 2024. Diversidad de gallinas ciegas (Coleoptera: Melolonthidae) asociadas a pastos ornamentales de la ciudad de Puebla, México. *Entomol. Mex.* 11: 1-5.
- Márquez, J., J. L. Reyes-Hernández, R. Cerón-Gómez, J. A. Escoto-Moreno, A. Ramírez-Ponce. 2022. Coleopteros Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) de Aguascalientes, México. *Acta Zool. Mex.* 38: 1-51.
- Méndez-Aguilar, M. de J., A. E. Castro-Ramírez, J. C. Rojas, E. Huerta-Lwanga. 2008. Respuesta olfativa de larvas de *Phyllophaga ravidia* y *P. tumulosa* (Melolonthidae) a volátiles de raíces de cuatro plantas hospederas. *Acta Zool. Mex.* 24: 115-128.
- Morón, M., C. Deloya. 1991. Los Coleopteros lamelicornios de la Reserva de la Biosfera “La Michilía”, Durango, México. *Folia Entomol. Mex.* 81: 209-83.

- Morón, M. A., G. Nogueira, C. V. Rojas-Gómez, R. Arce-Pérez. 2014. Biodiversidad de Melolonthidae (Coleoptera) en México. *Rev. Mex. Biodivers.* 85: S298-S302.
- Morón, M. A., B. C. Ratcliffe, C. Deloya. 1997. Atlas de los escarabajos de México: Coleoptera: Lamellicornia vol. 1, Familia Melolonthidae: subfamilias Rutelinae, Dynastinae, Cetoniinae, Trichiinae, Valginae y Melolonthinae. 1a ed. Sociedad Mexicana de Entomología. México, Veracruz.
- Morón, M.A., A. Aragón-García, H. Carrillo-Ruiz. 2013. Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Publicado por M.A. Morón. México, Veracruz 467 p.
- Nóbrega, R. L., A. C. D. Maia, C. H. M. de Lima, K. E. S. Felix, T. B. de Souza, W. J. T. Pontes. 2022. Behavioral traits and sexual recognition: multiple signaling in the reproductive behavior of *Cyclocephala distincta* (Melolonthidae, Cyclocephalini). *An. Acad. Bras. Cienc.* 94: e20200694.
- Oliveira, L. J., M. A. Garcia. 2003. Flight, feeding and reproductive behavior of *Phyllophaga cuyabana* (Moser) (Coleoptera: Melolonthidae) adults. *Pesqui. Agropecuária Bras.* 38: 179-186.
- Osborne, G. O., J. F. Boyd. 1974. Chemical attractants for larvae of *Costelytra zealandica* (Coleoptera: Scarabaeidae). *New Zeal. J. Zool.* 1: 371-374.
- Potter, D. A. 1980. Flight activity and sex attraction of Northern and Southern masked chafers? in Kentucky Turfgrass. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 73: 414-417.
- Ritcher, P.O. 1966. White grubs and their allies. A study of North American Scarabaeoid larvae. Corvallis, Oregon State University Press. Estados Unidos de America, Oregon 219 p.
- Rodrigues, S. R., C. A. F. Barbosa, J. Fuhrmann, R. A. Amaro. 2018. Mating behavior and description of immature stages of *Cyclocephala melanocephala* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae), identification key and remarks on known immatures of Cyclocephalini species. *Rev. Bras. Entomol.* 62: 205-219.
- Romero-López, A.A. 2012. Uso de feromonas sexuales para el conocimiento y manejo de los “ensambles gallina ciega” en México. *Interciencia* 37: 559-564.

- Romero-López, A.A. 2016. Comunicación química de Coleopteros Melolonthidaedistribuidos en México: a una década de distancia. *Dugesiana* 23: 59-73.
- Romero-López, A.A., A. Aragón, R. Arzuffi, 2007. Estudio comparativo del comportamiento sexual de cuatro especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae). En E. G. Estrada, A. Equihua, C. Luna y J. L. Rosas-Acevedo (eds.), *Entomología mexicana Vol. 6. Publicación especial de la Sociedad Mexicana de Entomología*. México. pp. 275- 281.
- Romero-López, A. A., G. A. Lugo-García, G. Yanes-Gómez. 2016. Esquema de liberación y recepción de infoquímicos en dos “melolóntidos” (Coleoptera: Melolonthidae) de Sinaloa, México. En: *Diversidad, ecología y Manejo de plagas edafícolas*. Lugo-García, G.A., A. Aragón y A. Reyes-Olivas (eds.). La UAS y La BUAP, México. pp. 117-133.
- Romero-López, A. A., O. K. Martínez-Bonilla, L. N. Benítez-Herrera, G. Yanes-Gómez, M. Aragón (2017). Comparative study of distribution of antennal chemoreceptors of *Macrodactylus* of Mexico. *Southwest. Entomol.* 42: 111-119.
- Ruíz-Flores, Z., 2020. Comportamiento de larvas de *Phyllophaga vetula* (Coleoptera: Melolonthidae) en respuesta a volátiles de sustratos alimentarios y polvos vegetales. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tesis de Licenciatura en Biología.
- Saldanha, F. G., S. R. Rodrigues, R. A. Amaro, R. A., J. Fuhrmann, J., 2020. Description of mating behavior, life cycle, and antennal sensilla of *Cyclocephala putrida* Burmeister, 1847 (Coleoptera, Scarabaeidae, Dynastinae). *Biota Neotrop.* 20: 1-8.
- Salgado-Farias, F., M. Rosete-Enríquez, G. Yanes-Gómez, A.A. Romero-López. 2023. Review of adult *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae) based on morphological and molecular taxonomy. *Southwest. Entomol.* 48(3): 593-604.
- Sanchez-Cruz, A., Tapia-Maruri, D., Jiménez-Pérez, A., 2022. Reproductive apparatus, gonadic maturation, and allometry of *Cyclocephala barrerai*

Martínez (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae). *Insects* 13: 638.

Sanchez-Cruz, A., D. Tapia-Maruri, P. Villa-Ayala, N. Robledo, A. A. Romero-López, J. C. Rojas, A. Jiménez-Pérez. 2024. Antennal sensilla of *Cyclocephala barrerae* (Coleoptera: Melolonthidae): morphology, sexual dimorphism, allometric relationships, and function. *Environ. Entomol.* nvaeo87.

Efecto de la composta en la rizofagia de la gallina ciega en cultivo de maíz en condiciones de invernadero

Concepción Ramírez-Salinas^{1*}

Lorena Ruiz Montoya¹

Resumen

La rizofagia de las especies conocidas como gallina ciega (gc) en el maíz puede depender de la diversidad del recurso alimenticio disponible. En este estudio se hizo un experimento para observar la rizofagia y supervivencia de larvas de *Phyllophaga ravidana*, *P. tumulosa* y un grupo (complejo) de especies de gallina ciega: *P. ravidana*, *P. tenuipilis*, *P. obsoleta*, *P. tumulosa*, *Par. sticticoptera* y *Par. inconstans*. Se colectaron adultos y se mantuvieron en laboratorio para obtener larvas de 2° estadio, que posteriormente se inocularon en macetas asignadas aleatoriamente a seis tratamientos: (1) Maíz.composta.L, maíz crecido en una mezcla de composta y suelo con larvas; (2) Maíz.suelo.L, se creció el maíz en solo suelo y en presencia de larvas; (3) Composta (testigo o control para larvas), se inocularon larvas en composta, sin suelo ni crecimiento de maíz; (4) Suelo, (testigo o control para larvas), se inocularon larvas en suelo sin composta ni maíz; (5) Maíz.suelo, se creció maíz en suelo sin composta y sin larvas (testigo o control para crecimiento de maíz). (6) Maíz.composta, se creció maíz en suelo con enriquecimiento con composta y sin larvas (testigo o control para maíz). Cada maceta (mata o unidad experimental) se inoculó con seis larvas a excepción de los testigos. En el caso del complejo se usó una larva por especie. Los ensayos se detuvieron a los 72

¹ El Colegio de La Frontera Sur, Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, María Auxiliadora, San Cristóbal de Las Casas. Chiapas, 29290. México.

* Autor para correspondencia: cramirez@ecosur.mx

días de haberse inoculado las larvas. Al finalizar el experimento se tomaron datos de peso seco de raíz, follaje aéreo, y crecimiento del maíz, así como el recuento de larvas vivas y muertas. Para cada tratamiento se obtuvo el promedio y se compararon mediante análisis de varianza y comparación de medias de Tukey. El número promedio mayor de larvas vivas de *P. ravidata*, *P. tumulosa* y complejo se registró en el tratamiento de Maíz.composta.L (de 4 a 6 larvas), un valor similar se observó en Composta (tratamiento sin plantas maíz). En el tratamiento Suelo (sin maíz) murieron casi todas las larvas. El mayor número de larvas vivas se registró en *P. tumulosa*. Las larvas de gallinas ciega sobrevivieron en la con composta y sin raíz, cercano a una condición más favorable como fue el tratamiento de maíz crecido con composta. Se detectó un efecto bajo de la rizofagia de la gallina ciega en las variables de crecimiento del maíz, a excepción del ensayo con complejo, cuyo follaje seco y raíz fue mayor en ausencia de larvas. las especies de gallina ciega sobreviven en suelos ricos en materia orgánica, y la supervivencia se incrementa si hay disponibilidad de raíces de maíz.

Palabras clave: complejo gallina ciega, composta, rizófaga, *Phyllophaga ravidata*, *Phyllophaga tumulosa*.

Introducción

El cultivo de maíz en la Región Altos de Chiapas se hace bajo un enfoque de agricultura intensiva, esto es sin periodos de descanso de la tierra, la mayoría de los agricultores queman el rastrojo y usan insecticidas sintéticos para el control de plagas. Una de las principales plagas del maíz en esta región es la “gallina ciega”, de la cual se conoce poco de los hábitos alimenticios.

El complejo gallina ciega consta de varios géneros y especies que en estado de larva son fisonómicamente semejantes. Las larvas, aunque se llegan a considerar plagas, tienen funciones ecológicas importantes. Las larvas pro-

pician el intercambio de elementos minerales de las capas inferiores, donde son abundantes, hacia la parte superior o aérea, y de elementos orgánicos depositados en de la superficie hacia la profundidad del suelo; así mismo, crean túneles temporales por el cual circulan mejor el agua y el aire (Morón *et al.*, 2010).

Para relacionarse con la gallina ciega de una manera sustentable en el cultivo de maíz, es fundamental conocer bien la biología de estos insectos y su participación en la dinámica de los agroecosistemas, para tener elementos para la toma de decisiones de manejo (Villalobos-Hernández & Núñez-Valdez, 2010).

Villalobos y colaboradores (1993) mencionan que la pérdida de materia orgánica propicia un mayor daño o consumo de raíz del maíz por gallina ciega. Por lo que se ha sugerido que la aportación de materia orgánica al suelo (MOS) puede disminuir el daño del maíz por gallina ciega y se mejora la disponibilidad de nutrimentos para el maíz. Las larvas desintegran la MOS, lo que es probable que incremente la disponibilidad de nutrimentos en el suelo para las plantas.

Es posible que mejores condiciones nutricionales permite que las plantas compensen la rizofagia de las larval (Villalobos, 1994). Sin embargo, es un comportamiento que puede depender de la especie de gallina ciega, de la especie de planta cultivada y de la características físicas y químicas del suelo, e incluso del manejo de labranza que cada productor realice. En parcelas recién abiertas (transformación de bosque de pino encino a campo de cultivo), con suelo rico en materia orgánica se puede llegar a observar que *Phyllophaga tenuipilis* (Bates, 1888) daña el cultivo de cebolla en Huixtan; y *Phyllophaga lenis* (Horn, 1887) afecta al cultivo de frijol (C. Ramírez-Salinas, 2019, observación personal).

El complejo gallina ciega del maíz de Amatenango del Valle (Chiapas, México) está formado por al menos 12 especies de larvas, rizófagas y no rizófagas de ciclo de vida anual (Ramírez-Salinas & Castro-Ramírez, 2000). Se registran como larvas rizófagas a *Phyllophaga menetriesi* (Blanchard,

1850), *P. tenuipilis*, *Phyllophaga ravida* (Blanchard, 1850), *Phyllophaga testa-ceipennis* (Blanchard, 1850), *Phyllophaga obsoleta* (Blanchard, 1850); como rizófagas facultativas a *Phyllophaga tumulosa* (Bates 1988), *Paranomala sticticoptera* (Blanchard, 1850), *Paranomala inconstans* (Burmeister, 1847) (Castro-Ramírez *et al.*, 2004). Castro-Ramírez y colaboradores (2001) reportan que *P. menetriesi* y *P. ravida* se pueden considerar rizófagas estrictas, ya que afectaron severamente las raíces del maíz, independientemente de la presencia de composta, registraron que llegan a consumir 94% de la raíz. En contraste *P. obsoleta* en presencia de composta causó menor daño a las raíces (78%); *P. tumulosa* sobrevivió en ausencia de raíces y no manifestó daño significativo en la biomasa aérea y radical del maíz.

Pese a estos estudios respecto a comportamiento alimenticio de la gallina ciega, aún son pocos los estudios relativos a la rizofagia de las especies de la gallina ciega. Por lo que el presente estudio presenta resultados de tres experimentos simultáneamente para estimar la supervivencia de larvas de *P. ravida*, *P. tumulosa* y un conjunto de especies (complejo) de gallina ciega y desempeño de maíz en presencia de larvas y crecido en suelo y en suelo enriquecido con composta.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en condiciones de invernadero en el 2021, en las instalaciones de El Colegio de la Frontera Sur Unidad San Cristóbal (San Cristóbal de Las Casas, Chiapas). Se recolectaron escarabajos del 1 de mayo al 12 de mayo del 2021 en Amatenango del Valle y San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Los escarabajos se mantuvieron vivos en recipientes de 2 L con suelo (del mismo que se utilizó en el experimento), hasta obtener larvas, las cuales se alimentaron con trozos de zanahoria hasta que alcanzaron el 2º estadio.

La siembra de maíz se realizó el 15 de junio de 2021. La semilla del maíz se remojo una noche y al día siguiente se realizó la siembra de tres granos por

bolsa de plástico negro (de 5 kg). Al emerger el maíz se raleo, dejando dos plántulas por mata o bolsa de maíz.

Cada maceta contuvo 5 kg de sustrato, el cual se compuso con suelo y composta (4.5 kg de suelo y 0.5 kg de composta), sólo suelo o composta (sin suelo); así como inoculación o no de larvas, y de crecimiento o no de maíz. De tal manera que, se conformaron en total seis tratamientos para registrar el comportamiento alimenticio de *P. ravidia*, *P. tumulosa* y un Complejo constituido por seis especies: *P. ravidia*, *P. tenuipilis*, *P. obsoleta*, *P. tumulosa*, *Par. sticticoptera* y *Par. inconstans*. Los tratamientos considerados fueron: (1) Maíz.composta.L, se creció el maíz en una mezcla de composta y suelo (4.5 kg de suelo y 0.5 kg de composta ([desechos orgánicos domésticos degradados por lombricomposta])). Se inocularon 6 larvas, de *P. ravidia*, *P. tumulosa* o Complejo. (2) Maíz.suelo.L, se creció el maíz en solo suelo (5 kg) y en presencia de larvas. (3) Composta (testigo o control), se inocularon larvas en sustrato con composta, sin suelo y sin crecimiento de maíz. (4) Suelo, (testigo o control), se inocularon larvas en suelo sin composta, ni maíz. (5) Maíz.suelo, se creció maíz en suelo sin enriquecimiento con composta y sin larvas. (6) Maíz.composta, se creció maíz en suelo con enriquecimiento con composta y sin larvas.

El 15 de julio de 2021 se realizó inoculación de seis larvas de segundo estadio, por unidad experimental, a excepción de los tratamientos testigos (sin larvas). Se inocularon seis larvas de *P. ravidia* y de *P. tumulosa*, y en el caso del complejo se inoculó una larva por especies (seis larvas en total). Cada tratamiento constó de 8 repeticiones, con un total de 144 unidades experimentales (macetas).

El riego de la planta de maíz se realizó tres veces por semana con 750 ml de agua por cada mata de maíz. Cuando las plantas crecieron se incrementó el riego. En el caso de las macetas solo con suelo y composta, se regaron una vez por semana con medio litro de agua,

El experimento se detuvo a los 72 días después de la inoculación. Al finalizar el experimento se evaluó: diámetro, altura, número de hojas, total de

larvas vivas, total de larvas muertas, peso fresco y seco de raíz y de follaje. Las muestras de raíz y follaje se secaron en el invernadero por tres semanas y posteriormente se terminó la deshidratación en un horno a 65°C. Se obtuvieron los promedios para cada variable para cada tratamiento, y se hizo un análisis de varianza y una la prueba posterior de Tukey.

Para tener conocimiento de la condición general del sustrato de cada tratamiento, se obtuvieron algunos parámetros que se usan para caracterizar los suelos y para valorar su condición nutricional para el cultivo de plantas (Cuadro 1).

El sustrato del tratamiento Composta (sin suelo), fue un sustrato alto en nitrógeno, fósforo y potasio disponible, así como alto en materia orgánica (11 veces más que suelo o mezcla de suelo-composta), y mayor capacidad de intercambio catiónico, con un pH moderadamente alcalino. La mezcla de suelo y composta, (4.5 kg de suelo y 0.5 kg composta), tuvo un contenido menor que la composta, en contenido en fósforo y potasio disponible, y bajo en materia orgánica, pH moderadamente alcalino. El suelo tuvo un contenido de nitrógeno similar a la mezcla de suelo-composta.

Cuadro 1. Análisis físico químico de los sustratos utilizados en el experimento “gallina ciega 2021 (procedimientos conforme a la Norma oficial mexicana nom-021-recnat-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio muestreo y análisis). Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas ECOSUR San Cristóbal.

Clave	P mg/kg	MO	PH (H ₂ O)	N %	K cmol/kg	CIC cmol/kg	CE dS/m	DA gr/ml
Suelo	18.284	4.845	7.330	0.466	1.12	27.62	0.9	0.95
Composta	208.763	12.112	8.130	1.240	7.47	34.22	0.659	0.62
Compost.suelo	19.831	5.873	7.855	0.588	1.35	28.35	0.877	0.93

Nota: P = Fósforo Disponible, MO = Materia orgánica, pH = potencia de hidrógeno, N = nitrógeno total; CIC = Capacidad de intercambio de cationes, CE = conductividad eléctrica, DA = Densidad aparente

Resultados y discusión

Supervivencia de larvas. La mayor supervivencia de larvas se observó en el tratamiento de Maíz.composta.L, (maíz crecido en suelo enriquecido con composta) tanto para *P. ravida*, *P. tumulosa* y el Complejo de especies (Figura 1 a, b, c). El número promedio mayor de larvas vivas se observó en el ensayo con *P. tumulosa* (5.875 Larvas) (Figura 1 b), seguido de *P. ravida* con (5.5 L) (Figura 1 a) y Complejo (4.75 L) (Figura 1 c). En el tratamiento Suelo (sin maíz ni composta) se registró el menor número de larvas vivas, murieron casi todas las larvas de las especies y complejo (Figura 1 a, b, c).

En los tratamientos de Composta (sin suelo), sin plantas de maíz y Maíz.composta.L el número promedio de larvas vivas fue similar para las dos especies y complejo de gallina ciega (Figura 1). El análisis de varianza detectó diferencias significativas en el número promedio de larvas muertas para *P. ravida*, *P. tumulosa* y Complejo (Figura 1).

Estos resultados sugieren que las larvas de *P. ravida* y *P. tumulosa* y las que constituyeron el complejo son capaces de sobrevivir en composta y enriquecida con materia orgánica y sin raíces de maíz. La capacidad de alimentarse de materia orgánica en descomposición permite que persistan en ambientes desprovistos de raíces de las cuales puedan alimentarse.

En este estudio fue claro que la supervivencia es mayor cuando hubo raíces de maíz. Cabe mencionar que el tratamiento Composta (sin maíz) conservó mayor humedad que el tratamiento Suelo (sin composta). Otros de los beneficios de suelos enriquecidos con composta, es que puede atraer escarabajos melolóntidos como *Euphoria basalis* (Gory & Percheron, 1833) cuyas larvas son saprófagas (Ramírez-Salinas *et al*, 2001) y por lo tanto contribuyen liberar compuestos nutritivos al suelo que son utilizados por las plantas en crecimiento.

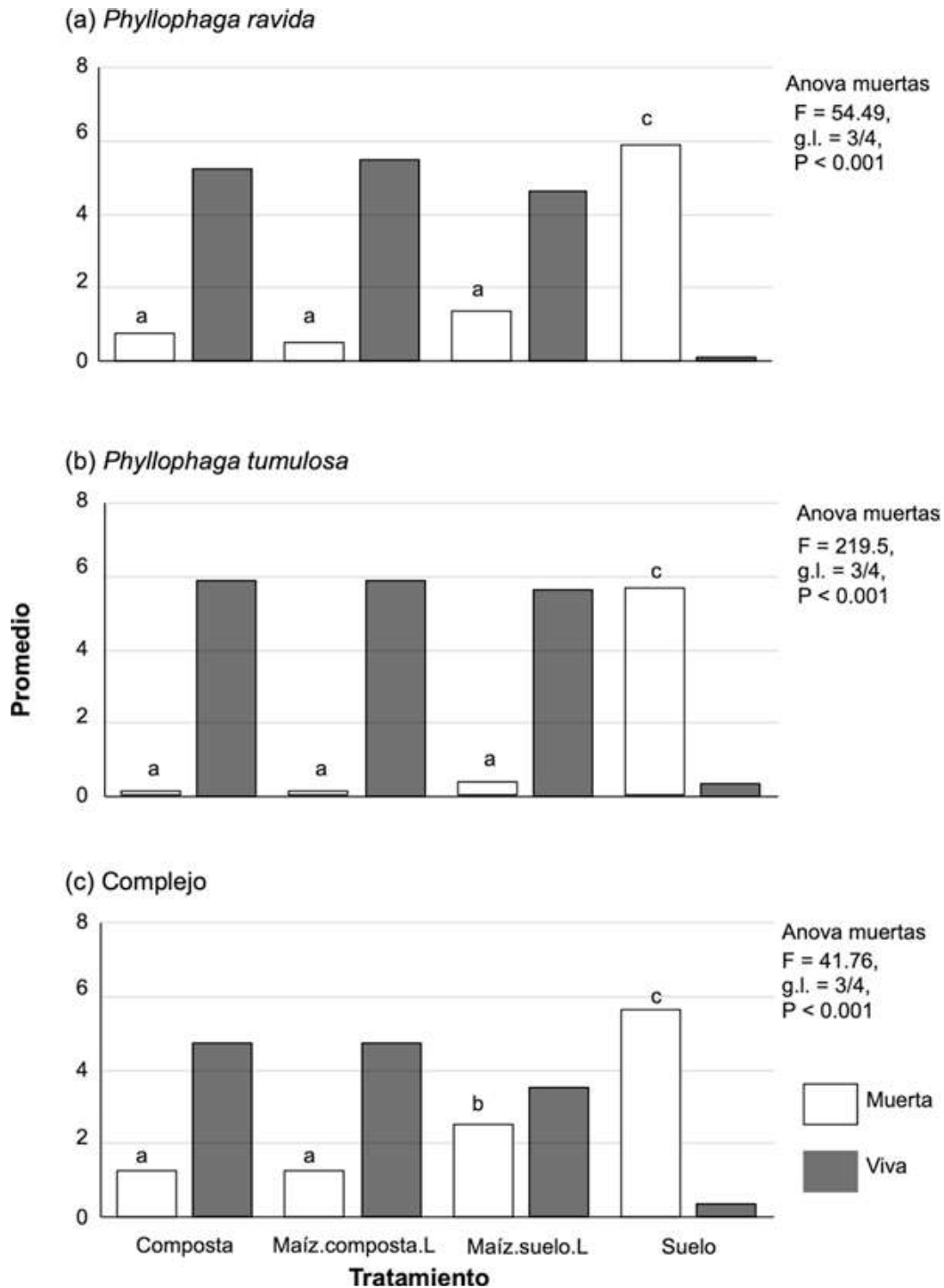


Figura 1. Número promedio de larvas muertas y vivas por especie de gallina ciega. La barra con la misma letra indica las medias que no difieren con base en la prueba de comparación de medias de Tukey.

Rizofagia de *Phyllophaga ravidata* en maíz. Se observaron ligeras diferencias en las características de desempeño del maíz entre los cuatro tratamientos en el experimento con *P. ravidata*. Los valores más altos de diámetro a la altura del pecho, altura, follaje y raíz seca se observaron en el sustrato de suelo mezclado con composta y sin larvas (Figura 2 a, b, d, e). En el número de hojas se observa pocas o nula diferencia. El diámetro, número de hojas, follaje y raíz seca fueron semejante al tratamiento de Maíz.suelo.

El análisis de varianza con *P. ravidata* mostró diferencias significativas en diámetros, altura, follaje seco y raíz (Cuadro 2). Asimismo, el análisis de comparación de Tukey indicó que la media del tratamiento Maíz.composta (maíz crecido en composta y suelo y sin larvas) difiere del resto de los tratamientos en lo que respecta a altura, follaje seco y raíz (Figura 2 b, d, e).

Con base en estos resultados se puede decir que la rizofagia de *P. ravidata* puede amortiguarse mediante la aportación de composta, a través de que consume menos raíz, asimismo que la planta tiene nutrientes para compensar el daño en la raíz.

En este estudio se observó que *P. ravidata* en Maíz.composta.L afectó 19.02 % de la raíz y 14.14 % de follaje; mientras que en el tratamiento Maíz.suelo.L daño la raíz en 11.77 % y al follaje 2.41 %. Lo que contrasta con el resultado de 94 % de consumo de raíz reportado por Castro-Ramirez *et al.* (2001), y por ello se ubicó a *P. ravidata*, junto con *P. menetriesi*, como especies de gallina rizófagas estrictas.

Rizofagia de *Phyllophaga tumulosa* en maíz. En el experimento con *P. tumulosa* se encontró diferencias significativas entre los tratamientos únicamente para el peso de follaje y raíz secos (Cuadro 2). El mayor peso, para ambas variables de desempeño, se observó cuando el maíz creció en composta y sin larvas (Figura 3 d, e). El promedio menor ocurrió cuando el maíz creció en solo suelo y en presencia de larvas.

Cuadro 2. Análisis de varianza para características de desempeño de maíz cuya fuente de variación fue tratamiento con cuatro niveles: (1) expuesto a larvas con composta (2) libre de larvas sin composta, (3) libre de larvas y con composta y (4) expuesto a larvas sin composta.

Característica	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	g.l.	F	P
<i>Phyllophaga ravidata</i>						
Diámetro	Tratamiento	36.08	12.03	3	4.286	0.01
	Error	78.57	2.81	28		
Altura	Tratamiento	1211	403.6	3	3.374	0.02
	Error	3349	119.6	28		
Núm. Hojas	Tratamiento	0.625	0.208	3	0.21	0.88
	Error	27.75	0.991	28		
Peso seco follaje	Tratamiento	2432	810.6	3	15.07	<0001
	Error	1506	53.8	28		
Peso seco de raíz	Tratamiento	3710	1236.7	3	4.87	0.007
	Error	7109	253.9	28		
<i>Phyllophaga tumulosa</i>						
Diámetro	Tratamiento	13.95	4.645	3	1.518	0.23
	Error	85.75	3.063	28		
Altura	Tratamiento	925	308.3	3	1.566	0.22
	Error	5512	196.9	28		
Núm. Hojas	Tratamiento	2.781	0.927	3	1.862	0.16
	Error	13.94	0.498	28		
Peso seco follaje	Tratamiento	2090	696.6	3	6.04	0.002
	Error	3231	115.4	28		
Peso seco raíz	Tratamiento	2380	793.5	3	4.27	0.01
	Error	5203	185.8	28		
Complejo de especies						
Diámetro	Tratamiento	38.68	12.89	3	5.602	0.004
	Error	64.45	2.302	28		
Altura	Tratamiento	473	157.6	3	1.11	0.36
	Error	3976	142.0	28		
Núm. Hojas	Tratamiento	5.906	1.968	3	2.34	0.09
	Error	23.562	0.841	28		

Peso seco follaje Error	Tratamiento	2045	681.8	3	9.82	0.0001
	1944	69.4	28			
Peso seco de raíz Error	Tratamiento	1517	505.5	3	3.288	0.03
	4305	153.8	28			

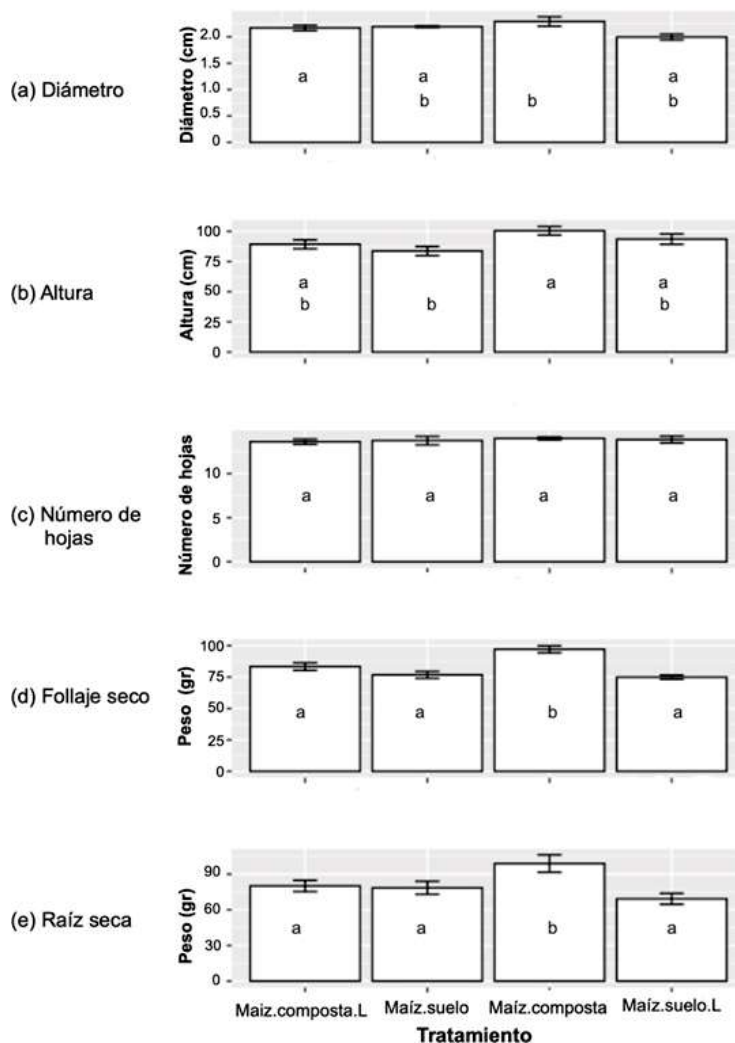


Figura 2. Desempeño de maíz estimado con base en crecimiento en (a) diámetro, (b) altura, (c) número de hojas, (d) peso seco de follaje y (e) raíz seca, en presencia de larvas *Phyllophaga ravid*. Maíz.composta.L = maíz crecido expuesto a larvas con composta; Maíz.suelo = libre de larvas sin composta, Maíz.composta = libre de larvas con composta, Maíz.suelo.L= con larvas sin composta. Las barras con la misma letra no difieren significativamente con la prueba de comparación de medias de Tukey.

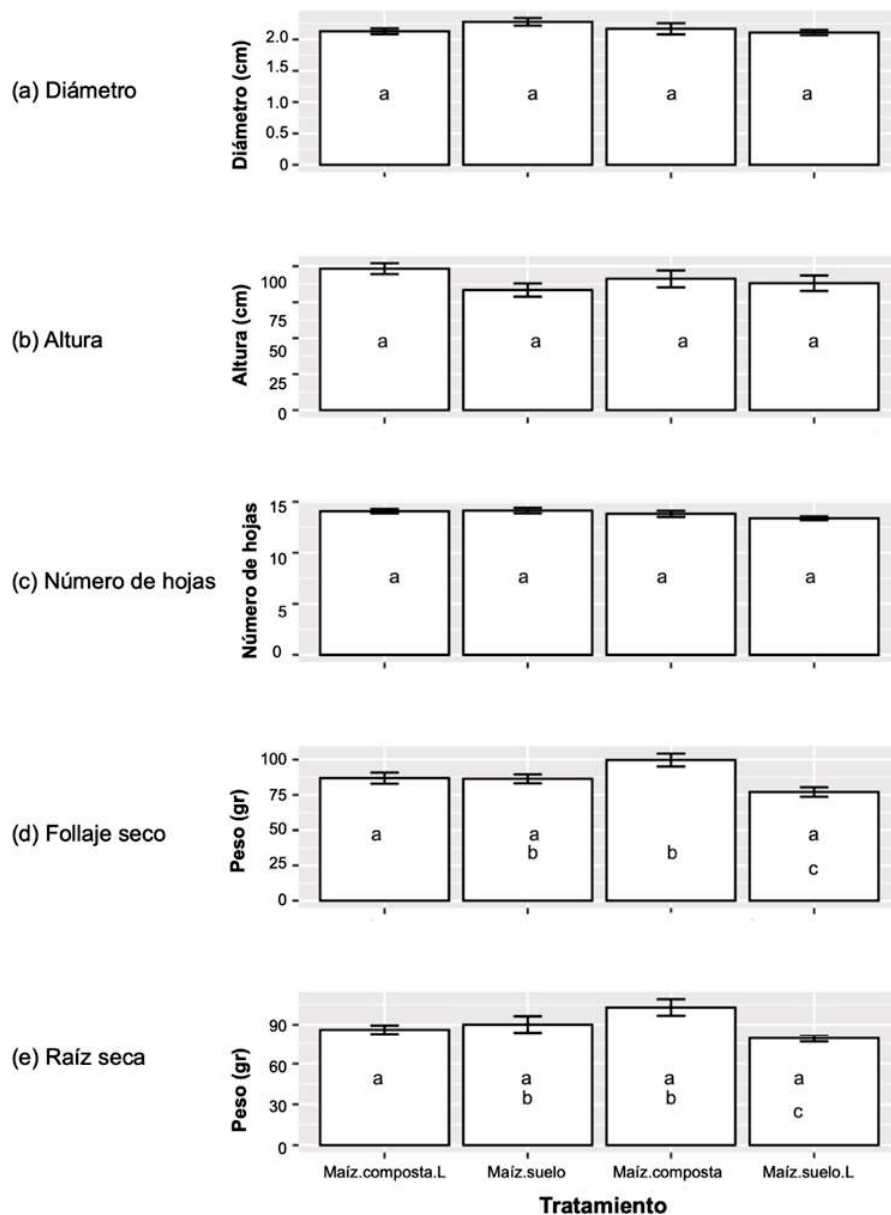


Figura 3. Desempeño del maíz estimado con base en crecimiento en (a) diámetro, (b) altura, (c) número de hojas, (d) peso seco de follaje y (e) peso seco de raíz, en presencia de larvas *Phyllophaga tumulosa*. Maíz.composta.L = maíz crecido expuesto a larvas con composta; Maíz.suelo = libre de larvas sin composta, Maíz.composta = libre de larvas con composta, Maíz.suelo.L = maíz crecido con larvas sin composta. Las barras con la misma letra no difieren significativamente con la prueba de comparación de medias de Tukey.

Es importante hacer notar que se observó una altura mayor en Maíz.composta.L que Maíz.suelo, sin embargo la diferencia fue no significativa, no obstante se hace notar debido a que sugiere que la composta permite un mejor desempeño del maíz en presencia de larvas de *P. tumulosa*.

En el presente trabajo, *P. tumulosa* en el tratamiento Maíz.composta.L causó un daño a la raíz de 16.14 % y al follaje de 12.84 %. En el tratamiento Maíz.suelo fue 12.31% a la raíz y 10.89 al follaje. Castro-Ramírez, et al. (2004), reportan que *P. tumulosa* es rizófaga facultativa, y encontraron que el daño a la raíz puede variar entre 19.2 % (con composta) y 39.6 % (sin composta). Es posible que la rizofagia *P. tumulosa* es moderada y resulta en sobrecompensación, lo cual significa que bajos niveles de herbivoría estimula un mayor crecimiento de la planta (Castro-Ramírez, 2004). El presente estudio muestra que la rizofagia de *P. tumulosa* podría estar estimulando el crecimiento de la planta al alimentarse de raíces, y la presencia de materia orgánica de la composta podría estar ayudando a que la planta se recupere del daño al alimentarse. Sin embargo, es necesario desarrollar nuevos estudios para confirmar la sobrecompensación.

Rizofagia del complejo gallina ciega en maíz. En cuanto al experimento con un complejo de especies de gallina ciega se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza entre los tratamientos en follaje y peso seco de raíz (Figura 4 a, d, e). El promedio mayor de peso seco de follaje se observó en el tratamiento Maíz.composta; en tanto que los tratamientos de maíz crecido en composta y larvas, y maíz con solo suelo fueron similares. Respecto al peso de raíz seco, los promedios de Maíz.composta.L, Maíz.suelo.L y Maíz.suelo fueron similares.

En altura y número de hojas no se detectaron diferencias significativas. No obstante se destaca que el maíz tuvo mayor altura en el tratamiento de Maíz.suelo, al parecer el maíz logra crecer pese al daño que provocan las larvas casi a la altura de maíz con composta sin larvas.

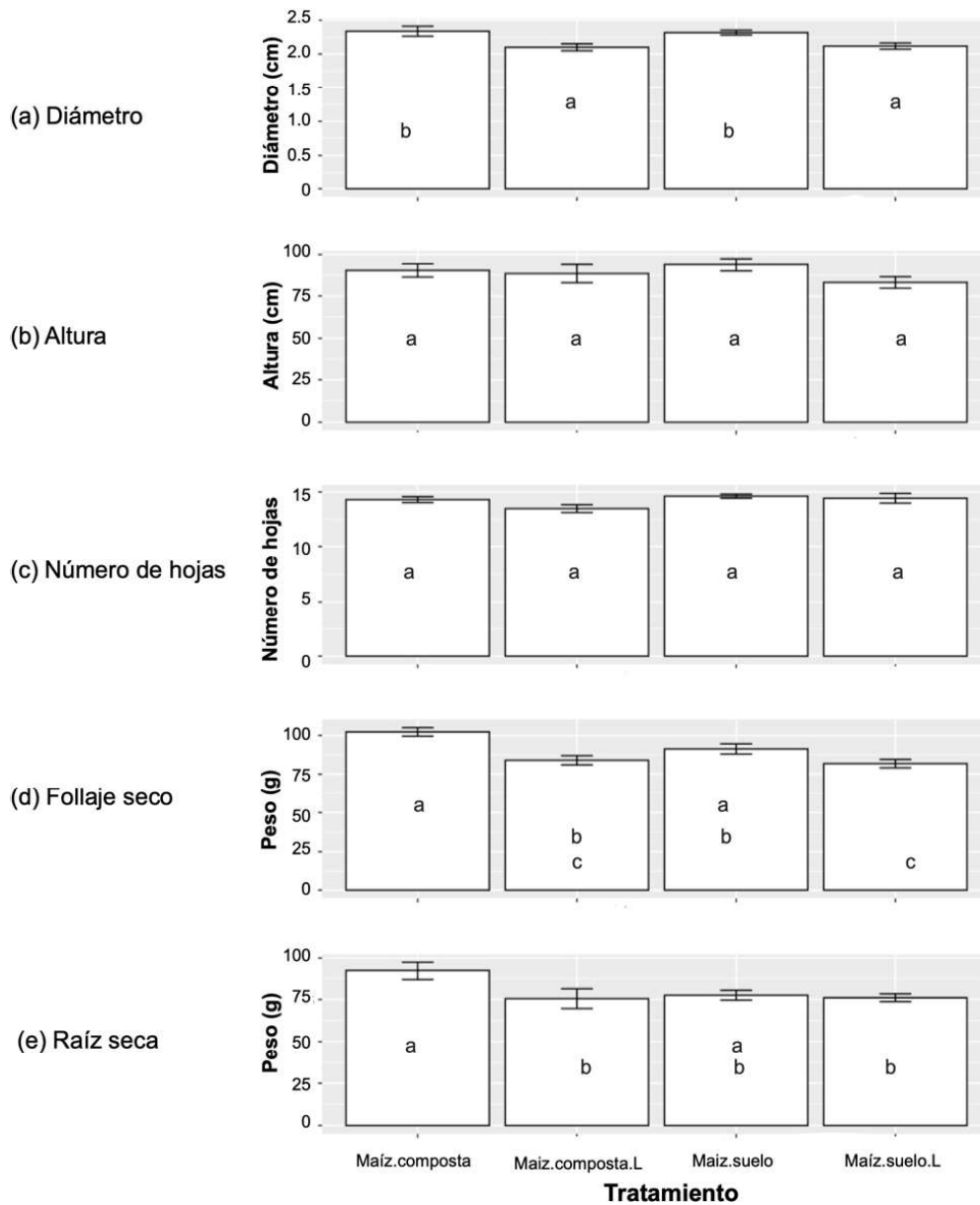


Figura 4. Desempeño de maíz estimado con base en crecimiento en (a) diámetro, (b) altura, (c) número de hojas, (d) peso seco de follaje y (e) peso seco de raíz, en presencia de larvas de un complejo de gallina ciega (*Phyllophaga ravida*, *Phyllophaga tumulosa*, *Phyllophaga tenuipilis*, *Phyllophaga obsoleta*, *Phyllophaga sticticoptera* y *Paranomala inconstans*). Maíz.composta = maíz crecido con composta sin larvas; Maíz.suelo = libre de larvas sin composta, Maíz.composta.L = maíz crecido con composta con larvas, Maíz.suelo.L = maíz crecido con larvas sin composta.

Las barras con la misma letra no difieren significativamente con la prueba de comparación de medias de Tukey.

En este caso, el complejo composta consumió aproximadamente el 18.1 % de raíz, con un efecto en follaje de 17.90%. En el tratamiento de suelo afectó la raíz alrededor del 1.92% con un reflejo de daño en follaje de 10.36%. El complejo gallina ciega está formado por *P. ravidia*, *P. tenuipilis*, *P. obsoleta*, *P. tumulosa*, *Par. sticticoptera* y *Par. inconstans*, las tres primeras están consideradas como rizófagas y las otras tres como rizófagas facultativas (Castro-Ramírez *et al.*, 2004). Se ha registrado que *P. obsoleta* puede provocar una reducción del peso radical del maíz en 69.5% (con composta) y 84.4 % (sin composta), *Par. sticticoptera* 3.2% (con composta) y 35.3 (sin composta) con larvas de tercer estadio colectadas en campo proveniente de parcelas de maíz (Castro-Ramírez, 2004).

En general, en el presente estudio, se observó que las larvas consumieron una proporción baja de las raíces, en comparación con los resultados de Castro-Ramírez *et al.* (2004). Una causa posible del bajo consumo es que las larvas se criaron en el laboratorio y se alimentaron con trozos de zanahoria y no con raíces vivas, de maíz u otras plantas, en sus primeros estadios de desarrollo. Esta experiencia de alimentación pudo quedar en la memoria de las larvas y rechazaron la alimentación con raíces y/o la zanahoria ofreció suficiente nutrición para su desarrollo.

Mientras que en el estudio de Castro-Ramírez (2004) se hizo en invernadero con larvas colectadas en campo, en donde sus primeros días de vida se alimentaron de raíces de maíz, y al llegar al invernadero mantuvieron su preferencia por las raíces de maíz, a las que consumieron una alta proporción (alrededor de 90 %). Además, la materia orgánica que adicionó Castro-Ramírez (2004) a las matas de maíz fue con base en la descomposición natural de rastrojo, de las parcelas de colecta de las larvas. Otro factor que pudo haber impactado en el comportamiento rizófago del presente estudio, es la temperatura. Durante el experimento en el invernadero (agosto-septiembre 2021), se registró una temperatura promedio máxima de 32.23 C° y una mínima de 15.61 C°. Con un promedio de 23.92 C° y humedad relativa baja (47.9%). La relativa alta temperatura y la baja humedad ambiental pudo

disminuir la actividad rizofágica. Estos son aspectos que deben ponerse a prueba en estudios futuros.

Conclusiones

La mayor supervivencia de larvas de *P. ravidia*, *P. tumulosa* y complejo (*P. ravidia*, *P. tumulosa*, *P. tenuipilis*, *P. obsoleta*, *Par. sticticoptera*, *Par. inconstans*) se encontró en el tratamiento de Maíz composta (mezcla de composta-suelo y maíz). Las larvas de *P. ravidia*, *P. tumulosa* y el complejo gallina ciega pueden vivir en composta pura sin raíces. En un suelo sin raíces casi todas las larvas mueren de *P. ravidia*, *P. tumulosa* y complejo. La larva que más sobrevivió fue *P. tumulosa* en los tratamientos composta pura, mezcla composta-suelo con maíz y suelo con maíz. La gallina ciega, para sobrevivir en un suelo bajo en materia orgánica, necesita de raíces vivas para crecer y desarrollarse.

Agradecimientos

Se le agradece a Adriana Lizeth Santos Salazar y Leonardo Díaz Gómez por el apoyo durante el desarrollo de los experimentos en invernadero. Este trabajo se financió con fondos federales asignados a El Colegio de la Frontera Sur a través del CONAHCYT.

Literatura citada

Castro-Ramírez A. E. 2004. Diversidad del complejo “gallina ciega” (Coleoptera) y su impacto al cultivo de maíz en un gradiente ambiental de los Atos de Chiapas, México. Tesis de doctora En Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. 178 p.

- Castro-Ramírez A. E, C. Ramírez-Salinas y C. Pacheco-Flores. 2004. Guía Ilustrada sobre “Gallina ciega” en la Región Altos de Chiapas. BUAP y El Colegio de La Frontera Sur. 48 p.
- Castro-Ramírez, A., J. Cruz-López, H. Perales-Rivera., C. Ramírez-Salinas y L. Hernández López. 2001. Composta y rizofagia de cuatro especies de *Phyllophaga* bajo invernadero. Memorias de la V Reunión Latinoamericana de Scarabaeoidología. Quito, Ecuador. pp 1-8.
- Morón M. A., L. A Rodríguez del Bosque, A. Aragón y C. Ramírez-Salinas. 2010. 4. Biología y Hábitos de Coleopteros Escarabaeoideos. En: Morón M. A., L. A Rodríguez del Bosque (eds.) Plagas del suelo. CP, INIFAP, UACH, MP. México. 65-82.
- Ramírez-Salinas C., A.E. Castro-Ramírez y M.A. Morón. 2001. Descripción de la larva y pupa de *Euphoria basalis* (Gory & Percheron, 1833) (Coleoptera: Melolonthidae: Cetoniinae) con observaciones sobre su biología. Acta Zoológica Mexicana (n.s.), 83-73-82.
- Ramírez Salinas C. y A. E. Castro-Ramírez. 2000. El complejo “gallina ciega” (Coleoptera: Melolonthidae) en el cultivo de maíz, en El Madronal, municipio de Amatenango del Valle, Chiapas, México. Acta. Zool. Mex. (n.s.) 79: 17-41.
- Villalobos- Hernández F.J. y M. E. Núñez- Valdez. 2010. Manejo sustentable. En: Plagas del suelo; L. A. Rodríguez del Bosque y M. A. Morón (Eds.) 2010. Colegio de Postgraduados, INIFAP, Universidad Autónoma Chapingo, Mundi-Prensa México. 215-236.
- Villalobos H., F. 1994. The contribution of melolonthid larvae to soil fertility. In: 15 th International Congress of Soil Science. Acapulco, México, Volume 4^a. Commission III: Symposia. pp: 129-143.
- Villalobos, F.J., K.M. Goh, R.M. Emberson, R.B. Chapman y R. B. McPherson. 1993. Interacciones entre la materia orgánica del suelo, la bacteria *Serratia entomophila* Grimont *et al.* y la alimentación de larvas de *Costelytra zealandica* (White) (Coleoptera: Melolonthidae). In: M. A. Morón (Eds.). Diversidad y manejo de plagas subterráneas. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México. pp. 235-253.

Relación de daño por gallina ciega Coleoptera Melolonthidae en tres cultivos agrícolas

Agustín Aragón García^{1*}
Jesús Francisco López Olguín¹
Betizabeth Cecilia Pérez-Torres¹
Víctor Alfonso Cuate-Mozo¹
Miguel Aragón-Sánchez¹
Gabriel Antonio Lugo-García²

Resumen

Las “gallinas ciegas” son consideradas una plaga importante en la agricultura, sin embargo, muchas especies no son las causantes de los daños que se reportan y aun así son tratadas como plagas, y se combaten con productos tóxicos ocasionando más perjuicio que beneficio, el objetivo de este trabajo fue determinar la relación del daño ocasionado por las larvas de “gallina ciega” en el sistema radical de los cultivos de maíz (*Zea mays* L.), amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) y estatis (*Limonium sinuatum* L). Se realizaron muestreos de suelo en las parcelas de los tres cultivos donde se obtuvieron las larvas y las raíces para conocer los daños ocasionados, los datos se sometieron a un análisis de correlación para determinar la relación entre las variables altura de la planta, diámetro del tallo en el caso de maíz y amaranto, y altura de la

¹ Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. C.P. 72570, EcoCampus Valsequillo. Edificio VAL 1, Km 1.7 carretera San Baltazar Tetela, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México.

² Universidad Autónoma de Sinaloa, Colegio de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Calle 16 y Avenida Japaraqui, C.P. 81110, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa México.

* Autor para correspondencia: agustin.aragon@correo.buap.mx

planta para el caso del estatis, así como el número de larvas encontradas en cada cultivo. Los daños al sistema radicular del maíz atribuidos a la “gallina ciega” son ocasionados por el género *Phyllophaga*, siendo *Phyllophaga vetula* la que más contribuye a los daños en este cultivo, en el estatis no se encontró relación significativa entre la presencia de las larvas y los daños ocasionados al cultivo, mientras que en el cultivo de amaranto los daños al sistema radicular son atribuidos a *Phyllophaga ilhuicaminai*.

Palabras clave: maíz, amaranto, estatis, *Phyllophaga*.

Introducción

Los adultos de las especies del género *Phyllophaga* son una de las plagas más importante que dañan el follaje de numerosas plantas frutales, forrajeras y de ornato, las larvas tienen un mayor impacto económico, al consumir las raíces de numerosas especies de plantas, causando su deterioro en grandes áreas. Se conocen más de 787 especies en todo el continente americano (Evans, 2003), de las cuales 369 habitan en México (Morón, 2003).

La “gallina ciega” constituye quizás una de las plagas más conocidas por los agricultores del país, debido a que atacan diversos cultivos ocasionando pérdidas significativas en acelga, amaranto, arroz, betabel, brócoli, cacahuete, café, caña de azúcar, cebolla, chía, chile, cilantro, espárrago, espinacas, estatis, gladiola, fresa, frijol, haba, jamaica, jícama, jitomate, maguey, maíz, mora, nardo, nopal, palma de coco, papa, pastos forrajeros, pastos ornamentales, plantaciones forestales, rábano, remolacha, repollo, rosas, sorgo, tabaco, tomate, tomillo, trigo, zanahoria y zempazuchitl. Los cultivos en donde se han encontrado las poblaciones más altas de “gallina ciega” son: caña de azúcar con 25 larvas de *Phyllophaga lalanza* Saylor por m² (Morón *et al.* 1996), y el maíz con 122 larvas de *Phyllophaga vetula* Horn por m², mientras que en el estatis se han encontrado densidades de 11 larvas

por m² de *Phyllophaga ilhuicaminai* Morón, para la zona de Atlixco, Puebla (Aragón & Morón, 1998).

A pesar de los daños que ocasionan las larvas a los diferentes cultivos, no se han generado recomendaciones viables para su control. Esto sucede porque muchas de las veces no se conocen que especie está dañando los cultivos, ni sus hábitos más generales, mucho menos se conoce que método es el más viable para combatirlos. Ante esto y para poder generar recomendaciones adecuadas para su control, es necesario realizar trabajos enfocados al conocimiento de los hábitos, ciclos de vida y los daños que ocasiona a los cultivos por lo menos, las especies de mayor importancia. En base a esto se realizó el presente trabajo con el objetivo de determinar la relación del daño en el sistema radical de los cultivos maíz (*Zea mays* L.), amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) y estatis (*Limonium sinuatum* L), con la presencia de larvas de “gallina ciega”.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en dos zonas agrícolas del estado de Puebla. La primera corresponde a la zona agrícola de Atlixco, donde se realizaron los trabajos de campo para el cultivo de “estatis” situado a 1,700 m de altitud, (18° 52' 04" N y 98° 24' 00" O), la topografía es ondulada o plana, al este colinda con el cauce profundo del río Cuezcomate, tributario del río Nexapa, y 1 km al sureste se ubica el cerro Chiquihuite, que supera los 1,850 m, y forma parte de la prolongación de la sierra del Tentzo. El suelo corresponde a un fluvisol eútrico, profundo, originado por la acumulación de material aluvial depositado recientemente por el Cuezcomate y el Popocatepetl. El suelo va de pardo grisáceo (seco) a pardo grisáceo muy oscuro (húmedo), franco arenoso, con 73.28 % de arena, 16.00 % de limo y 10.70 % de arcilla, con densidades aparentes de 1.29 g/cm³, densidad real de 2.43 g/cm³, y porosidad de 46.99 %; presenta un pH de 6.9 a 7.7, y contiene un 6.20 % de materia orgánica (Bonilla, 2000).

En esta zona convergen dos tipos climáticos. Templado subhúmedo con lluvias en verano (C [w] 2 [w]) con temperatura media anual de 12 °C a 18 °C, y precipitación invernal inferior al 5 % del total anual; y semicálido subhúmedo con lluvias de verano (A [C] w1 [w]) con temperatura media anual de 18-22 °C, y precipitación invernal inferior al 5 % del total anual. Debido a ello, la vegetación original estaba representada por una transición entre bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo y bosque de encino, ahora casi totalmente reemplazada por vegetación secundaria, pastizales y terrenos agrícolas con riego, en los cuales se cultivan flores para exportación como “estatis” (*Limonium sinuatum* (L.) Miller; Plumbaginaceae) y “nardo” (*Pliantes tuberosa* L; Amarilidaceae) o para el mercado nacional como “gladiola” (*Gladiolus grandis* Thumb., Iridaceae), “zempazuchitl,” (*Tagetes erecta* L; Asteraceae), “Terciopelo” (*Celosia argentea* L., Amaranthaceae) y “rosa” (*Rosa* spp., Rosaceae), aunque también se alternan cultivos de maíz (*Zea maiz*), alfalfa (*Medicago sativa* L.) y hortalizas como rábano (*Raphanus sativus* L.), cebolla (*Allium cepa* L.) y cilantro (*Coriandrum sativum* L.).

El segundo sitio se ubicó en San Lucas Tulcingo, Tochimilco, Puebla. La parcela donde se realizaron las actividades de campo se ubicó a 5 km al sureste de la localidad de San Lucas Tulcingo. Esta localidad presenta una altitud de 1960 m, cuyas coordenadas geográficas son 18° 50' 14" de latitud norte y 98° 35' 42" de longitud occidental. Donde predominan cuatro tipos de clima: a) climas semicálido subhúmedo con lluvias en verano del área más baja del municipio, b) clima templado subhúmedo con lluvias en verano que se presenta en las faldas inferiores de la Sierra Nevada, c) clima semifrío subhúmedo localizado en la zona intermedia entre las faldas inferiores de la sierra y la parte más elevada del volcán Popocatepetl y d) clima frío ubicado en la parte más elevada del volcán (INAFED, 2009).

La vegetación del municipio es una zona boscosa ubicada en la parte más accidentadas. La región meridional presenta en las faldas inferiores de la Sierra Nevada algunas zonas aisladas de pinos y pino-encino asocia-

dos a vegetación secundaria arbustiva y arbórea. También presenta en el extremo Sur y Sureste áreas reducidas con selva baja caducifolia y pastizal inducido. En las estribaciones del volcán subsisten extensas áreas de pinos y pino-encino, y más arriba una zona boscosa de oyameles continuando hacia el norte; presenta una franja de pino y pradera de alta montaña (INEGI, 2004).

Daños por “gallina ciega” en cultivos de maíz, amaranto y estatis. Para estimar los daños que las larvas de “gallina ciega” ocasionan al sistema radicular de los cultivos de maíz, amaranto y estatis, se seleccionaron tres parcelas, una para cada cultivo; la parcela de maíz y amaranto se ubicó en la comunidad de San Lucas Tulcingo, Tochimilco, Puebla y el estatis en el rancho “La Joya” del municipio de Atlixco, Puebla; las parcelas se seleccionaron en base a que en el ciclo agrícola anterior presentaron daños por “gallinas ciegas” y que presentarán una dimensiones de una hectárea por cultivo. En cada parcela, se realizó un muestreo al inicio de la floración de los cultivos, esto en base a que, en esta etapa de desarrollo de las plantas, las “gallinas ciegas” ya realizaron el daño que pudiera tolerar la planta; se seleccionaron al azar 30 matas de cada uno de ellos, para el maíz y el amaranto, cada mata estuvo conformada por tres plantas, mientras que en el estatis se tomaron las plantas que se encontraron dentro de una superficie de 50 X 50 cm.

La mata seleccionada se extrajo cuidadosamente abarcando toda el área radicular con todo y suelo y se depositó en un plástico negro, donde se separó con cuidado para evitar que se dañara o rompiera la raíz, mismas que se guardaron en bolsas de plástico debidamente etiquetadas. Estas muestras fueron trasladadas al laboratorio de Entomología del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla donde se lavaron y colocaron en charolas de aluminio para secarlas en un horno de secado marca Riossa a 60° por un lapso de 48 horas, para obtener el peso seco de la raíz para cada mata.

Para el análisis de los daños que el complejo “gallina ciega” ocasiona al cultivo de maíz, estatis y amaranto, se realizó un análisis de correlación para determinar la existencia de relación entre las variables relacionadas con los daños (altura de la planta, diámetro del tallo en el caso de maíz y amaranto y altura de la planta para el caso del estatis), y el número de larvas de las especies de “gallina ciega” encontradas en cada cultivo. Para las variables donde se encontró relación significativa ($r \neq 0$, $p \leq 0.05$), se realizó un análisis de regresión simple para estimar el modelo de regresión y se determinó la significancia del modelo y el coeficiente de determinación (r^2), este último, expresado en porcentaje, es un indicador de la eficiencia del modelo para explicar el comportamiento o variabilidad de las variables relacionadas con los daños (peso seco de la raíz, altura o diámetro de la planta), en función del número de larvas de las especies de “gallina ciega”. Los cálculos y comparaciones estadísticas se realizaron utilizando el programa informático estadístico Statgraphics centurion XVI.I.

Resultados y discusión

Daños por “gallina ciega” en maíz, amaranto y estatis

Cultivo de maíz. Las especies de Melolonthidae encontradas en la rizósfera del maíz fueron *Phyllophaga vetula*, *Phyllophaga pubicauda*, *Phyllophaga macrocera* y *Cyclocephala barrerae* Martínez, mismas que presentan una distribución en manchones.

En el cuadro 1 se presenta la significancia de la relación (coeficiente de correlación) entre el peso seco de la raíz del cultivo de maíz y el número de larvas de “gallina ciega”, donde se observa que existe alta significancia ($p \leq 0.0007$) de la relación entre el número total de larvas y el peso seco de la raíz. Sin embargo, no se observó relación significativa ($p > 0.05$) entre el número de larvas de “gallina ciega” y los parámetros vegetativos (altura y diámetro

del tallo); además se observa que existe relación significativa ($p \leq 0.0031$) entre el número de larvas del género *Phyllophaga*, representando por *P. vetula*, *P. pubicauda* y *P. macrocera*, y el peso seco de la raíz, sin incluir a las larvas de *C. barrera*. Este resultado indica que el género *Phyllophaga* es la causa principal de los daños observados en el cultivo de maíz de la zona.

Los modelos de regresión estimados, su significancia y el coeficiente de determinación (r^2), para las variables donde se observó relación significativa, se presentan en el cuadro 2, donde se puede ver que los modelos que resultaron significativos ($p \leq 0.05$) fueron los que explican el peso seco de la raíz (variable dependiente) en función del número total de larvas, con y sin la presencia de *C. barrera*.

Cuadro 1. Significancia de la relación entre variables vegetativas de plantas de maíz y la presencia de larvas de “gallina ciega”.

Relación	Signif. ($p \leq$)
Altura de planta -- Núm. total de larvas	NS
Altura de planta -- Núm. de larvas sin <i>C. barrera</i>	NS
Altura de planta -- Núm. de larvas con <i>C. barrera</i>	0.0692
Diámetro de tallo -- Núm. total de larvas	NS
Diámetro de tallo -- Núm. de larvas sin <i>C. barrera</i>	NS
Peso seco de la raíz -- Núm. total de larvas	0.0007
Peso seco de la raíz -- Núm. de larvas sin <i>C. barrera</i>	0.0031
Peso seco de la raíz -- Núm. de larvas de <i>P. vetula</i>	0.0954

En los modelos estimados que resultaron significativos se observa que la pendiente es negativa, lo que significa que, a mayor número de larvas, el peso seco de la raíz disminuye, lo que se refleja en mayor nivel de daño. Por otra parte, es importante resaltar que los modelos resultaron significativos

cuando se incorpora como variable explicativa al número total de larvas, y no resultaron significativos cuando las variables explicativas fueron el número de larvas de alguna especie en particular, lo que se interpreta como que es el complejo de especies de “gallina ciega” lo que está ocasionando el daño y no una especie en particular.

Cuadro 2. Modelos de regresión lineal estimados, significancia y coeficiente de determinación de las variables con relación significativa.

Modelo estimado	Signif. r ² (%)	
Alt. de planta = 204.9 + 57.7 * (Núm. de larvas con <i>C. barrerai</i>)	0.0692	11.3
Peso seco de la raíz = 68.0 - 17.3 * (√ Núm. total de larvas)	0.0007	35.3
Peso seco de la raíz = 60.4 - 13.6 * (√ Núm. total de larvas sin <i>C. barrerai</i>)	0.0031	27.2
Peso seco de la raíz = 37.4 - 1.7 * (Núm. de larvas de <i>P. vetula</i>)	0.0954	9.6

El análisis indica que *C. barrerai* no contribuye a los daños observados en campo, sin embargo *P. vetula* es la especie que ocasiona estos daños de forma significativa. Este resultado se refleja en el número de larvas de cada especie encontradas por m², encontrando en trabajo 66 larvas por m² de las cuales el 77 % corresponden a *P. vetula*, mientras que *P. pubicauda* represento el 20.6 %, *C. barrerai* el 1.6% y *P. macrocera* el 0.8%. Estos datos difieren con los publicados por Aragón y Morón (1998), quienes comentaron que en el cultivo de maíz se encontraron 81 larvas de diferentes especies por m². La discrepancia en el número de larvas por m² probablemente se debe a que en este trabajo se muestreó cuando el maíz se encontraba en etapa de floración, mientras que en el trabajo antes citado se muestreó en el mes de enero, cuando ya se había concluido la cosecha de maíz, encontrándose una mayor diversidad de especies de melolóntidos en el suelo.

Cultivo de flor de estatis. En el estatis ninguna de las variables relacionadas con el complejo “gallina ciega” contribuyó significativamente a explicar la reducción de la masa radicular de las plantas (Cuadro 3). Las especies de Melolonthidae que se encontraron asociadas al área radicular son *P. ilhuicaminai*, *Cyclocephala lunulata* Burmeister y *Paranomala foraminosa* Bates; las cuales se distribuyen en manchones. En este trabajo se encontraron en promedio, 35 larvas por m², 18 corresponden a *P. ilhuicaminai*, 15 a *C. lunulata* y 2 a *P. foraminosa* que representan el 51, 43 y 6 %, respectivamente. Estos datos no concuerdan por los reportados por Aragón y Morón (1998), quienes citaron para este cultivo 11 larvas de *P. ilhuicaminai* por m², debido a que el muestreo se realizó en toda la etapa fenológica del cultivo por lo que encontraron mayor diversidad de larvas, mientras que en este trabajo el muestreo se realizó únicamente en la etapa de floración.

Cuadro 3. Significancia de la relación entre peso seco de la raíz del cultivo de estatis y la presencia de larvas de “gallina ciega”.

Relación	Signif. (p ≤)
Peso seco de la raíz -- Núm. total de larvas	NS
Peso seco de la raíz -- Núm. de larvas de <i>P. ilhuicaminai</i>	NS
Peso seco de la raíz -- Núm. de larvas de <i>C. lunulata</i>	NS
Peso seco de la raíz -- Núm. de larvas de <i>A. foraminosa</i>	NS

Cultivo de amaranto. Las larvas asociadas a este cultivo presentan una distribución en manchones, siendo *P. ilhuicaminai*, *P. ravidia* y *C. lunulata* las especies encontradas. La especie más abundante fue *P. ilhuicaminai*, de las 46 larvas que se encontraron por m², el 55 % correspondieron a la especie *P. ilhuicaminai*, *P. ravidia* representa el 33 %, mientras que *C. lunulata* contribuye con el 12 %.

Al realizar el análisis se determinó que existe una relación altamente significativa ($p \leq 0.00001$) entre la masa radicular de las plantas y las variables relacionadas con la presencia de larvas de “gallina ciega” (Cuadro 4).

Cuadro 4. Significancia de la relación entre peso seco de la raíz del cultivo de amaranto y la presencia de larvas de “gallina ciega”.

Relación	Signif. ($p \leq$)
Peso seco de la raíz -- Núm. total de larvas	0.00001
Peso seco de la raíz -- Núm. de larvas de <i>P. ilhuicaminai</i>	0.00001
Peso seco de la raíz -- Núm. de larvas de <i>P. ravidia</i>	0.01710
Peso seco de la raíz -- Núm. de larvas de <i>C. lunulata</i>	NS

Los modelos de regresión estimados, su significancia y el coeficiente de determinación (r^2), para las variables donde se observó relación significativa, se presentan en el cuadro 5, donde se aprecia que los tres modelos resultaron significativos ($p \leq 0.05$), el que mejor explica la variabilidad del peso seco de la raíz de las plantas del amaranto es el que incluye como variable explicativa el número total de larvas ($r^2 = 65.5\%$), resultado que concuerda con lo obtenido para el cultivo del maíz, lo que indica que en el amaranto, al igual que para el maíz, es el complejo de especies de gallina ciega las que ocasionan el mayor daño y no una especie en particular.

A diferencia del cultivo del maíz, en el amaranto se encontró que los modelos que involucran por separado el número de larvas de las especies de “gallina ciega” encontradas (*P. ilhuicaminai* y *P. ravidia*) sí resultaron significativos con valores de $r^2 = 45.0$ y 18.7% respectivamente. Por lo anterior, la especie que ocasiona el mayor daño a la raíz del amaranto fue *P. ilhuicaminai*.

Cuadro 5. Modelos de regresión lineal, significancia y coeficiente de determinación en cultivo de amaranto en función de la presencia de larvas de “gallina ciega”.

Modelo estimado	Signif. r ² (%)
Peso seco de la raíz = 44.1 - 15.7 * Ln. (Núm. total de larvas)	0.00001 65.5
Peso seco de la raíz = 37.4 - 5.5 * Núm. de larvas de <i>P. ilhuicaminai</i>	0.00001 45.0
Peso seco de la raíz = 33.5 - 6.5 * Núm. de larvas de <i>P. ravidia</i>	0.01710 18.7

Estos datos concuerdan con lo publicado por Pérez-Torres (2012); quien encontró que *P. ilhuicaminai* fue una de las plagas más importantes en el cultivo de amaranto, con una infestación del 55 %, mientras que *P. ravidia* infesta al 48 % de las plantas.

Por otro lado, Aragón y Tapia (2009), citaron que en el amaranto las pérdidas económicas por el complejo “gallina ciega” son del 39.1 % siendo *P. ilhuicaminai* la especie de mayor importancia. Con los resultados obtenidos de este trabajo se confirma la importancia del complejo “gallina ciega” en el amaranto y que la especie que más daños ocasiona al sistema radicular es *P. ilhuicaminai*.

Conclusión

Los daños al sistema radicular del maíz atribuidos a la “gallina ciega” son ocasionados por el género *Phyllophaga*, siendo *P. vetula* la especie que más contribuye a los daños en este cultivo, en el estatis no se encontró relación significativa entre la presencia de las larvas y los daños ocasionados al cultivo, mientras que en el cultivo de amaranto los daños al sistema radicular son atribuidos a *P. ilhuicaminai*.

Literatura citada

- Aragón, G. A. y M. A. Morón. 1998. Evaluación del daño ocasionado por el complejo “gallina ciega” (Coleoptera: Melolonthidae) en el estado de Puebla. En Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los coleopteros edafícolas americanos. M. Á. Morón y A. Aragón (Eds). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Sociedad Mexicana de Entomología, A. C. Puebla, México. pp. 143-149.
- Aragón, G. A. y Tapia, A. M. R. 2009. Amaranto orgánico: métodos alternativos para el control de plagas y enfermedades. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Alternativas y Procesos de Participación Social, A. C. Puebla, México. 63 p.
- Bonilla, F. N. 2000. Evaluación de la contaminación por metales pesados en suelo, planta y agua de la zona de riego de los municipios de Huaquechula y Atlixco, Puebla. Tesis de Maestro en Ciencias (Edafología). División estudios de posgrado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional autónoma de México, México, D. F. 95 p.
- Evans, A. V. 2003. A checklist of the New World chafers (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae). Zootaxa 211: 1-458.
- INAFED. 2009. Enciclopedia de los municipios del estado de Puebla. Tochimilco. Instituto Nacional para la Federación y el Desarrollo municipal del Gobierno del Estado de Puebla, Puebla, México. 13 p.
- INEGI. 2004. Síntesis geográfica nomenclátor y cartografía del estado de Puebla. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México, D. F. 56 p.
- Morón, M. A. 2003. Diversidad, distribución e importancia de las especies de *Phyllophaga* Harris en México (Coleoptera: Melolonthidae). En: Estudios sobre Coleopteros del suelo en América. Aragón, G. A., M. Á. Morón y A.

- Marín J. (Eds). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. pp. 1-27.
- Morón, M. Á., S. Hernández R. y A. Ramírez C. 1996. El complejo “gallina ciega” (Coleoptera: Melolonthidae) asociado con la caña de azúcar en Nayarit, México. *Folia Entomol. Mex.* 98: 1-14.
- Pérez-Torres, B. C. 2012. Diagnóstico y control de plagas del cultivo de *Amaranthus hypochondriacus* L., bajo una agricultura orgánica, en las faldas del volcán Popocatepetl. Tesis de Doctorado. Doctorado en Ciencias Ambientales. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Puebla, México. 130 p.

Aislamiento, identificación y selección de hongos entomopatógenos en sistemas de producción de hortalizas con potencial para el manejo de plagas rizófagas

Miguel B. Najera Rincón^{1*}

Franci Yunuen Chávez Morelos²

Arlette Alejandra Zamora González²

Luis Daniel Salas Magdaleno²

Pablo Fabián Jaramillo López³

Joset Tsiri Días Guerrero³

Resumen

Se presentan resultados parciales del proyecto nacional CONAHCYT-PRO-NACES titulado “Alternativas agroecológicas integradas para minimizar el uso de plaguicidas en sistemas hortícolas” (clave 316049). En el desarrollo de la investigación participaron investigadores y estudiantes asociados al Laboratorio de Agroecología del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES-UNAM). El objetivo principal del proyecto fue minimizar el uso de plaguicidas en sistemas campesinos de producción de hortalizas

¹ Campo Experimental Uruapan (INIFAP). Av. Latinoamericana 1101, Col. Revolución, Uruapan, Michoacán. C.P. 60150.

² Universidad Tecnológica de Morelia. Av. Vicepresidente Pino Suárez 750, Cd Industrial, 58200 Morelia, Michoacán, México.

³ Laboratorio de Agroecología, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES-UNAM). Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta. C.P. 58190. Morelia, Michoacán.

* Autor para correspondencia: najera.miguel@inifap.gob.mx; mnajera@cieco.unam.mx

mediante un manejo agroecológico de plagas de artrópodos, enfermedades y arvenses, basado en la regulación natural de plagas, reciclaje de nutrientes, diversificación del agroecosistema y prácticas agrícolas que promueven la salud del sistema de producción. Como contribución al manejo de insectos rizófagos, los principales resultados incluyen el aislamiento e identificación morfológica de 27 aislados de hongos entomopatógenos, 22 de *Beauveria bassiana* y 5 de *Metarhizium anisopliae*. Los aislados fueron obtenidos de suelo rizosférico de 12 cultivos hortícolas bajo tres sistemas de producción. Después de un proceso de evaluación por prueba máxima en larvas *Tenebrio molitor* en séptimo estadio, fueron seleccionados 14 aislados de *B. bassiana* que presentaron porcentajes de mortalidad que fluctuaron entre el 85 y 100% a los 11 días después de la aplicación (DDA) y tres aislados de *M. anisopliae* con los mismos porcentajes de mortalidad, pero a los cuatro DDA. Para una segunda fase de evaluación en larvas de insectos rizófagos asociados a hortalizas fueron seleccionados 17 aislados.

Palabras clave: hongos entomopatógenos, plagas rizófagas, selección.

Introducción

Los cultivos hortícolas como jitomate, chile, cebolla y calabaza son parte de la canasta básica alimentaria de los mexicanos y están entre los cultivos agrícolas en los que se utilizan mayores cantidades de plaguicidas para su producción, entre los que se encuentran diversos fungicidas, insecticidas y herbicidas clasificados como altamente peligrosos (Bejarano-González, 2017). La producción y consumo de hortalizas es fundamental para la soberanía alimentaria puesto que la mayoría de las vitaminas y minerales esenciales para la salud humana se adquieren de éstas.

En México, los sistemas hortícolas de pequeña y mediana escala abastecen principalmente a consumidores de zonas urbanas, en el caso de Michoa-

cán, es el Valle Morelia-Queréndaro-Cuitzeo. Al mismo tiempo, estos sistemas de producción representan el modo de vida de miles de familias, por lo que es urgente adoptar prácticas alternativas al uso de plaguicidas nocivos, que ocasionan daños al ambiente, a la salud de los agricultores y consumidores, además de generar resistencia en las plagas que se pretenden controlar (Zaller, 2020). A pesar de que algunos de estos plaguicidas altamente peligrosos han sido prohibidos en muchos países, en México se siguen utilizando de manera rutinaria.

En nuestro país existe poca información publicada sobre los patrones de uso de plaguicidas en el ámbito agrícola; sin embargo, son frecuentes los estudios puntuales en diversos estados de la República Mexicana donde se destacan sus efectos negativos en el ambiente, población humana, residuos en alimentos, así como en diversos estudios ecotoxicológicos (García-Hernández *et al.*, 2018).

Los ingredientes activos más utilizados en la producción de cultivos en México que destacan por su alta toxicidad son el paratión metílico, malatión, metamidofos, clorpirifos, monocrotofos, paraquat, glifosato, carbofurán, metomilo, mancozeb, clorotalonil, dimetoato, carbarilo, atrazina, 2-4-D, fosfuro de aluminio, imidacloprid, cipermetrina, lambda cialotrina y endosulfán. Varios de ellos se utilizan para el control de plagas rizófagas (García-Hernández *et al.*, 2018). Estos plaguicidas son comúnmente utilizados en la producción de hortalizas como por ejemplo en la región de la Comarca Lagunera (Esquivel-Valenzuela *et al.*, 2019).

En México, de acuerdo con datos del Sistema Único de Información del Sistema Nacional para la Vigilancia Epidemiológica, durante el periodo 1995-2012 se registró un total de 67,711 casos de intoxicación por plaguicidas, que ocasionaron un total de 2518 muertes (SINAVE, 2013). Por otra parte, en un análisis sobre residuos de plaguicidas en hortalizas en México se concluyó que la presencia de residuos es muy frecuente, con más del 50% de las muestras evaluadas para consumo nacional y de exportación, aunque en la mayoría de los casos no se rebasaron los límites máximos de residuos de plaguici-

das (Pérez *et al.*, 2013). No obstante, los riesgos de contaminación ambiental y sobre la salud humana son evidentes, por lo que es urgente un cambio de paradigma de la producción convencional a la agroecológica con manejo sostenible de los recursos naturales, orientados al diseño de agroecosistemas resilientes, tomando en cuenta la biota asociada a los cultivos, tanto plaga como benéficos (Altieri, 1999).

Entre las principales plagas rizófagas que afectan la producción de hortalizas en el Valle Morelia-Queréndaro-Cuitzeo en Michoacán se encuentran la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) y diabrotica (*Diabrotica* spp.). Existen varias alternativas para el manejo de estas poblaciones (Nájera-Rincón *et al.*, 2010; Hernández-Velázquez *et al.*, 2010), que parten desde el diseño del agroecosistema, que incluye reservorios para la conservación de organismos benéficos, dentro de los que destacan diversos depredadores y parasitoides, hasta la conservación y aplicación de agentes de control biológico microbiano como los hongos entomopatógenos de los géneros *Beauveria* y *Metarhizium* principalmente (Williams *et al.*, 2013; Zepeda-Jazo, 2018).

Desafortunadamente, debido a la constante aplicación de plaguicidas, a la reducción de la diversidad vegetal en los monocultivos y a la eliminación indiscriminada de arvenses alrededor de las parcelas agrícolas, el potencial de los agentes de control biológico natural ha sido disminuido a lo largo del tiempo. Además de lo anterior, es fundamental restablecer las funciones ecosistémicas del suelo mediante el incremento de la materia orgánica, mejora de la estructura del suelo y reducción del intenso laboreo. El sistema de producción actual de hortalizas en la zona de estudio (Valle Morelia-Queréndaro-Cuitzeo) —y en general en México— es de tipo convencional, con monocultivos y uso intensivo de agroquímicos (fertilizantes minerales y plaguicidas).

Independientemente del sistema empleado en la producción, hace falta información sobre cómo las prácticas agrícolas afectan la salud del suelo y los cultivos, incluyendo las plagas del suelo, microorganismos benéficos así como, factores bióticos y abióticos del agroecosistema (Nájera-Rincón y Jac-

kson, 2010). Por otra parte, a pesar de que los estudios sobre los efectos colaterales del uso de plaguicidas son múltiples (Zaller, 2020) hace falta información sobre los impactos a nivel de las interacciones bióticas multitróficas con relación a la regulación natural de plagas y polinización. De igual manera es importante evaluar los posibles impactos colaterales en los microorganismos benéficos, no solo de los plaguicidas sintéticos, sino también de las herramientas agroecológicas.

Con base en lo anterior, y a la necesidad de ofrecer alternativas al uso de plaguicidas altamente tóxicos en la producción de hortalizas, el objetivo general del estudio fue generar, validar y difundir alternativas para el manejo agroecológico de plagas de artrópodos en sistemas campesinos de producción de hortalizas para minimizar el uso de plaguicidas. De manera particular, en el presente capítulo se hace énfasis en los resultados obtenidos en una parcela experimental bajo tres sistemas de producción de hortalizas en un gradiente de uso de agroquímicos, en el aislamiento e identificación de hongos entomopatógenos nativos y la evaluación, en una primera fase, de su potencial como agentes de control biológico contra insectos plaga del suelo.

Materiales y métodos

Se estableció una parcela experimental en las instalaciones del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No.7 (CBTA 7) ubicado en Copándaro de Galeana, Michoacán (Figura 1). El diseño experimental fue factorial al azar y se incluyeron tres sistemas de producción: 1) Convencional en monocultivo con especies frecuentes en la región y uso intensivo de agroquímicos, 2) Integrado con dos cultivos de la región y uso racional de agroquímicos, y 3) Agroecológico con tres cultivos comunes en la región, sin uso de agroquímicos y vegetación con flores alrededor del tratamiento para favorecer la incidencia de enemigos naturales, principalmente depredadores y parasitoides (Figura 2). Las características específicas de manejo para cada tratamiento

estuvieron en función de los cultivos hortícolas que se incluyeron en cada ciclo agrícola, los cuales rotaron en los ciclos primavera verano (PV) y otoño invierno (OI). Cada tratamiento se evaluó en parcelas de 25x25 m con cuatro repeticiones (Figura 3).

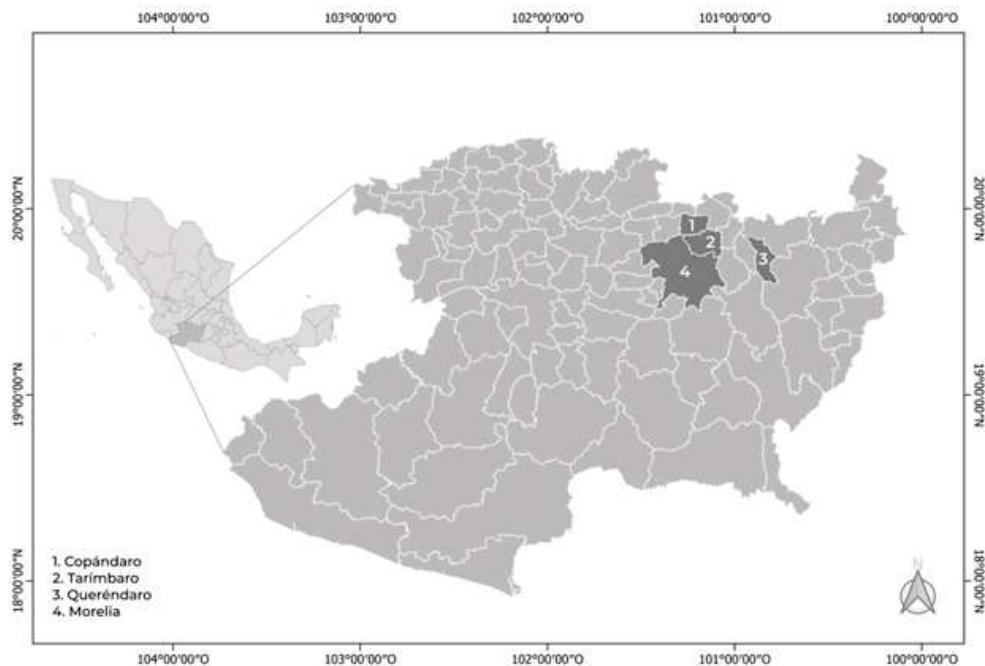


Figura. 1. Ubicación geográfica de Michoacán y municipios de importancia en la producción de hortalizas en el Valle Morelia-Queréndaro-Cuitzeo.

Durante cada ciclo agrícola, al momento de la cosecha, se obtuvieron 24 muestras de suelo en los tres sistemas de producción. Las muestras se procesaron en el laboratorio de agroecología del IIES-UNAM. Se preparó una suspensión madre de suelo y posteriormente se hicieron diluciones 10^{-2} y 10^{-3} que fueron plaqueadas por triplicado en medio de cultivo semiselectivo para hongos entomopatógenos en base a Papa Dextrosas Agar (PDA) más anti-

bióticos (Kessler y Keller, 2003; Enkerli *et al.*, 2004) modificado por el autor. Las cajas Petri se incubaron en obscuridad total durante 5 días a $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Pasado el tiempo se realizó la identificación de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) y estructuras morfológicas de los hongos entomopatógenos utilizando el estereoscopio OLYMPUS SZX7 y de contraste de fases OLYMPUS BX41 (Figura 4).



Figura 2. Sistemas de producción. De izquierda a derecha convencional, integrado y agroecológico

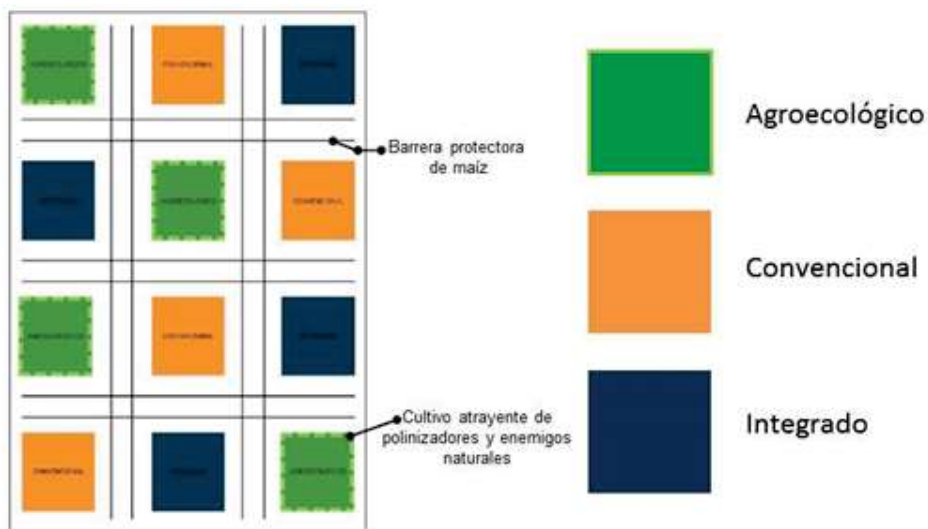


Figura 3. Distribución espacial de los tratamientos.

Para evaluar en una primera fase su potencial como agentes de control biológico, se desarrolló un bioensayo de prueba máxima (Milner, 1992) en larvas de séptimo estadio de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) como insecto modelo susceptible a la infección. El bioensayo se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones y consistió en colocar 10 larvas de *T. molitor* en cajas Petri para cada uno de los aislados. Se incluyeron dos tratamientos testigo, únicamente con medio de cultivo (PDA). Los insectos tratados estuvieron en contacto con los aislados de hongos durante 3 minutos, posteriormente, cada una de las larvas se colocó en recipientes individuales con papel filtro estéril y 150µL de agua destilada estéril (Figura 5) se incubaron a $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Se realizaron observaciones cada tercer día para detectar síntomas de infección y mortalidad. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete STATGRAPHICS Centurion XVI (v.16.1.17).

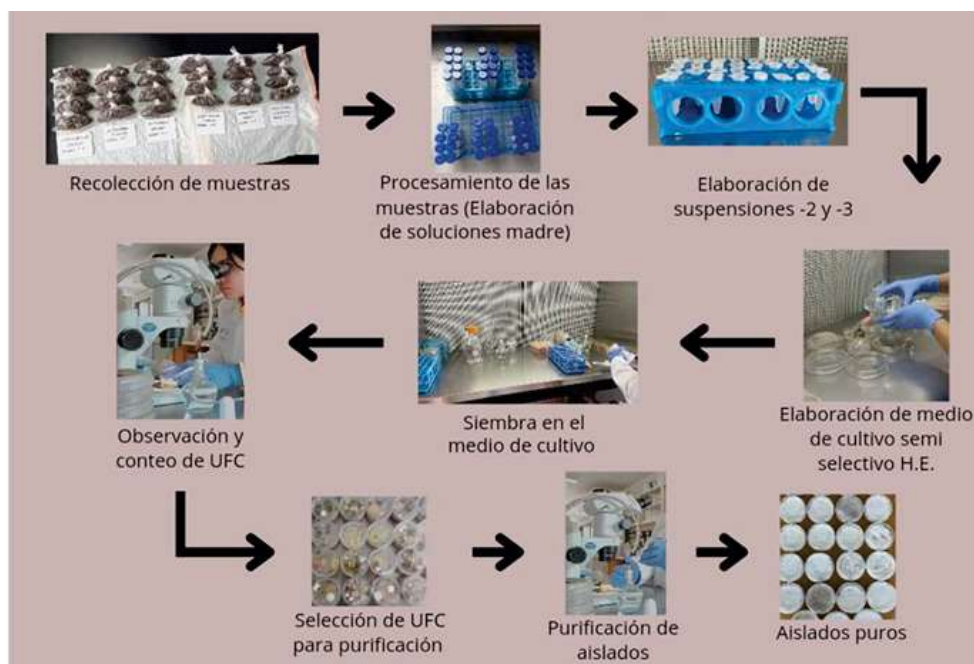


Figura 4. Manejo de muestras de suelo, preparación de medio semi selectivo y aislamiento de hongos entomopatógenos



Figura 5. Bioensayo de prueba máxima en larvas de séptimo estadio de *Tenebrio molitor*.

Resultados y discusión

Características de suelo. El análisis de suelo de la parcela experimental determinó que es de textura arcillosa con características físicas y de fertilidad variables (Cuadro 1).

Es evidente que se trata de un suelo alcalino con muy alto contenido de sales, el porcentaje de materia orgánica fluctúa de moderadamente bajo hasta alto, lo mismo que el contenido de fósforo, mientras que el nitrógeno inorgánico es alto. Por otra parte, como corresponde a un suelo arcilloso, el punto de saturación es alto y es un suelo que presenta compactación.

Cuadro 1. Características generales de suelo en la parcela experimental

Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo
pH	7.2 moderadamente alcalino	8.49 fuertemente alcalino
MO (%)	1.64 moderadamente bajo	3.83 alto
N inorgánico (ppm)	55.27 alto	93.74 alto
P Olsen (ppm)	7.37 bajo	47.21 muy alto
Na (ppm)	365.49 muy alto	604.17 Muy alto
Punto de saturación (%)	55 alto	68 muy alto
Capacidad de campo (%)	41.3	51
Punto de marchitez (%)	21.7	26.8
Densidad aparente (g/cm ³)	0.96	1.04

Con relación a la incidencia y eficacia de los hongos entomopatógenos como agentes de control biológico y su interacción con los factores abióticos del suelo, se ha determinado que los principales factores que afectan su desempeño son la textura, temperatura y humedad, mientras que factores como el pH, capacidad de intercambio catiónico y presencia de sales inorgánicas al parecer no tienen un efecto importante. En contraste, los sistemas de producción y los insumos agrícolas utilizados tienen un mayor impacto sobre las poblaciones de microorganismos (Jaronsky, 2010). Como un ejemplo de lo anterior (Arciga-Guzmán *et al.*, 2019) registraron un bajo porcentaje de infección y mortalidad (0.85%) ocasionado por hongos entomopatógenos en

un total de 350 larvas de *Phyllophaga* colectadas en diversos cultivos en Tarímbaro, Michoacán, durante el ciclo primavera-verano (PV).

Es importante señalar que para las colectas efectuadas en Tarímbaro se seleccionaron preferentemente parcelas que no fueron tratadas con plaguicidas durante el ciclo PV; sin embargo, durante el ciclo agrícola anterior, en otoño-invierno, si se aplicaron plaguicidas, ya que este ciclo se caracteriza por una producción intensiva de hortalizas, en las cuales se utilizan diferentes tipos de herbicidas, fungicidas e insecticidas con efectos residuales. Lo anterior sugiere un efecto negativo de dichos agroquímicos sobre la ocurrencia y densidad de hongos entomopatógenos.

Incidencia de hongos entomopatógenos. La abundancia de hongos entomopatógenos (HEP) aislados de la rizósfera durante los cuatro ciclos de cultivo fue variable (Cuadro 2), estuvo en función de los sistemas de producción, cultivos en evaluación y, como se observó en el cuadro anterior, de las diferencias físicas y de fertilidad del suelo.

Cuadro 2. Incidencia de hongos entomopatógenos en rizósfera de hortalizas

Ciclo de producción	Cultivos	Densidad de HEP (g de suelo seco)	Promedio
P-V 2022	cebolla, col y frijol	$2.92 \times 10^3 - 9.62 \times 10^4$	4.98×10^4
O-I 2022	calabaza, cilantro y cempasúchil	$2.62 \times 10^3 - 1.16 \times 10^5$	2.99×10^4
P-V 2023	jitomate, brócoli y cempasúchil	$2.14 \times 10^5 - 1.17 \times 10^7$	1.14×10^6
PV 2024	chile, lechuga, chícharo y ejote	$3.83 \times 10^4 - 6.45 \times 10^5$	1.19×10^5

Los resultados sobre la incidencia de HEP no registraron diferencias estadísticamente significativas en los ciclos agrícolas, no obstante, se observaron tendencias asociadas al cultivo y sistema de producción. Un ejemplo de lo anterior se presenta en la Figuras 6 y 7.

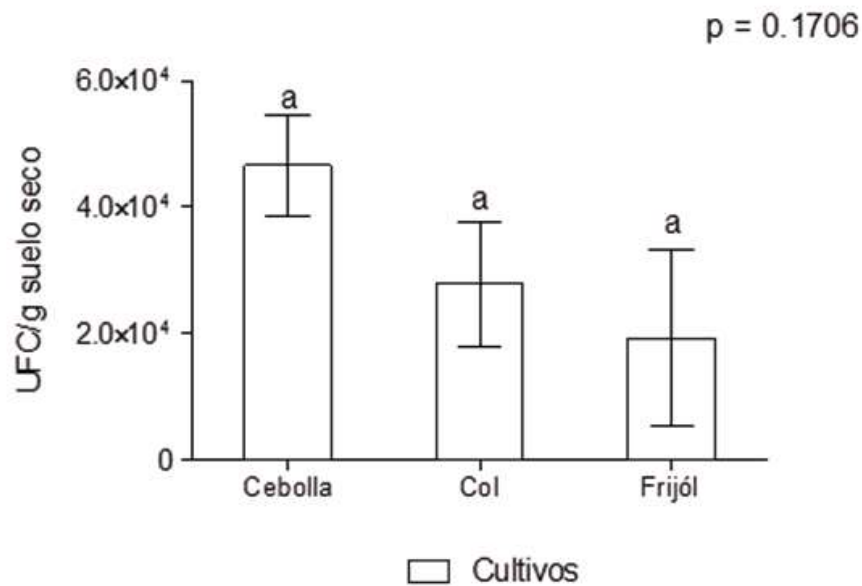


Figura 6. Unidades formadoras de colonias de hongos entomopatógenos en tres cultivos y tres sistemas de producción, ciclo PV-2022. DMS 0.05

Como se observa en la Figura 6, la incidencia de UFC de HEP se asoció principalmente al cultivo de cebolla, más del doble que en el caso de frijol, lo que sugiere una interacción entre los HEP, el cultivo y su microbiota asociada, cuya composición depende en gran medida de los exudados radiculares, como fue demostrado por (Jaronsky, 2010) al investigar la germinación de conidios en diferentes variedades de remolacha azucarera, col y acelgas, así como en exudados de avena, centeno y frijol. Por otra parte, como era

de esperarse, durante el ciclo agrícola PV 2022 (Figura 7) la incidencia de HEP en el sistema de producción agroecológico fue mayor que en el sistema de producción convencional, este último, caracterizado por la aplicación de agroquímicos.

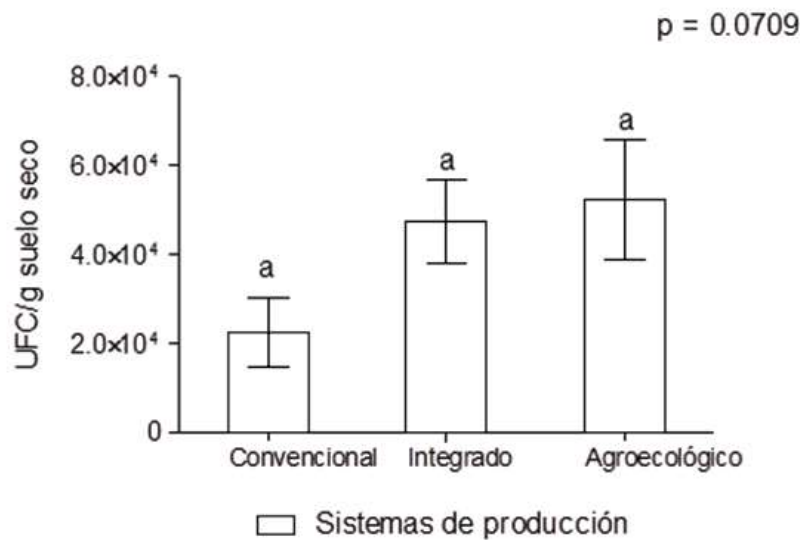


Figura 7. Unidades formadoras de colonias de hongos entomopatógenos en tres sistemas de producción, ciclo PV 2022. DMS 0.05

En contraste, durante el mismo estudio se evaluó la incidencia de hongos antagonistas (*Trichoderma* spp.) y en el ciclo agrícola PV 2024 se registraron diferencias estadísticamente significativas entre cultivos y sistemas de producción (Figuras 8 y 9).

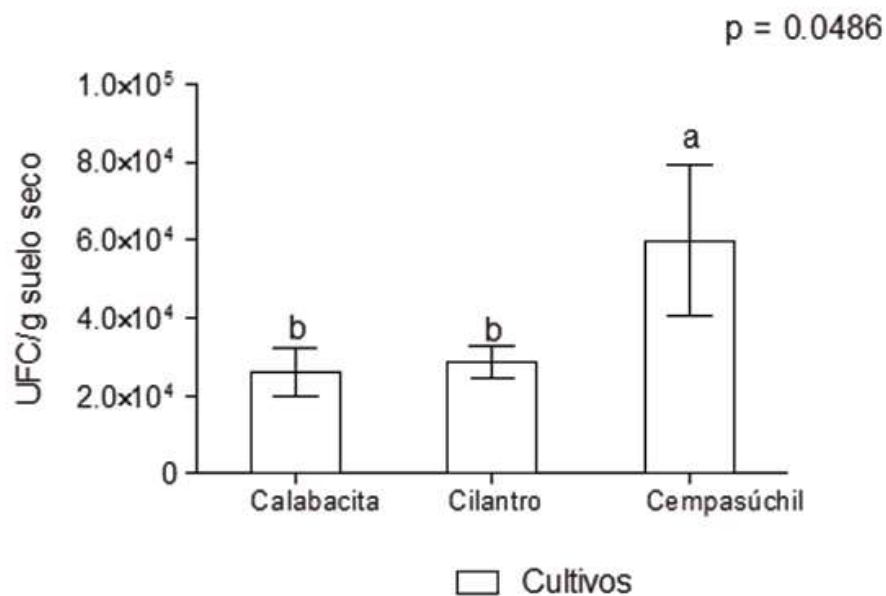


Figura 8. Unidades formadoras de colonias de *Trichoderma* spp., en cuatro cultivos en tres sistemas de producción, ciclo PV 2024. DMS 0.05

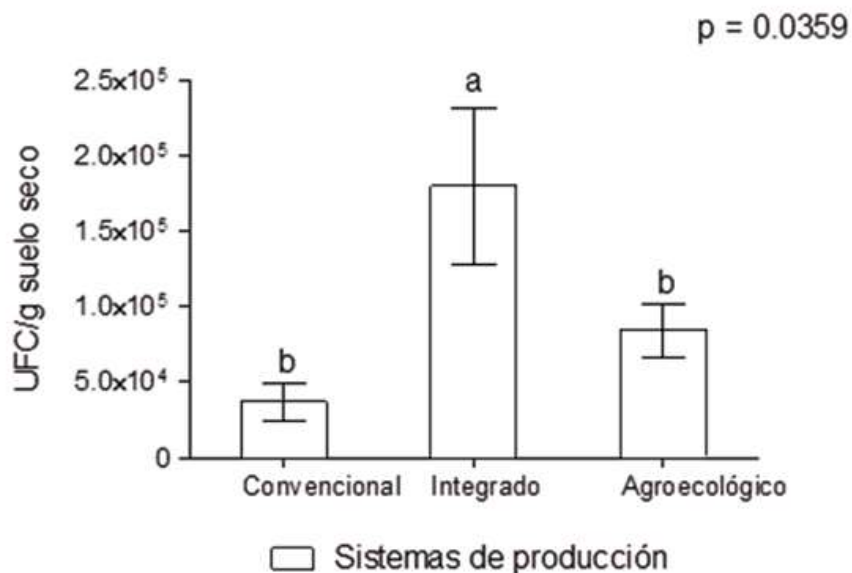


Figura 9. Unidades formadoras de colonias de *Trichoderma* spp., en tres sistemas de producción, ciclo PV 2024. DMS 0.05

En el caso de *Trichoderma* su incidencia fue significativamente mayor en el cultivo de lechuga y sistema de producción integrado. Este género de hongos se encuentra con frecuencia como un elemento dominante en diversos tipos de hábitats debido a su variada capacidad metabólica y naturaleza agresivamente competitiva, tienen requerimientos nutricionales mínimos, gran capacidad para obtener nutrientes, crecen rápidamente y producen diversos metabolitos secundarios, los cuales pueden inhibir el crecimiento de otros microbios. Algunas cepas de *Trichoderma* son capaces de degradar compuestos químicos que se utilizan con frecuencia como plaguicidas en la agricultura (Zavaleta *et al.*, 2015).

De los cuatro ciclos agrícolas en evaluación, se seleccionaron 22 aislados de *Beauveria bassiana*, y 5 de *Metarhizium anisopliae*. La selección estuvo en función de su crecimiento y esporulación en medio de cultivo (PDA).



Figura 10. Larvas de séptimo estadio de *Tenebrio molitor* infectadas con *Beauveria bassiana* (izquierda) y *Metarhizium anisopliae* (derecha).

Selección de aislados de hongos entomopatógenos. El resultado de los bioensayos de prueba máxima en larvas de *T. molitor* indica que de los 22 aislados que fueron evaluados para determinar su potencial como agentes de

control biológico contra plagas rizófagas, fue seleccionado el 77.2% (17 aislados), de los cuales 14 correspondieron a *B. bassiana* y tres a *M. anisopliae*, ya que registraron porcentajes de infección y mortalidad entre el 85 y 100% a los 11 y cuatro días después de la aplicación (DDA) respectivamente (Figura 10). Los aislados seleccionados serán evaluados en una segunda etapa en larvas de insectos rizófagos.

Conclusiones

La conclusión principal del estudio es que los HEP se asocian a diversos sistemas de producción de hortalizas, establecen interacciones con la especie de cultivo y la microbiota asociada a la rizósfera. El establecimiento de los HEP en el suelo requiere de mayor tiempo en comparación a los hongos antagonistas como *Trichoderma*. Los HEP nativos son un recurso para el desarrollo de agentes de control biológico, no obstante, es necesario efectuar la selección de aislados altamente virulentos y persistentes en el ambiente edáfico.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAH-CYT-PRONACES) por el financiamiento al proyecto de investigación titulado “Alternativas agroecológicas integradas para minimizar el uso de plaguicidas en sistemas hortícolas” (clave 316049) del cual esta investigación formó parte. A los compañeros del Laboratorio de Agroecología del IIES-UNAM, así como al personal operativo y docente del CBTA 7 en Copándaro de Galeana, Michoacán. Al Dr. Jorge Contreras Garduño, responsable del insectario de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) campus Morelia por la donación de larvas de *T. molitor* utilizadas en el bioensayo.

Literatura citada

- Altieri, M.A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 19-31.
- Arciga-Guzmán, G., Alcantar-Zuñiga, J.M. y Nájera-Rincón, M.B. (2019). Identificación de estados inmaduros de *Phyllophaga* (Harris, 1827) (Coleoptera: Melolonthidae) y hongos entomopatógenos en diversos cultivos de Tarímbaro, Michoacán. *Entomología Mexicana*, 6: 163-169
- Bejarano-González, F. (2017). Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México. Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México, A. C. 358 p.
- Enkerli, J., Widmer, F. and Keller, S. (2004). Long-term field persistence of *Beauveria brongniartii* strains applied as biocontrol agents against European cockchafer larvae in Switzerland. *Biological Control* 29: 115-123
- Esquivel-Valenzuela, B., Cueto-Wong, JA, Valdez-Cepeda, .D. Pedroza-Sandoval, N.E., Trejo-Calzada, R., Pérez-Veyna, O. (2019). Prácticas de manejo y análisis de riesgo por el uso de plaguicidas en la Comarca Lagunera, México. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 35: 25-33
- García Hernández, J., Leyva Morales, J.B., Martínez Rodríguez, I.E., Hernández Ochoa, M.I., Aldana Madrid, M.L., Rojas García, A.E., Betancourt Lozano, M., Pérez Herrera, E., Perea Ríos, J.H. (2018). Estado actual de la investigación sobre plaguicidas en México. *Rev. Int. Contam. Ambie*. Vol.34 Especial sobre Contaminación y Toxicología por Plaguicidas (CTP), pp. 29-60
- Hernández-Velázquez, V.M., Núñez-Valdez, M.E., Ruiz-Vega, J., Nájera-Rincón, M.B. y Villalobos, F.J. (2010). Uso de Entomopatógenos. En: *Plagas del Suelo*. L.A. Rodríguez del Bosque y M.A. Morón (Eds.). MUNDI-PRENSA, México. pp. 169-186
- Jaronsky, S.T. (2010). Ecological factors in the inundative use of fungal entomopathogens. En: *The ecology of fungal entomopathogens*. H.E. Roy, F.E. Vega, D. Chandler, J.K. Pell y E. Wanjberg (Eds.). Springer-IOBC. pp. 159-185

- Kessler, P.H. Matzke and Keller, S. (2003). The effect of application time and soil factors on the occurrence of *Beauveria brongniartii* applied as biological control agent in soil. *Journal of Invertebrate Pathology* 84: 15-23
- Milner, R.J. (1992). The selection of strains of *Metarhizium anisopliae* for control of Australian sugar-cane white grubs. In: T.A. Jackson y Glare, T.R. (Eds.). *Use of pathogens in scarab pest management*. Andover, UK. Intercept. pp. 209-215
- Nájera-Rincón, M.B., Castro-Ramírez, A. y Aragón, A. (2010). Prácticas Culturales y Físicas. En: *Plagas del Suelo*. L.A. Rodríguez del Bosque y M.A. Morón (Eds.). MUNDI-PRENSA, México. pp. 149-168
- Nájera-Rincón, M.B. y Jackson T.A. (2010). Interacciones Bióticas y Abióticas entre Plagas del Suelo y Entomopatógenos. En: *Plagas del Suelo*. L.A. Rodríguez del Bosque y M.A. Morón (Eds.). MUNDI-PRENSA, México. pp. 97-124
- Pérez, M.A., Navarro, H., Miranda, E. (2013). Residuos de plaguicidas en hortalizas: Problemática y riesgo en México. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 29: 45-64
- SINAVE (2013). Boletín epidemiológico. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Sistema Único de Información. Panorama histórico de morbilidad y mortalidad por intoxicación por plaguicidas en México 1995-2012. 30, 33-35
- Statgraphics Centurion XVI. (2011). Statgraphics Centurion 16.1.17. StatPoint Technologies, INC.
- Williams, T., Arredondo-Bernal, H.C., Rodríguez-del-Bosque, L.A. (2013). Biological Pest Control in Mexico, *Annual Review of Entomology* 58:1, 119-140
- Zaller, J.G. (2020). *Daily Poison Pesticides-an Underestimated Danger*. Springer, Switzerland. 305 p.
- Zavaleta M.E., Bravo, L.L., y Guijón, L.C. (2015). Fitopatógenos con origen en el suelo. En: *Casos de Control Biológico en México*. Vol. 2. Arredondo Bernal H.C. y Rodríguez del Bosque L.A. (Eds.). Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduados, México. Pp. 65-91.
- Zepeda-Jazo, I. (2018). Manejo Sustentable de Plagas Agrícolas en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15: 99-108



Semblanza del M.C. Antonio Marín Jarillo

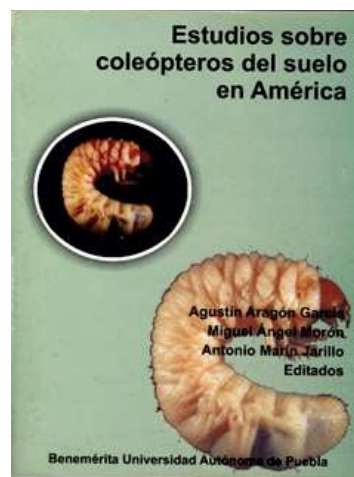
El Distrito Federal ahora Ciudad de México ve nacer a Antonio Marín Jarillo el 22 de febrero del 1949, quien desde edad muy temprana muestra gran interés por los insectos por lo que en el año de 1973 decide ingresar a la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos para cursar la carrera de Biología, para el año 1983 comienza sus estudios de Maestría en Ciencias en Entomología y Acaralogía en el Colegio de Posgraduados.

Marín laboró como ayudante de Investigación en el Laboratorio de Taxonomía de Insectos y Encargado del Insectario de la Rama de Entomología del Colegio de Postgraduados, de septiembre de 1974 a Febrero de 1977, para en ese mismo año ingresar al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (actualmente INIFAP) en el Departamento de Entomología, Sección de Ta-

xonomía de Insectos, como Encargado de la Colección Nacional de Insectos de Importancia Agrícola.

A lo largo de su trayectoria profesional se ha destacado por sus aportaciones en la taxonomía de insectos, así como la identificación de enemigos naturales principalmente coccinelidos. Su compromiso y trabajo se ha visto reflejado en aportaciones sobre la ecología y biología de insectos para programas de manejo integrado de plagas, además de la conservación de la Colección Nacional de Insectos del INIFAP, siendo la más grande a nivel nacional en insectos de importancia agrícola. Ha colaborado con investigadores del INIFAP de diversos campos experimentales, en la identificación taxonómica de su material biológico, contribuyendo así a la formación de las COLECCIONES ENTOMOLOGICAS REGIONALES que han sido una herramienta fundamental para organizar programas de manejo integrado de plagas para diversas regiones agroecológicas de México, tal es el caso de la colección regional de insectos plaga de cultivos en Jalisco. Ha participado muy activamente en el desarrollo de proyectos nacionales sobre manejo integrado de plagas como: el pulgón amarillo en sorgo, la chinche café en sorgo y con insectos vectores de enfermedades virales en hortalizas, principalmente con ParatRIOZA (*Bactericera cockerelli*), entre otros. Ha contribuido a la identificación de las gallinas ciegas de importancia económica de diversas regiones del país, siempre apoyado por el Dr. Miguel Angel Morón Ríos; ha organizado, junto con el Dr. Agustín Aragón García y el Dr. Miguel Angel Morón Ríos, la Reunión de la Mesa Redonda de Plagas de Suelo realizada en San Miguel de Allende, Gto., en 2003 y ha participado como ponente en el evento de esta especialidad en 2014 en Guadalajara.

En el marco de la XII Reunión Nacional sobre Plagas de Suelo, colegas investigadores y amigos deseamos reconocer su esfuerzo y dedicación. Muchas gracias, Antonio Marín Jarillo.



*Coleópteros edafícolas
y microorganismos asociados:
diversidad y ecología*

Editores:
Agustín Aragón García
Miguel B. Nájera Rincón

Marzo 2025

Libro en PDF
13.64 MB

