



Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



Agricultura
Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural



COLEGIO DE POSTGRUADOS
CAMPUS MONTECILLO
POSGRADO EN FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

Avances de Investigación LGAC Fitosanidad 2025

MEMORIA



Foto: José Martínez Ortega



Foto: Martín Palomares Pérez



Foto: Estudiantes de Fitosanidad 2024



Foto: Diana Laura Vázquez



Foto: Olivia Nabor Romero

EDITORES

ADRIANA ACEVEDO ALCALÁ

JOSÉ MARTÍNEZ ORTEGA

LAURO SOTO ROJAS

REBECA ALEJANDRA URBINA ROMERO

SAMUEL ARAUJO CASTILLO

COMITÉ ORGANIZADOR

ADRIANA ACEVEDO ALCALÁ

ALEXIS GARCÍA RICO

CARLOS CASTILLO CABRERA

CLAUDIA CONTRERAS ORTÍZ

J. REFUGIO LOMELÍ FLORES

JOSÉ MARTÍNEZ ORTEGA

LAURO SOTO ROJAS

LIZETTE ANALÍ SÁNCHEZ ROSAS

MARIO MEJÍA MANDUJANO

REBECA ALEJANDRA URBINA ROMERO

SAMUEL ARAUJO CASTILLO

SARAÍ CORONA SÁNCHEZ

DISEÑO DE PORTADA:

ALFONSO NARES VALLE

MONTECILLO, TEXCOCO, MÉXICO, 4 DE JULIO DE 2025

CITA POR RESUMEN

Corona-Sánchez S., Santillán-Galicia M. T., Rodríguez-Leyva E., Tejeda-Reyes M. A. 2025. Comparación de los atributos biológicos y reproductivos de *Tetranychus merganser* y *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae). En: Acevedo-Alcalá A., Martínez-Ortega J., Soto-Rojas L., Urbina-Romero R. A., Araujo-Castillo S. (Eds.). Memoria de Avances de Investigación LGAC Fitosanidad 2025, 2025. Texcoco, México. Pp 36-41

ES RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES EL USO DE LAS ILUSTRACIONES, EL MATERIAL GRÁFICO Y EL CONTENIDO CREADO PARA ESTA PUBLICACIÓN.

**AVANCES DE INVESTIGACIÓN LGAC– POSGRADO EN FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

PRESENTACIÓN

La presente memoria compila los resúmenes de los proyectos de investigación desarrollados por estudiantes de maestría y doctorado del posgrado en Fitosanidad, programa de Entomología y Acarología, del Colegio de Postgraduados. Este documento forma parte de una estrategia institucional orientada a la difusión de los avances científicos generados durante la formación de recursos humanos altamente especializados en el estudio de insectos y ácaros de interés científico y aplicado.

En la edición 2025 de Avances de Investigación se integraron 21 contribuciones, las cuales evidencian el enfoque multidisciplinario del programa y la aplicación de metodologías tanto cuantitativas como cualitativas en la generación de conocimiento original. Los trabajos presentados abordan temáticas prioritarias en la Entomología y Acarología contemporánea.

Los contenidos de esta memoria se organizan en cinco ejes temáticos que reflejan la diversidad de enfoques empleados en el estudio de artrópodos. En control biológico, se presentan evaluaciones de parasitoides y depredadores con potencial en programas de manejo integrado de plagas. La sección de diversidad y sistemática incluye estudios enfocados en la identificación taxonómica y el análisis de comunidades de insectos y ácaros en distintos agroecosistemas. En dinámica poblacional, se analizan patrones temporales y su relación con variables ambientales y prácticas de manejo. El eje de efectos de prácticas agrícolas y productos contempla ensayos sobre el impacto de insecticidas, cultivos trampa y estrategias de manejo del hábitat. Finalmente, en tecnologías aplicadas a la entomología, se incorporan herramientas como microscopía electrónica, biología molecular, análisis morfológicos y registros geoespaciales para fortalecer la caracterización y el monitoreo de especies.

El conjunto de trabajos refleja la pertinencia del programa en la atención de problemáticas contemporáneas relacionadas con insectos y ácaros, tanto en contextos agrícolas como en sistemas urbanos, naturales y experimentales. Asimismo, muestra su alineación con los principios del manejo integrado de plagas, la conservación de la biodiversidad y la sustentabilidad de los ecosistemas. Además, destaca el uso riguroso del método científico y la integración progresiva de enfoques innovadores, como la biología molecular, el modelado ecológico y el análisis espacial.

Esta memoria tiene como propósito no solo documentar el avance individual de los proyectos, sino también ofrecer un panorama actualizado de las líneas de investigación activas en el área, facilitando la articulación entre estudiantes, docentes y redes de colaboración científica.

Comisión de Avances de Investigación
Posgrado en Fitosanidad - Entomología y Acarología

CONTENIDO

SECCIÓN: CULTIVOS BÁSICOS.....	1
DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE ACCIÓN CONTRA <i>Spodoptera frugiperda</i> (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EN UNA VARIEDAD ENANA DE MAÍZ EN LA CIÉNEGA, JALISCO.....	1
SECCIÓN: HORTALIZAS/FRUTAL	6
BIOLOGÍA Y PARÁMETROS POBLACIONALES DE <i>Anagyrus tristis</i> (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE) EN <i>Phenacoccus madeirensis</i> (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE).....	6
TOXICIDAD ORAL DE EXTRACTOS VEGETALES COMERCIALES SOBRE <i>Anagyrus tristis</i> (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE)	12
SECCIÓN: HORTALIZAS.....	18
TIEMPO DE DESARROLLO, LONGEVIDAD Y TAMAÑO DE PUPAS DE <i>Plutella xylostella</i> (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) ALIMENTADAS EN BRASICÁCEAS SILVESTRES Y CULTIVADAS	18
FACTORES DE MORTALIDAD DE <i>Plutella xylostella</i> (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) EN BRÓCOLI EN TEPEACA, PUEBLA.....	24
SECCIÓN: ACAROLOGÍA	30
IDENTIFICACIÓN Y CICLO DE VIDA DE <i>Aceria cactorum</i> (ACARI: ERIOPHYIDAE) EN NOPAL EN EL ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO	30
COMPARACIÓN DE LOS ATRIBUTOS BIOLÓGICOS Y REPRODUCTIVOS DE <i>Tetranychus</i> <i>merganser</i> y <i>Tetranychus urticae</i> (TROMBIDIFORMES: TETRANYCHIDAE).....	36
ÁCAROS ORIBÁTIDOS DE LA CORTEZA DE <i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schltl. y Cham., 1830 (PINACEAE): MORFOLOGÍA VARIABLE Y ADAPTACIONES EN ESPECIES REPRESENTATIVAS.....	42
TAXONOMÍA INTEGRATIVA DEL ÁCARO <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (ACARI: TARSONEMIDAE) DE DIVERSAS REGIONES BIOGEOGRÁFICAS Y REQUERIMIENTOS TÉRMICOS PARA SU DESARROLLO.....	48
SUSCEPTIBILIDAD DE <i>Dolichotetranychus floridanus</i> (ACARI: Tenuipalpidae) A LA INFECCIÓN POR HONGOS ENTOMOPATÓGENOS Y A LA DEPREDACIÓN POR <i>Neoseiulus californicus</i> ...	55
SECCIÓN: ENTOMOPATÓGENOS.....	62
HONGOS ENTOMOPATÓGENOS Y SU POTENCIAL PARA COMBATIR <i>Anthonomus eugenii</i> (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)	62
INTERACCIÓN ENTRE HONGOS Y NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS EN LARVAS Y ADULTOS DE <i>Scyphophorus acupunctatus</i> (COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE).....	68
CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y PATOGENICA EN <i>Beauveria</i> Y <i>Metarhizium</i> INDUCIDOS POR SUBCULTIVOS SUCESIVOS E INFECCIÓN EN DIFERENTES HOSPEDEROS	73
SECCIÓN: TAXONOMÍA.....	79

LAS AVISPAS AGALLADORAS DEL GÉNERO <i>QUERCUS</i> EN CINCO ZONAS DE ESTUDIO DEL ESTADO DE MÉXICO (HYMENOPTERA: CYNIPIDAE)	79
BRÚQUIDOS (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) DE HONDURAS	85
PROPORCIÓN SEXUAL COMO INDICADOR DE IDENTIDAD BIOLÓGICA EN <i>Chelonus insularis</i> Y <i>C. sonorensis</i> , PARASITOIDES DE <i>Spodoptera frugiperda</i>	91
SECCIÓN: FRUTAL	98
HONGOS ASOCIADOS AL ESCARABAJO AMBROSIAL <i>Corthylus flagellifer</i> (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN HUERTO DE AGUACATE EN NUEVO PARANGARICUTÍRO, MICHOACÁN	98
ACTIVIDAD DE VUELO Y DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE <i>Xylosandrus compactus</i> (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) EN LA SIERRA NEGRA DE MÉXICO ...	104
SECCIÓN: MÉTODOS ALTERNATIVOS DE COMBATE	112
QUÍMICA EN LA SUPERFICIE: HIDROCARBUROS CUTICULARES Y SU RESPUESTA A LA IRRADIACIÓN EN <i>Drosophila suzukii</i> (DIPTERA: DROSOPHILIDAE)	112
INTERFERENCIA DE INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE LA QUITINA EN EL DESARROLLO DE <i>Periplaneta americana</i>	117
CAMBIOS EN LA EXPRESIÓN GÉNICA DE <i>Ceratitis capitata</i> (DIPTERA: TEPHRITIDAE) INDUCIDOS POR AROMATERAPIA: COMPARACIÓN ENTRE MACHOS SILVESTRES Y CSG VIENNA-8.	124
CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO DE BACTERIAS ASOCIADAS A LA HORMIGA <i>Atta mexicana</i> (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) COMO AGENTES ANTIMICROBIANOS SOBRE BACTERIAS Y HONGOS FITOPATÓGENOS.....	129

SECCIÓN: CULTIVOS BÁSICOS

DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE ACCIÓN CONTRA *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EN UNA VARIEDAD ENANA DE MAÍZ EN LA CIÉNEGA, JALISCO

Job Alfonso López de Santa Ana Pimienta^{1*}, Néstor Bautista Martínez¹, Jorge Manuel Valdéz Carrasco¹, Omar Hernández Romero¹.

Colegio de Postgraduados. Posgrado en Fitosanidad, Entomología y Acarología. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Municipio de Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

*Autor para correspondencia: jobalfonso@outlook.com

INTRODUCCIÓN

El uso de niveles y umbrales de acción ha transformado el manejo integrado de plagas agrícolas al permitir la toma de decisiones oportunas y eficientes. Stern *et al.* (1959) introdujeron el concepto de umbral económico como la densidad poblacional mínima de una plaga que justifica el costo de las medidas de control, y el umbral de acción como el punto en el que deben implementarse dichas medidas para evitar daños económicos. Este enfoque ha sido particularmente útil en el caso de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), plaga clave del cultivo de maíz (*Zea mays* L. en América Latina, capaz de generar pérdidas de hasta 60 % del rendimiento (Hernández-Trejo *et al.*, 2018).

La literatura sobre umbrales de acción de *S. frugiperda* presenta una alta variabilidad metodológica: se reportan diferentes métricas de infestación (larvas/planta, porcentaje de defoliación, daño en elote), sin estandarización clara sobre los estados fenológicos del cultivo ni los estadios larvarios del insecto evaluados (Overton *et al.*, 2021). Esta falta de coherencia dificulta la interpretación de los resultados y la aplicación práctica de los umbrales. Además, los estudios rara vez consideran la presencia de otras plagas o factores que también inciden en las pérdidas de rendimiento, lo que puede inducir a una sobreestimación de los daños atribuibles a *S. frugiperda* (Willoquet *et al.*, 2004).

En la región de La Ciénega, Jalisco, una de las principales zonas productoras de maíz en el estado, no se cuenta con datos localmente validados que permitan establecer umbrales de acción específicos para variedades de porte bajo, comúnmente utilizadas en sistemas tecnificados. Considerando que las decisiones de manejo deben adaptarse a las condiciones agroecológicas

locales, se vuelve fundamental generar información que permita a los productores responder con mayor precisión ante la presión de esta plaga.

El presente estudio tuvo como objetivo generar información técnica confiable para determinar el umbral de acción de *S. frugiperda* en variedades de porte bajo de maíz, considerando variables como el rendimiento, el porcentaje de daño en follaje y elote, y los costos asociados al manejo de la plaga. Asimismo, se buscó establecer un protocolo de muestreo eficaz y fortalecer las capacidades locales de los productores mediante su capacitación en la identificación del momento oportuno para aplicar medidas de control, contribuyendo así a un manejo integrado más sostenible y contextualizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en La Barca, Jalisco, durante el ciclo agrícola 2024. Esta región destaca por su alta producción de maíz, representando el 58.85 % del valor agrícola regional y el 12.41 % del total estatal (IIEG, 2023).

Se evaluaron siete tratamientos con diferentes niveles de infestación de *S. frugiperda*, utilizando como material vegetal una variedad de porte bajo, Delfín (Asgrow), desarrollada para sistemas de producción tecnificada y de buen comportamiento en la región por su arquitectura compacta, buen llenado de mazorca y tolerancia a estrés hídrico. Como tratamiento testigo, se incluyó la variedad comercial Antílope (Asgrow), una de las más utilizadas por productores de la zona debido a su rendimiento constante y alta adaptación local.

La infestación consistió en la aplicación dirigida de larvas en estadios L1–L2, provenientes de cría controlada, sobre plantas con una altura promedio de 20 cm, correspondientes al estado fenológico V3. Se aplicaron tres repeticiones por tratamiento, en un diseño completamente al azar. La unidad experimental tuvo una superficie de 115 m². Los niveles de infestación aplicados y el número de plantas infestadas por parcela útil se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Niveles de infestación aplicados de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz de porte bajo para la determinación del umbral de acción en La Ciénega, Jalisco.

Tratamiento	Nivel de infestación (%)	Número de plantas infestadas (parcela útil: 400 plantas)
T1	0	0
T2	5	20
T3	10	40
T4	15	60
T5	20	80
T6	25	100
Testigo local (Antílope)	0	0

† Las infestaciones se realizaron con larvas L1–L2 provenientes de cría controlada, aplicando entre 2 y 4 larvas por planta al alcanzar el estado fenológico V3. Cada tratamiento se replicó tres veces en un diseño completamente al azar. Se realizaron tres evaluaciones cada 20 días. Se muestrearon 100 plantas por tratamiento para estimar daño en follaje y elote. Además, se encuestó a 10 productores para estimar el valor comercial del maíz y los costos de manejo. El análisis estadístico se realizó en R v4.0.2 con ANOVA y prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), lo que indica que el nivel de infestación de *S. frugiperda* afecta directamente el rendimiento del maíz de porte bajo. El tratamiento T1 (0 % de infestación) registró el mayor rendimiento, con un peso ajustado promedio de 14.30 kg por cada 100 mazorcas, lo que se tradujo en un rendimiento estimado de 13,653.99 kg ha⁻¹. En contraste, el tratamiento T5 (25 % de infestación) mostró una drástica reducción del rendimiento, alcanzando apenas 5.46 kg por cada 100 mazorcas, equivalente a 5,253.93 kg ha⁻¹. La variedad testigo comercial Antílope (sin infestación inducida) presentó un rendimiento intermedio, con 12.34 kg por 100 mazorcas y un estimado de 11,864.60 kg ha⁻¹. La tendencia general mostró una disminución progresiva del rendimiento a medida que aumentó el

porcentaje de infestación. Los valores promedios por tratamiento y su correspondiente rendimiento estimado se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Rendimiento promedio de maíz bajo distintos niveles de infestación de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en variedades de porte bajo en La Ciénega, Jalisco.

Tratamiento (infestación)	Peso ajustado al 14 % de humedad (kg)	Rendimiento estimado (kg ha ⁻¹)
T1 (0 %)	14.30	13,653.99
T2 (5 %)	13.13	12,549.47
T3 (10 %)	12.10	11,359.49
T4 (15 %)	10.66	10,167.55
T5 (25 %)	5.46	5,253.93
Antílope (testigo)	12.34	11,864.60

† Valores obtenidos como promedio de cuatro repeticiones por tratamiento. El rendimiento estimado se extrapoló a hectárea comercial. Se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (ANOVA, $p \leq 0.05$), con separación de medias mediante la prueba de Tukey.

La prueba de Tukey indicó diferencias estadísticas claras entre los tratamientos extremos (T1 vs T5), mientras que T2 y T1 no difirieron significativamente, sugiriendo que infestaciones del 5 % no afectan de forma crítica el rendimiento. Por el contrario, niveles superiores al 15 % ya muestran reducciones importantes. Estos resultados permiten establecer que el umbral de acción para *S. frugiperda* en variedades de porte bajo se encuentra entre 5 y 10 % de infestación. Este hallazgo es consistente con estudios previos, aunque en contextos agroecológicos distintos (Overton *et al.*, 2021). El uso de un umbral adaptado localmente puede optimizar el uso de insecticidas y reducir costos sin comprometer el rendimiento.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al SECIHTI por la beca otorgada al estudiante y al Colegio de Postgraduados por el apoyo logístico. Esta investigación fue posible gracias al proyecto de investigación institucional sobre plagas clave del maíz en la Región de la Ciénega.

LITERATURA CITADA

- Hernández-Trejo A, Osorio-Hernández E, López-Santillán JA, Ríos-Velasco C, Varela-Fuentes SE, Rodríguez-Herrera R. 2018. Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Agro Productividad* 11: 9–14.
- IIEG (Instituto de Información, Estadística y Geografía de Jalisco). 2023. Ciénega, Diagnóstico de la Región. Disponible en: <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2023/08/Cienega.pdf> (Consulta: julio 2024).
- Kahneman D, Knetsch JL, Thaler RH. 1991. Anomalies: the endowment effect, loss aversion, and status quo bias. *Journal of Economic Perspectives* 5 (1): 193–206. <https://doi.org/10.1257/jep.5.1.193>
- Overton K, Maino JL, Day R, Umina PA, Bett B, Carnovale D, Ekesi S, Meagher R, Reynolds OL. 2021. Global crop impacts, yield losses and action thresholds for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): A review. *Crop Protection* 145: 105641. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105641>
- Stern VM, Smith RF, Van Den Bosch R, Hagen KS. 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid: the integrated control concept. *Hilgardia* 29 (2): 81–101. <https://doi.org/10.3733/hilg.v29n02p081>
- Tay TW, Meagher RL, Czapak C, Groot AT. 2023. *Spodoptera frugiperda*: Ecology, evolution, and management options of an invasive species. *Annual Review of Entomology* 68: 299–317. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031122-035343>
- Wan J, Huang C, Li C, Zhou H, Ren Y, Li Z, Xing L, Zhang J, *et al.* 2021. Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Integrative Agriculture* 20 (3): 646–663. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63176-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63176-3)
- Willoquet L, Elazegui FA, Castilla N, Fernández L, Fischer KS, Peng SB, Teng PS, Srivastava RK, Singh HM, Zhu D, Savary S. 2004. Research priorities for rice pest management in tropical Asia: A simulation analysis of yield losses and management efficiencies. *Phytopathology* 94 (7): 672–682. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.7.672>

SECCIÓN: HORTALIZAS/FRUTAL

BIOLOGÍA Y PARÁMETROS POBLACIONALES DE *Anagyrus tristis* (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE) EN *Phenacoccus madeirensis* (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)

Adriana Acevedo-Alcalá ^{1*}, Esteban Rodríguez-Leyva ¹, J. Refugio Lomeli Flores ¹, Ariel W. Guzmán-Franco ¹,
Julio C. Velázquez-González ².

¹Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fitosanidad, Montecillo, 56264 Texcoco, Estado de México, México.

²Koppert México, Circuito norte 82, parque industrial El Marqués, 76246 El Marqués, Querétaro, México.

*Autor de correspondencia: acevedo.adri.alcala@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Phenacoccus madeirensis Green (Hemiptera: Pseudococcidae) es una especie cosmopolita, polífaga e invasiva, con alrededor de 170 plantas hospedantes, principalmente ornamentales y hortalizas (García Morales *et al.*, 2016). Todos los estadios, excepto los machos en pupa y adulto, se alimentan de savia que causan debilitamiento, daño foliar y su presencia en los cultivos provoca rechazo comercial (Mani y Shivaraju, 2016). Aunque el control químico es una de las tácticas más empleadas (Mani y Shivaraju, 2016), su eficiencia es limitada debido a los hábitos crípticos y comportamiento de los piojos harinosos (Venkatesan *et al.*, 2016). El control biológico, clásico y por aumento, es una de las tácticas más eficaces para el control de piojos harinosos en el mundo (Mani y Shivaraju, 2016). *P. madeirensis* tiene 12 especies de depredadores y 31 especies de parasitoides (García Morales *et al.*, 2016); sin embargo, la biología y potencial de reproducción de la mayoría de estos parasitoides no se ha descrito sobre esta plaga. Esta falta de información limita la selección de especies con potencial para programas de control biológico. *Anagyrus tristis* Noyes y Hayat (Hymenoptera: Encyrtidae) se reportó recientemente como parasitoide de *P. madeirensis* en México (Acevedo-Alcalá *et al.*, 2024); este parasitoide sólo se había registrado en Indonesia, sobre el género *Rastrococcus* Ferris (Noyes y Hayat, 1994), y en China en *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) (Chen *et al.*, 2021). No existe información de la biología de *A. tristis* y tampoco de su potencial reproductivo. El objetivo de este trabajo fue determinar la aptitud biológica y parámetros demográficos de *Anagyrus tristis* en *P. madeirensis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Phenacoccus madeirensis se estableció en plantas de verdolaga en laboratorio (25 ± 9 °C, $70 \pm 10\%$ HR). La cría de *A. tristis* se estableció con adultos obtenidos de invernadero y cada tercer

día se ofrecían 30 ninfas de tercer ínstar y adultas de *P. madeirensis* para mantener la colonia. Las arenas experimentales consistieron en cajas de Petri ($\Theta = 7$ cm). A las tapas se les realizó un orificio ($\Theta = 1$ cm) que se cubrió con organza para permitir la ventilación; también se realizó un orificio lateral ($\Theta = 3$ mm) para insertar el peciolo de un brote de verdolaga, y colocar éste en un Eppendorf con agua para mantener la turgencia. Todos los ensayos se desarrollaron en laboratorio y se mantuvieron a 25 ± 2 °C, $75 \pm 5\%$ HR y 12:12 h L: O.

Tiempo de desarrollo y estados inmaduros. En una arena experimental se expusieron 20 individuos de *P. madeirensis* a cinco parejas de *A. tristis* por 3 h (las cinco hembras con experiencia en oviposición). Después de ese tiempo se retiró a los parasitoides y se realizaron disecciones de los piojos cada 8 h, sobre un porta objetos, para determinar el tiempo de incubación y desarrollo larval. El resto de los piojos harinosos se mantuvieron en condiciones controladas y cada 8 h se verificó la formación de la pupa y emergencia de adultos. Para determinar los ínstares larvales se utilizó una metodología similar a la anterior, solo que se realizaron disecciones a las 24 h y una a las 60 h. Para caracterizar el desarrollo, se tomaron fotografías de los inmaduros y se midieron con el programa Image J. **Fecundidad.** En cada arena experimental se colocó una hembra (apareada y de 24 h de edad sin experiencia en oviposición) y un macho del parasitoide. Diariamente se ofrecieron 15 ninfas (3er ínstar) y hembras adultas de *P. madeirensis*, hasta la muerte de la hembra. Los huéspedes parasitados se mantuvieron en las condiciones ambientales ya descritas y se evaluó el parasitismo siete días después. Las pupas se individualizaron, se etiquetaron y diariamente se registró los piojos parasitados y adultos emergidos de cada hembra. **Supervivencia, proporción sexual y longevidad.** De la cría del parasitoide se tomó una muestra aleatoria para evaluar el porcentaje de emergencia y la proporción sexual. Se registró el número de parasitoides emergidos por pupa y el sexo de cada uno. Para evaluar la longevidad de machos y hembras de *A. tristis* se colocó una avispa recién emergida, menor de 12 h de edad, en un tubo Eppendorf con ventilación. Se establecieron tres tratamientos: gotas de miel, hembra adulta de piojo harinoso y agua en un algodón saturado. Diariamente se realizaron dos observaciones de las unidades y se registró la fecha de muerte de cada uno de los parasitoides. Cada tratamiento tuvo al menos 20 adultos y se realizaron 3 repeticiones. **Análisis.** Los datos de longevidad y dimensiones de los inmaduros se analizaron mediante un análisis de varianza, donde no se cumplieron los supuestos de homogeneidad y normalidad se realizó un análisis no paramétrico por el método de Kruskal-Wallis,

y una comparación de medias por el método Bonferroni. Para determinar los instares larvales se realizó un análisis de componentes principales (PCA). Con los datos de fecundidad, tiempo de desarrollo y supervivencia se construyó una tabla de vida y fertilidad y se estimaron los parámetros demográficos. Los análisis se realizaron en el programa estadístico R Studio V. 4.2.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tiempo de desarrollo y estados inmaduros. El huevo es de tipo encirtiforme y tiene un periodo de incubación de 56 ± 1.24 h. El desarrollo larval y pupal tuvo una duración de 4.23 ± 0.16 y 10.20 ± 0.9 d, respectivamente. El tiempo de desarrollo de *A. tristis* fue de 16.76 ± 0.29 d. Además, los instares larvales tuvieron diferencias significativas en el largo ($\chi^2 = 76.53$, DF = 4, $P \leq 0.0001$) y ancho ($\chi^2 = 78.54$, DF = 4, $P \leq 0.0001$) y esto permitió la determinación de cinco instares larvales. **Fecundidad.** La mayor tasa de oviposición y parasitismo de *A. tristis* se registró durante los primeros siete días de vida, y ésta disminuyó conforme incrementaba la edad del parasitoide. Aproximadamente el 50 % del total de huevos se colocó durante los primeros 6 d de vida y el 80% durante los 12 d. Una hembra parasitó 22.20 ± 1.75 piojos. **Supervivencia, proporción sexual y longevidad.** La supervivencia fue del 90%. En promedio emergieron 2.59 ± 0.10 parasitoides de una pupa y la proporción sexual fue 1:2 (σ^7 : σ^8). Las hembras y machos de *A. tristis* tuvieron diferente longevidad dependiendo de los tratamientos ($\chi^2 = 144.27$, DF = 5, $P < 0.0001$). Los parasitoides con disponibilidad de miel tuvieron mayor longevidad (20.61 ± 1.16 d), en comparación con aquellos que solo tuvieron agua o huésped (2.34 ± 0.08 y 2.32 ± 0.14 d, respectivamente). Las hembras de *A. tristis* alimentadas con miel vivieron más tiempo en comparación con los machos (σ^8 : 23.76 ± 1.76 d vs σ^7 : 17.45 ± 1.36 d). Además, se infirió que *A. tristis* no se alimentó sobre el huésped porque la presencia de éste no prolongó la longevidad de hembras. **Parámetros demográficos.** Durante una generación una hembra de *A. tristis* puede dejar 35.33 hijas (R_0); el tiempo medio de generación (T) fue de 20.63 d, y esta tuvo una tasa intrínseca de incremento (r_m) de 0.17. Además, el tiempo para duplicar la población (DT) fue de 4.01 d y la tasa finita de incremento (λ) fue de 1.18.

Antes de este trabajo no había información de biología y potencial reproductivo de *A. tristis*. En general la biología básica de ésta fue similar a otras especies de *Anagyrus*. El tiempo de desarrollo de *A. tristis* fue de 16 d, mientras que para *A. ananatis* y *A. dactylopii* fue mayor a 20 d

en diferentes especies de pseudocóccidos (Shaobo, 1993; González-Hernández *et al.*, 2005). *Anagyrus tristis* obtuvo una fecundidad similar a otras especies como *A. ananatis*, y *A. pseudococcidae*, que se manifestó en el parasitismo de 27 y 25 piojos, respectivamente (Avidov *et al.*, 1997; González-Hernández *et al.*, 2005). La proporción sexual de *A. tristis* (0.66) fue favorable a las hembras, como se ha reportado para otras especies de *Anagyrus* (Chong y Oetting, 2007). En parasitoides gregarios esta proporción se asocia al apareamiento múltiple, para impedir que los últimos óvulos sean ovipositados sin fertilizar (Ridley, 1993; Sagarra *et al.*, 2002); además, los parasitoides colocan descendencia femenina en huéspedes grandes y descendencia masculina en huéspedes pequeños (Godfray 1994). La longevidad de *A. tristis* aumentó con el consumo de miel, esto ya se documentado en muchas especies de parasitoides, como *Anagyrus sp. nr. pseudococci*, *A. kamali*, *A. ananatis* (González-Hernández *et al.*, 2005; Suma *et al.*, 2012). Esta fuente de carbohidratos aporta energía suficiente para mantener funciones vitales y reservar glucógeno para optimizar los atributos biológicos, como volar, parasitar y sobrevivir (Strand y Casas, 2008). Con este trabajo se describió la biología y el potencial reproductivo de *A. tristis* sobre *P. madeirensis* en laboratorio; ahora es recomendable que se continúen ensayos de invernadero y campo para determinar su potencial como posible agente de control biológico de *P. madeirensis* en agricultura protegida o campo abierto.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) México, por la asignación de una beca de doctorado a la primera autora (CVU 926178). Al M.C. Jorge Manuel Valdez Carrasco por la toma y procesamiento de fotografías.

LITERATURA CITADA

- Acevedo-Alcalá A, Lomeli-Flores JR, Rodríguez-Leyva E, Guzmán-Franco AW, Velázquez-González JC. 2024. First record of *Anagyrus tristis* (Hymenoptera Encyrtidae) from Mexico. *Bulletin of Insectology*, 77(2): 299-305.
- Avidov Z, Rössler Y, Rosen D. 1967. Studies on an Israel strain of *Anagyrus pseudococci* (Girault) [Hym., Encyrtidae]. II. Some biological aspects. *Entomophaga*, 12: 111-118.

- Chen HY, Li HL, Pang H, Zhu CD, Zhang YZ. 2021. Investigating the Parasitoid community associated with the invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis* in Southern China. *Insects*, 12(4): 290.
- Franco JC, Zada A, Mendel Z. 2009. Novel approaches for the management of mealybug pests. *Biorational control of arthropod pests: application and resistance management*: 233-278.
- García Morales M, Denno BD, Miller DR, Miller GL, Ben-Dov Y, Hardy NB. 2016. ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics. Database. doi: 10.1093/database/bav118. <http://scalenet.info> [Junio 2024].
- Godfray HCJ. 1994. *Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology* (Vol. 67). Princeton University Press
- González TS, Castillo AAF, Hernández HG. 2009. Determinación del patrón de comportamiento y capacidad reproductiva de *Anagyrus pseudococci* sobre su huésped *Planococcus ficus* en condiciones de laboratorio. *Biotecnia*, 11(3): 25-32.
- González-Hernández H, Pandey RR, Johnson MW. 2005. Biological characteristics of adult *Anagyrus ananatis* Gahan (Hymenoptera: Encyrtidae), a parasitoid of *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae). *Biological control*, 35(2): 93-103.
- Mani M, Shivaraju C (Eds.). 2016. *Mealybugs and their management in agricultural and horticultural crops*. Springer, India.
- Noyes JS, Hayat M. 1994. *Oriental mealybug parasitoids of the Anagyrini* (Hymenoptera: Encyrtidae). CABI, Wallingford.
- Ridley M. 1993. Clutch size and mating frequency in parasitic Hymenoptera. *The American*
- Sagarra LA, Vincent C, Stewart RK. 2002. Impact of mating on *Anagyrus kamali* Moursi (Hym., Encyrtidae) lifetime fecundity, reproductive longevity, progeny emergence and sex ratio. *Journal of Applied Entomology*, 126(7-8): 400-404.
- Shaobo C. 1993. Studies on the Biology of *Anagyrus dactylopii* (Howard). *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 8(1): 33-39.
- Strand MR, Casas J. 2008. Parasitoid and host nutritional physiology in behavioral ecology. *Behavioral ecology of insect parasitoids: From theoretical approaches to field applications*: 113-128.

-
- Suma P, Mansour R, La Torre I, Ali Bugila AA, Mendel Z, Franco JC. 2012. Developmental time, longevity, reproductive capacity and sex ratio of the mealybug parasitoid *Anagyrus* sp. nr. *pseudococci* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae). *Biocontrol Science and Technology*, 22(7): 737-745.
- Venkatesan T, Jalali SK, Ramya SL, Prathibha M. 2016. Insecticide resistance and its management in mealybugs. *In*: Mani M, Shivaraju C. *Mealybugs and their Management in Agricultural and Horticultural crops*: 223-229.

TOXICIDAD ORAL DE EXTRACTOS VEGETALES COMERCIALES SOBRE *Anagyrus tristis* (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE)

José Juan Carrasco-Escamirosa^{1*}, J. Refugio Lomeli-Flores¹, Lauro Soto-Rojas¹, Esteban Rodríguez-Leyva¹, Alfonso Luna-Cruz²

¹Colegio de Postgraduados. Posgrado en Fitosanidad, Entomología y Acarología, Montecillo, 56264 Texcoco, Estado de México, México. ²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Ciudad Universitaria de Santiago Tapia 403, Centro, 58000 Morelia, Michoacán.

*Autor de correspondencia: carrasco.juan@colpos.mx

INTRODUCCIÓN

Phenacoccus madeirensis Green (Hemiptera: Pseudococcidae) es una de las principales plagas en cultivos hortícolas (Bartlett y Lloyd, 1958), daña directamente al alimentarse de la savia de la planta, además ocasiona daño indirecto al excretar mielecilla, lo que ocasiona la formación de fumagina (Williams y Granara de Willink, 1992). Poblaciones elevadas provocan el debilitamiento y la muerte de las plantas (Ben-Dov, 1994; Miller *et al.*, 2005; García-Morales *et al.*, 2016). Muchos insecticidas convencionales se han empleado para en el combate de piojos harinosos (Shannag y Capinera, 2018; Espinoza-Lozano *et al.*, 2018; Shankarganesh *et al.*, 2022), pero debido a los hábitos crípticos de este tipo de plagas, así como de su cubierta cerosa, se dificulta su control (Chong, 2005). El uso indiscriminado y muy recurrente de productos organosintéticos, ha provocado resistencia en especies como *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Saddiq *et al.*, 2014). Otra táctica de combate de los piojos harinosos es el control biológico, una herramienta esencial en el combate de esta plaga (Gutierrez *et al.*, 2008; Beltra *et al.*, 2015). *Anagyrus tristis* Noyes & Hayat (Hymenoptera: Encyrtidae) es un endoparásitoide idiobionte gregario (Acevedo-Alcalá, datos no publicados), que se registró por primera vez parasitando a *P. madeirensis* en México (Acevedo-Alcalá *et al.*, 2024). Los extractos vegetales en el control de plagas han tenido un crecimiento importante en los últimos años, por tener un menor impacto en la fauna benéfica (Do Nascimento *et al.*, 2008, Lou *et al.*, 2013; Asrar *et al.*, 2023). Ante las problemáticas del manejo de *P. madeirensis*, es importante buscar productos que tengan una compatibilidad con el control biológico (Biondi *et al.*, 2012). Es por ello que el objetivo de este trabajo fue determinar la toxicidad oral de seis insecticidas vegetales comerciales en *A. tristis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Insectos, plantas y extractos. Para los bioensayos se utilizaron hembras adultas de *A. tristis* de 1 a 5 d de edad, provenientes de la cría establecida en el laboratorio de Control Biológico, del Colegio de Postgraduados, a partir de material recolectado en invernaderos en agosto de 2022. Los parasitoides se mantuvieron en recipientes de plástico de 1 L de capacidad (14.5 x 12 cm), modificados con aberturas laterales, selladas de tela de serigrafía para favorecer la ventilación; como alimento de los parasitoides se incluyeron gotas finas de miel (La carlota®) sobre las paredes del recipiente, y una mecha de algodón saturada con agua para hidratarse. Los parasitoides se reprodujeron sobre *P. madeirensis* establecidos en plantas de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.). La cría del piojo y del parasitoide se mantuvieron en una cámara bioclimática a 26.9 ± 1.10 °C, $45.84 \pm 4.13\%$ HR y 12:12 (L/O). En los bioensayos se evaluaron seis extractos vegetales comerciales, además de un control a base del coadyuvante (Inex-A) y un testigo absoluto (agua destilada) (Cuadro 1). Para los productos se utilizó la dosis máxima recomendada por el fabricante a excepción del Inex-A que se utilizó la dosis mínima.

Cuadro 1. Tratamientos y dosis de extractos vegetales para evaluar toxicidad oral en hembras de *A. tristis*.

Tratamiento	Nombre comercial	I.A y concentración	Dosis de aplicación
T1	Natural King®	<i>Chenopodium ambrosioides</i> (60%)	1-2 L/100 L de agua
T2	Nimicide 80®	<i>Azadirachta indica</i> (80%)	1.5- 2 l/ha 330-430 L de agua
T3	CinnAcar®	<i>Cinnamomum zeylanicum</i> (15%)	1.5- 2 l/ha 330-430 L de agua
T4	Omega®	<i>Argemone mexicana</i> (90%)	2-3 L/ha 200 L de agua
T5	Cyr RepelentAjo®	<i>Allium sativum</i> (94%)	1.5- 2 L/ha 200 L de agua
T6	Cyr Piretrinas®	<i>Tagetes</i> spp (90%)	3 L/ha 200-300 L de agua
T7-Testigo control	INEX-A®	Coadyuvante	1-2 cc /L de agua
T8-Testigo absoluto		Agua destilada	

Cuadro 2. Preparaciones para aplicación de bioensayo de toxicidad oral sobre *A. tristis*.

Extracto	Agua destilada	mL del producto	coadyuvante	Miel	Total de la solución
Epazote	47.8 mL	2.0 mL	0.1 mL	50 mL	100 mL
Neem	49.3 mL	0.5 mL	0.1 mL	50 mL	100 mL
Canela	49.3 mL	0.5 mL	0.1 mL	50 mL	100 mL
Chicalote	48.3 mL	1.5 mL	0.1 mL	50 mL	100 mL
Ajo	48.8 mL	1.0 mL	0.1 mL	50 mL	100 mL
Tagetes	48.8 mL	1.0 mL	0.1 mL	50 mL	100 mL
Coadyuvante (Inex-A)	49.8 mL	0 mL	0.1 mL	50 mL	100 mL
Testigo	50 mL	0 mL	0 mL	50 mL	100 mL

Bioensayo de alimento contaminado. La toxicidad oral se determinó en un bioensayo utilizando la metodología de Luna-Cruz *et al.* (2018), con algunas modificaciones. La arena experimental consistió en una caja de plástico (7.5 x 3.5 cm de diámetro y altura, respectivamente) con una abertura en la parte superior (\varnothing -4 cm) cubierta con tela de organza para favorecer la ventilación. Además de un orificio lateral (\varnothing -1 cm) para introducir a los parasitoides. Se preparó una solución de 100 mL para cada tratamiento, utilizando la dosis máxima recomendada en la etiqueta (Cuadro 1, 2). Para la preparación, primero se colocó la proporción correspondiente de agua destilada en cada frasco, seguida del producto comercial (insecticida botánico), el coadyuvante (0.1 mL de INEX A[®]), y finalmente, se añadieron 50 mL de miel de abeja (La Carlota[®]) (Cuadro 2). Las hembras de *A. tristis* fueron alimentadas con gotas de miel pura y una mecha de algodón saturada en agua durante los primeros días de vida (1-5 d). Previo al experimento, las hembras de *A. tristis* se sometieron a un periodo de ayuno de 12 h, en cada arena experimental se colocó un frasco de vidrio de 3 mL con una mecha de algodón por cada tratamiento y se fijó a la base con un pedazo de plastilina; posteriormente, se liberaron 12 hembras de *A. tristis* y se dejaron expuestas a cada tratamiento por un periodo de 3 h para su alimentación. Transcurrido el tiempo, se retiró el alimento contaminado y se le colocaron gotas de miel pura sobre la superficie. La mortalidad se evaluó a las 24, 48 y 72 h y se consideró un insecto muerto cuando no presentó

movilidad, o mostró movimientos erráticos y sin coordinación. El experimento se diseñó en bloques completos al azar, con un total de 10 repeticiones. Se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal- Wallis y una prueba de Dunn con corrección de Benjamini- Hochberg.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el bioensayo de toxicidad oral, *A. tristis* no mostró diferencias significativas en la susceptibilidad a los extractos evaluados en comparación con los testigos en la prueba de Kruskal-Wallis (chi-squared = 16.235; $p = 0.02306$). La comparación de medias indica que sólo hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos canela vs testigo, ya que es el único valor menor a 0.05.

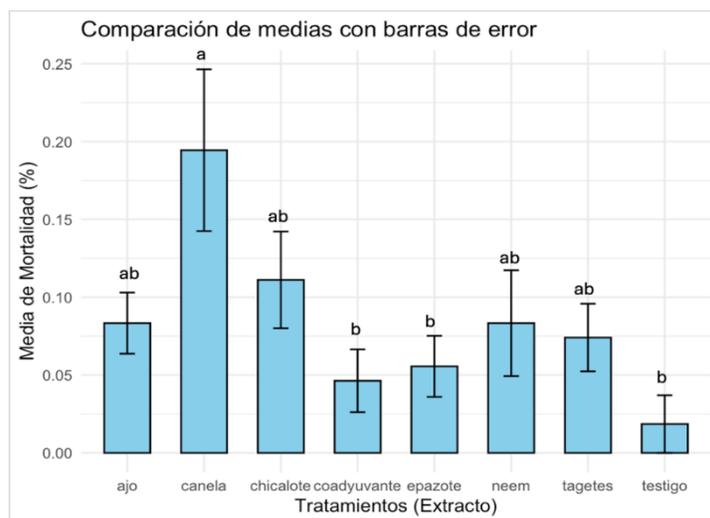


Figura 1. Comparación de medias de cada tratamiento de la evaluación de la toxicidad oral sobre *A. tristis*

De acuerdo con Hassan (1992) y los criterios de la IOBC (Organización Internacional para el Control Biológico), con relación a los impactos de insecticidas sobre los organismos benéficos en condiciones de laboratorio, se puede indicar que todos los extractos evaluados se consideran como inofensivos, ya que el porcentaje de mortalidad fue menor al 20%.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por la asignación de la beca de maestría al primer autor (número de CVU 1311361).

LITERATURA CITADA

- Acevedo-Alcala A, Lomeli-Flores JR, Rodríguez-Leyva E, Guzmán-Franco AW, Velazquez-Gonzalez JC. 2024. First record of *Anagyrus tristis* (Hymenoptera Encyrtidae) from Mexico. *Bulletin of Insectology*, 77(2), 299-305.
- Bartlett BR, Lloyd DC. 1958. Mealybugs attacking citrus in California a survey of their natural enemies and the release of new parasites and predators. *Journal of Economic Entomology*, 51(1), 90-93. <https://doi.org/10.1093/jee/51.1.90>
- Beltra A, Addison P, Avalos JA, Crochard D, Garcia-Mari F, Guerrieri E, Soto A. 2015. Guiding classical biological control of an invasive mealybug using integrative taxonomy. *PloS one*, 10(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128685>
- Ben-Dov Y. 1994. A Systematic Catalogue of the Mealybugs of the World (Insecta: Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae and Putoidae) with Data on Geographical Distribution, Host Plants, Biology and Economic Importance. Intercept Limited, Andover, UK, 686 p.
- Biondi A, Mommaerts V, Smaghe G, Vinuela E, Zappalà L, Desneux N. 2012. The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. *Pest management science*, 68(12), 1523-1536. <https://doi.org/10.1002/ps.3396>
- Chong JH. 2005. Biology of the mealybug parasitoid, *Anagyrus loecki*, and its potential as a biological control agent of the Madeira mealybug, *Phenacoccus madeirensis* (Doctoral dissertation, University of Georgia).
- Espinoza-Lozano L, Guerrero S, Osborne LS, Leppla NC, Hodges AC, Giurcanu MC. (2018). Alternatives to a pyrethroid for controlling Madeira mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) on coleus cuttings. *Florida Entomologist*, 101(3), 389-394. <https://doi.org/10.1653/024.101.0316>
- García-Morales M, Denno BD, Miller DR, Miller GL, Ben-Dov Y, Hardy NB. 2016. ScaleNet: a literature-based model of scale insect biology and systematics. *Database*, 2016, bav118.

- Gutierrez AP, Daane KM, Ponti L, Walton VM, Ellis CK. 2008. Prospective evaluation of the biological control of vine mealybug: refuge effects and climate. *Journal of Applied Ecology*, 45(2), 524-536. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01356.x>
- Hassan SA. 1992. Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms. Descriptions of test methods. *Bull. IOBC/WPRS*, 15, 18-39.
- Miller DR, Miller GL, Hodges GS, Davidson JA. 2005. Introduced scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of the United States and their impact on US agriculture.
- Saddiq B, Shad SA., Khan HAA, Aslam, M, Ejaz, M, Afzal MBS. 2014. Resistance in the mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsleyá (Homoptera: Pseudococcidae) in Pakistan to selected organophosphate and pyrethroid insecticides. *Crop Protection*, 66, 29-33. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.08.006>
- Shankarganesh K, Ricupero M, Sabtharishi S. 2022. Field evolved insecticide resistance in the cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* and its direct and indirect impacts on the endoparasitoid *Aenasius arizonensi* s. *Scientific Reports*, 12(1), 16764. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20779-3>
- Shannag HK, Capinera JL. 2018. Comparative effects of two novel betaproteobacteriabased insecticides on *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) and *Phenacoccus madeirensis* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Florida Entomologist*, 101(2), 212-218. <https://doi.org/10.1653/024.101.0209>
- Stapel JO, Cortesero AM, Lewis WJ. 2000. Disruptive sublethal effects of insecticides on biological control: altered foraging ability and life span of a parasitoid after feeding on extrafloral nectar of cotton treated with systemic insecticides. *Biological Control*, 17(3), 243-249. <https://doi.org/10.1006/bcon.1999.0795>
- Williams DJ, Granara de Willink MC. 1992. Mealybugs of Central and South America. Wallingford, Oxon, CAB International. <https://doi.org/10.1093/aesa/87.4.487>

SECCIÓN: HORTALIZAS

TIEMPO DE DESARROLLO, LONGEVIDAD Y TAMAÑO DE PUPAS DE *Plutella xylostella* (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) ALIMENTADAS EN BRASICÁCEAS SILVESTRES Y CULTIVADAS

Daniel Ramírez-Cerón^{1*}, J. Refugio Lomeli-Flores¹, Esteban Rodríguez-Leyva¹, Lauro Soto-Rojas¹ y Fernando Tamayo-Mejía².

¹Posgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5 Montecillo, CP. 56264 Texcoco, Estado de México, México. ²Secretaría del Campo de Guanajuato, Av. Irrigación S/N, Colonia Monte Camargo, CP. 38010 Celaya, Guanajuato, México.

*Autor para correspondencia: dceron150@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La palomilla dorso de diamante (PDD) (*Plutella xylostella*) (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), es una especie cosmopolita, que causa pérdidas anuales estimadas en \$4–5 mil millones de dólares al año en su manejo por aplicación de plaguicidas y otras prácticas culturales (Kfir, 2004; Keerthi y Suroshe, 2024). El daño se debe por la alimentación de las larvas en el follaje y florete, además, contamina el producto ya que al momento de exportar si encuentran restos del insecto, provoca rechazo en la exportación y pérdidas económicas (Bujanos *et al.*, 2013). El control químico es la táctica principal utilizada, pero favorece la resistencia en las poblaciones, en este insecto se han registrado más de 1099 casos de resistencia a insecticidas, lo que la convierte en una de las plagas más difíciles de controlar (Mota-Sanchez y Wise, 2025). Se han evaluado alternativas como el uso de plantas hospedantes de la plaga que afecten alguna etapa de su desarrollo. Algunas brassicáceas silvestres, como *Barbarea vulgaris* (R. Br.) var. *arcuata* (Brassicaceae), se han propuesto en manejo integrado como “cultivos trampa sin salida”, ya que atraen la oviposición, aunque las larvas no se desarrollan (Badenes-Perez *et al.*, 2004). En México, existe información limitada sobre brassicáceas silvestres y cultivadas como hospederas de *P. xylostella* y sus posibles efectos en su ciclo biológico. Por ello, esta investigación evaluó el tiempo de desarrollo de estados inmaduros, tamaño de pupas y longevidad de hembras y machos en adultos de *P. xylostella* alimentada con diferentes brassicáceas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Insectos. La cría de *P. xylostella* se inició con inmaduros recolectados de campos de brócoli de Guanajuato, México. Los adultos obtenidos fueron llevados al laboratorio de Control Biológico del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo y colocados en jaulas de madera (130 x 130 x 130 cm) bajo condiciones controladas [25 ± 2 °C y 70 ± 10 % HR, y un fotoperiodo 12:12 (L:O)]. La alimentación de los adultos se realizó con líneas de miel en las paredes *Ad libitum* y torundas con agua. **Plantas.** Las plantas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) se obtuvieron del rancho Los Aguilares S.P.R. de R.L. Guanajuato. Las semillas de panalillo (*Lobularia maritima* L. Desv.) fueron adquiridas en Distribuidora Rancho Los Molinos, Tepoztlán, Morelos. Las especies silvestres seleccionadas para el estudio fueron las más comunes recolectadas en campos comerciales de brócoli en tres regiones de Guanajuato (Norte, Centro y Bajío): lentejilla (*Lepidium virginicum* L.), arúgula (*Eruca vesicaria* L. Cav.), mostacilla (*Sisymbrium irio* L.) y nabo (*Brassica rapa* L.). Todas las semillas se sembraron en charolas germinadoras de unicel (128 cavidades) con peat moss como sustrato. La fertilización se aplicó por riego automático con una solución nutritiva (Ultrasol + Raizal 400®, 1 g/L).

Tiempo de desarrollo, morfometría de pupas y longevidad en adultos. Para evaluar el tiempo de desarrollo, se expusieron plantas de *Brassica oleracea* var. *italica* a 10 parejas de la PDD durante 12 h para la oviposición. Tras la eclosión, dos larvas recién emergidas se transfirieron con un pincel 000 a brassicáceas silvestres y cultivadas. Las plántulas de cinco semanas de edad se trasplantaron a macetas de unicel ($7.2 \times 7.2 \times 34$ cm) y se cubrieron con un frasco plástico para evitar la migración y se mantuvo en una cámara bioclimática. Se realizaron observaciones cada 24 h para registrar el desarrollo larval. El experimento incluyó 8 repeticiones por tratamiento. Las pupas se trasladaron al laboratorio y, tras 24 h, se fotografiaron con un microscopio estereoscópico Carl Zeiss (1.0x MAG, 27.0x, FIELD 8.5 mm). El área, longitud y ancho se determinaron con el software ImageJ (Campa, 2017). Luego, se individualizaron en cajas de Petri hasta la emergencia del adulto.

Los adultos emergidos de *P. xylostella* se individualizaron para determinar la longevidad de hembras y machos. Se alimentaron con agua mediante torundas de algodón y finas gotas de miel, registrando la longevidad hasta la muerte del último individuo. Los datos se analizaron con el programa R v4.0 mediante ANOVA para tiempo de desarrollo (larva-pupa, pupa-adulto,

longevidad) y para la longevidad de hembras y machos se realizó una factorial 6x2, para la comparación de medias se utilizó una prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tiempo de desarrollo larva-pupa fue significativamente diferente entre especies hospedantes ($F_{5, 90} = 15.6, p < 0.001$), siendo más prolongado en lentejilla y arúgula, mientras que mostacilla mostró el menor tiempo, diferenciándose de todos los tratamientos. Para el desarrollo pupa-adulto también se observaron diferencias significativas ($F_{5, 90} = 3.90, p = 0.003$); mostacilla y panalillo presentaron el desarrollo más rápido, incluso que el testigo, mientras que los demás tratamientos, excepto lentejilla, fueron similares. La longevidad no mostró diferencias significativas ($F_{5, 90} = 1.546, p = 0.184$).

Cuadro 1. Tiempo de desarrollo de estados inmaduros y longevidad de adultos de *P. xylostella*

Tratamiento	Larva-Pupa	Pupa-Adulto	Longevidad
	Número de días (media±EE) *		
Brócoli	8.7 ± 0.2bc	6.0 ± 0.1ab	34.8 ± 2.7a
Panalillo	9.3 ± 0.8b	5.6 ± 0.1b	26.8 ± 2.06b
Lentejilla	10.2 ± 0.3a	6.9 ± 0.2a	29.0 ± 1.5ab
Arúgula	10.6±0.3a	6.1±0.2ab	29.6±2.3ab
Mostacilla	7.7±0.2d	5.8±0.1b	30.0±1.1ab
Nabo	8.1±0.2cd	6.1±0.2ab	29.3±2.3ab

Para el caso de la longevidad en sexos, existieron diferencias estadísticamente significativas entre sexos ($F_{5, 80} = 6.163, p = 0.015$) donde los machos viven más que las hembras, independientemente de la planta se alimenten a excepción de brócoli donde las hembras vivieron más que los machos.39.6 respecto a 28.4 días que vivió la hembra. (Figura 1).

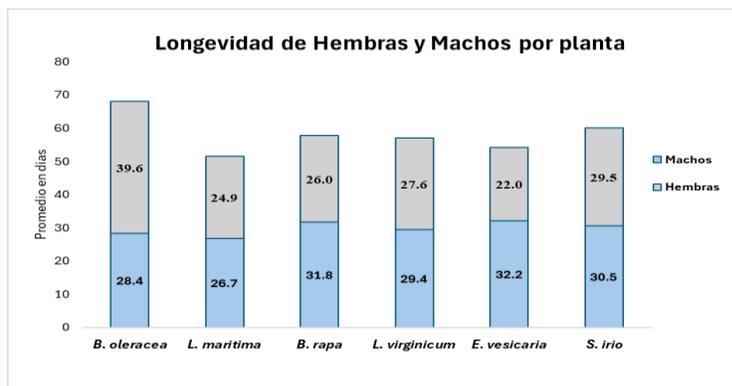


Figura 1. Longevidad de hembras y machos de *P. xylostella* cuando se alimentaron de brassicáceas silvestres y cultivadas

El análisis morfométrico de pupas mostró diferencias significativas en su ancho ($F_{5,90} = 3.366, p = 0.0078$), siendo las de panalillo más pequeñas que las de otros tratamientos. Las pupas de *mostacilla* presentaron mayor tamaño, aunque sin diferencia estadística con la mayoría. En longitud, también hubo diferencias significativas ($F_{5,90} = 3.569, p = 0.0054$); las pupas de *mostacilla* fueron más largas que las de brócoli, panalillo y nabo, pero similares a las de lentejilla y arúgula.

Cuadro 2. Morfometría de pupas de *P. xylostella* cuando se alimentaron de brassicáceas silvestres y cultivadas.

Tratamiento	Área (mm ²)	Largo(mm)	Ancho(mm)
	Longitud (media±EE) *		
Brócoli	6.0±0.2 b	5.7±0.1 b	1.30±0.03 b
Panalillo	5.5±0.2 b	5.7±0.1 b	1.30±0.03 b
Lentejilla	6.3±0.2 ab	5.8±0.1 ab	1.36±0.03 ab
Arúgula	6.2±0.3 ab	5.8±0.1 ab	1.32±0.04 b
Mostacilla	7.1±0.2 a	6.3±0.05 a	1.48±0.02 a
Nabo	6.1±0.3 ab	5.7±0.1 b	1.34±0.03 b

En el ancho ($F_{5,90} = 4.228, p = 0.0017$), *mostacilla* presentó pupas más anchas que todos los demás tratamientos, mientras que brócoli, panalillo, arúgula y nabo no mostraron diferencias entre sí.

DISCUSIÓN

Plutella xylostella logró alimentarse y completar su desarrollo en todas las brassicáceas evaluadas, silvestres y cultivadas, aunque con diferencias significativas en el tiempo de desarrollo larval según el hospedero. Esto indica que la calidad nutricional del hospedero influye directamente en su desarrollo tal y como fue señalado por Niu *et al.*, (2013) destacan que la calidad del hospedero afecta desarrollo, fecundidad y descendencia, mientras que Marchioro y Foerster (2014) reportaron mayor duración larval y longevidad en plantas silvestres. Estas variaciones pueden deberse a diferencias en nutrientes, compuestos fagoestimulantes o inhibidores, y características morfológicas (Syed & Abro, 2003; Mirmohammadi *et al.*, 2009). Así, este estudio subraya la importancia de la identidad y calidad del hospedero en el manejo ecológico de *P. xylostella*.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados y al SECIHTI por la beca otorgada al primer autor para realizar sus estudios de doctorado. Al CESAVEG por su apoyo para el acercamiento a los productores y técnicos que amablemente nos permitieron hacer recolección de material en sus parcelas de brócoli.

LITERATURA CITADA

- Bujanos, M.R., Marín, J. A., Díaz, L. E., F. L., Gámez, V. A., Ávila, P. M., Herrera, V. R., Augusto, D.G.J., y Gámez, V. F. 2013. Manejo integrado de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (L.) en la región del Bajío, México. Celaya, Gto. México. Folleto Técnico, 27, 1-44.
- Keerthi, M.C., Suroshe, S.S. (2024). Effect of host plants on the fitness and demographic parameters of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) using age-stage, two-sex life tables. J Plant Dis Prot 131, 143–154.
- Kfir, R. (2004). The impact of parasitoids on *Plutella xylostella* populations in South Africa and the successful biological control of the pest on the island of St. Helena. In A. A. Kirk & D. Bordat (Eds.), Improving biocontrol of *Plutella xylostella*: Proceedings of the International Symposium, Montpellier, France, 21–24 October 2002 (pp. 71–83). Montpellier: CIRAD.

-
- Mirmohammadi, S., Allahyari, H., Nematollahi, M. R., & Saboori, A. (2009). Effect of host plant on biology and life table parameters of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). *Annals of the Entomological Society of America*, 102(3), 450-455.
- Mota-Sanchez, D. and J.C. Wise. 2025. The Arthropod Pesticide Resistance Database. Michigan State University. On-line at: <http://www.pesticideresistance.org>
- Niu, Y. Q., Li, X. W., Li, P., & Liu, T. X. (2013). Effects of different cruciferous crops on the fitness of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Crop protection*, 54, 100-105.
- T. S. Syed and G. H. Abro, 2003. Effect of Brassica Vegetable Hosts on Biology and Life Table Parameters of *Plutella xylostella* under Laboratory Conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6: 1891-1896.
- Badenes-Perez, F. R., Shelton, A. M., & Nault, B. A. (2004). Evaluating trap crops for diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of economic entomology*, 97(4), 1365-1372.

FACTORES DE MORTALIDAD DE *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) EN BRÓCOLI EN TEPEACA, PUEBLA

Susana Eva Rodríguez-Rodríguez^{1*}, Esteban Rodríguez-Leyva¹, J. Refugio Lomeli- Flores¹, Héctor González-Hernández¹, Julio S. Bernal²

¹Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fitosanidad, Entomología y Acarología, Montecillo, CP 56264 Texcoco, Estado de México, México. ²Texas A&M University, Department of Entomology, 412 Minnie Bell Heep Bldg., TAMU MS 2475, College Station, TX 77843, USA.

*Autor de correspondencia: serr_biol@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Plutella xylostella (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), o palomilla dorso de diamante (PDD), es una plaga que se encuentra distribuida en todas las regiones del mundo donde se cultivan crucíferas (Talekar y Shelton, 1993). En México es la plaga clave en el cultivo de brócoli en prácticamente todas las regiones productoras, sobre todo porque no se toleran larvas o pupas en el florete y la tolerancia en el mercado de procesamiento y de exportación es cercano a cero (Hoy *et al.*, 2007). Por esta razón, para reducir sus poblaciones en campo se recomienda utilizar un enfoque de Manejo Integrado de Plagas (MIP) (CESAVEG, 2024), pero el uso excesivo de insecticidas organosintéticos sigue causando problemas, actualmente hay 1,062 casos de resistencia correspondientes a 101 moléculas químicas y biológicas (Mota-Sánchez y Wise, 2024). En esta complejidad de problemas hay evidencia de que los enemigos naturales de PDD juegan un papel importante en la dinámica poblacional de la plaga (Lim, 1986). En Canadá (Mason *et al.*, 2022), Brasil (Farias *et al.*, 2020), Suiza (Haye *et al.*, 2021) y Australia (Furlong *et al.*, 2004), donde se cultivan crucíferas, se han realizado evaluaciones en campo para determinar el papel de los enemigos naturales de PDD con tablas de vida. Esta metodología permite cuantificar la mortalidad en las diferentes etapas de desarrollo de una plaga a través del tiempo y determinar el papel ecológico de cada enemigo natural en el sistema (Bellows *et al.*, 1992). En México este tipo de estudios aún no se han realizado. El objetivo de este trabajo fue determinar los factores de mortalidad de *P. xylostella* en una zona representativa de producción de brócoli en Tepeaca, Puebla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico. Para realizar los experimentos se mantuvo una cría de la PDD en el laboratorio de Control Biológico del Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, en Texcoco, Estado de México, siguiendo la metodología de Rodríguez-Rodríguez *et al.* (2025). Para obtener huevos, diferentes instares larvales, pupas y adultos de la plaga se introducían en la jaula dos plantas de brócoli, y se infestaban plantas de manera escalonada. La cría se mantuvo en una cámara bioclimática a 25 ± 2 °C, 70% HR y fotoperiodo de 12:12 h (L:O).

Área de estudio. Se seleccionó una parcela comercial de brócoli de 0.5 ha en la comunidad de San Cristóbal, Tepeaca, Puebla (18°59'54.3"N, 97°50'25.6"W). La parcela tenía alrededor de 15,600 plantas y recibió el manejo convencional; no obstante, se llegó a un acuerdo con el productor que se le indicaría, en caso de ser necesario, el momento oportuno para el uso del control químico. Los experimentos se desarrollaron durante la etapa vegetativa del brócoli. Las evaluaciones se realizaron en dos ciclos del cultivo: 1) otoño (octubre a diciembre 2024) y 2) primavera (marzo a mayo del 2025).

Muestreo para determinar incidencia de *P. xylostella*. Se realizó un muestreo sistemático con inicio aleatorio en la parcela comercial cada 15 días. En cada evaluación de campo se revisaron 30 plantas y se contabilizaron y recolectaron huevos, larvas y pupas de la PDD, plagas secundarias o enemigos naturales.

Tablas de vida con centinelas. Los factores de mortalidad de los estados inmaduros de la PDD en brócoli en campo se determinaron con la técnica de centinelas siguiendo la metodología de Mason *et al.* (2022). En la parcela comercial se delimitó una *parcela experimental* (n 500 plantas). Se seleccionaron al azar 20 espacios dentro de esta parcela y se dejaron sin plantar para después colocar las plantas centinelas. Cada centinela (C) consistió en una planta de brócoli (30 a 50 d de edad) en una maceta de 1 L. En el laboratorio cada centinela se infestó con números conocidos de una sola etapa inmadura de la PDD: C1) 50 huevos, C2) 30 larvas de 1^{er} instar, C3) 30 larvas de 2^o y 3^{er} instar, C4) 30 larvas de 4^o instar y C5) 30 pupas. La exposición de centinelas se realizó cada 15 d durante 48 h por ciclo del cultivo. Por evaluación se expusieron dos repeticiones de cada estado inmaduro de desarrollo de *P. xylostella* con sus controles respectivos. Para evaluar la actividad de los enemigos naturales se utilizó el método de exclusión, con jaulas de tela de organza con marco de alambre (30 x 20 x 20 cm). A cada etapa inmadura se asignó el

tratamiento de jaula abierta o jaula cerrada (controles). Durante la exposición de centinelas en campo se determinó, por observación directa, la presencia de depredadores o parasitoides en las jaulas abiertas mediante recorridos cada 10 min y cada centinela se observó 30-40 s, en dos periodos del día, de 9:00 a 11:00 h y de 13:00 a 15:00 h en cada fecha. Después de la exposición, todas las centinelas se trasladaron al laboratorio y se contaron los individuos restantes por etapa inmadura que pasaron al siguiente estado de desarrollo. Se realizaron observaciones cada 24 h para registrar parasitismo o mortalidad por otros factores desconocidos.

Muestreo directo. En la *parcela experimental* (n 500 plantas) en cada evaluación de campo se destinaron 5 a 6 h de trabajo para la recolecta directa de huevos, larvas y pupas de la PDD para determinar el porcentaje de parasitismo natural. El material se almacenó en cajas de plástico transparente (Θ =10 cm, 4.5 cm de altura) con dos perforaciones laterales (Θ = 2.5 cm) cubiertas con tela de organza para permitir la ventilación, y se colocó una hoja de brócoli para que los individuos continuaran su desarrollo. En el laboratorio el material se separó y contabilizó considerando la clasificación de los estados inmaduros utilizados en el método de centinelas. Cada 24 h se realizaron observaciones para determinar la emergencia de parasitoides o de *P. xylostella*.

Análisis estadístico. Con los datos de la técnica de centinelas se generaron dos tablas de vida por ciclo del cultivo. Los cálculos se realizaron de acuerdo con Bellows *et al.* (1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La incidencia de la PDD en la parcela experimental fue baja para el ciclo de otoño 2024 con respecto al de primavera 2025. La etapa vegetativa del cultivo tuvo una duración de 82 d y 60 d para el otoño y primavera, respectivamente. Para ambos ciclos la recolecta de huevos y pupas de la PDD registraron promedios menores a uno por planta. En cuanto a los promedios en larva, para el otoño nunca rebaso el promedio de una larva por planta, pero durante la primavera los promedios fueron de 0.67, 4.07, 5.80 y 10.57 larvas/planta por cada evaluación quincenal. Con este muestreo también se determinó la presencia ocasional de las plagas secundarias: *Myzus persicae*, *Brevicoryne brassicae*, *Pieris rapae*, *Trichoplusia ni* y *Copitarsia decolora* y la presencia de larvas y adultos de *Hippodamia convergens*, larvas de *Allograpta* sp. y adultos de *Geocoris* sp. como enemigos naturales. En cuanto a las tablas de vida con centinelas, la de otoño se inició con una cohorte de 500 individuos de los cuales al final lograron sobrevivir 10, y asumiendo que las

poblaciones de insectos en campo presentan una proporción sexual de 1:1 hembra/macho se estimó una $R_0=5$. En primavera la cohorte fue con 400 individuos y lograron sobrevivir seis ($R_0=3$). En ambos ciclos la mortalidad fue mayor en la etapa de huevo (Cuadro 1), estos resultados coinciden con otros autores que reportan en sus tablas de vida mortalidad general arriba del 90% (Furlong *et al.*, 2004; Mason *et al.*, 2022; Farias *et al.*, 2020; Haye *et al.*, 2021). Los factores de mortalidad identificados fueron el parasitismo causado por *Diadegma insulare*, que se ha reportado como uno de los principales parasitoides asociados a la plaga (Mason *et al.*, 2022) y *Apanteles piceotrichosus* y un factor desconocido que posiblemente se debe a factores abióticos como aumento de temperatura y lluvia, y a la depredación donde con cámaras de videograbación y por observaciones directas se detectó la presencia de larvas de *H. convergens*, *Geocoris* sp. y una especie de estafilínido; sin embargo, aún se está trabajando en el análisis de datos para asignar un porcentaje a estos últimos factores. Finalmente con el muestreo directo se determinó parasitismo solo en la etapa de larva y se determinaron como depredadores las larvas de *H. convergens* sobre larvas y pupas de la PDD, y a larvas de *Allograpta* sp. sobre larvas de la PDD. La diversidad de parasitoides a partir de este muestreo fue menos diversa comparada con las 10 especies de parasitoides e hiperparasitoides que reportan Mason *et al.* (2022). Con las metodologías utilizadas en este estudio se determinó que a pesar de que la plaga presenta altos niveles poblacionales existen diferentes factores de mortalidad bióticos y abióticos que están regulando sus poblaciones en campo.

Cuadro 1. Tablas de vida de la PDD. **H)** huevo; **LCH)** larva de 1^{er} ínstar; **LM)** larva de 2^o y 3^{er} ínstar; **LG)** larva de 4^o ínstar; **P)** pupa; **A)** adulto; **nx)** individuos vivos a edad x; **lx)** fracción de vivos a edad x; **dx)** fracción de muertos dentro de intervalo x y x+1; **dxP)** mortalidad por parasitismo; **dxFD)** mortalidad por factor desconocido; **Lx)** días vividos en un intervalo de edad; **Tx)** total de d que debe vivir más allá de la edad x; **ex=Tx/lx)** esperanza de vida.

Otoño								
Clase x	nx	lx	dx	dx P	dx FD	Lx	Tx	ex=Tx/lx
H	500	1.00	59%	0%	59%	0.70	1.28	1.28
LCH	204	0.41	18%	6.0%	12%	0.32	0.57	1.41
LM	114	0.23	12%	6.1%	5.9%	0.17	0.26	1.13
LG	53	0.11	8%	3.0%	5%	0.07	0.09	0.84
P	13	0.03	1%	0%	14%	0.02	0.02	0.88
A	10	0.02						
Primavera								
Clase x	nx	lx	dx	dx P	dx FD	Lx	Tx	ex=Tx/lx
H	400	1.00	64%	0%	64%	0.68	1.13	1.13
LCH	145	0.36	21%	0%	21%	0.26	0.45	1.24
LM	63	0.16	9%	3%	6%	0.11	0.19	1.22
LG	29	0.07	4%	0%	4%	0.05	0.08	1.08
P	14	0.03	2%	0%	2%	0.02	0.02	0.70
A	6	0.01						

AGRADECIMIENTOS

Al SECIHTI por la beca otorgada a la primera autora (CVU 662879); al Sr. Fernando Flores González quien permitió realizar estos experimentos en sus campos de cultivo.

LITERATURA CITADA

- Bellows Jr TS, Van Driesche RG, Elkinton JS. 1992. Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. Annual review of entomology 37 (1): 587-612.
- CESAVEG. 2024. Manejo fitosanitario de crucíferas, plagas del cultivo del brócoli, tácticas de manejo y cuadro básico de reacomodación de insecticidas. Folleto técnico, Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato. 68 p.

- Furlong MJ, Shi ZH, Liu SS, Zalucki MP. 2004. Evaluation of the impact of natural enemies on *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) populations on commercial Brassica farms. *Agricultural and Forest Entomology* 6 (4): 311-322.
- Farias ES, Santos RC, Carmo DG, Soares JRS, Costa TL, Santos AA, Picanço MC. 2020. Life tables for the diamondback moth (*Plutella xylostella*) in southeast Brazil indicate ants and spiders as leading mortality factors. *Ann. Appl. Biol.* 1-10.
- Hoy CW, McCully JE, Laborde JA, Vargas-López A, Bujanos-Muñiz R, Rangel E. 2007. The linkage between integrated pest management and agroecosystem management: a case study in the Bajío, México. *American Entomologist* 53 (3).
- Lim GS. 1986. Biological control of diamondback moth. In Talekar, NS and Griggs TD (eds.) *Diamondback Moth Management: Proceedings of the First International Workshop.* Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan, 159-171.
- Mason PG, Dancau T, Abram PK, Noronha C, Dixon PL, Parsons CK, Bahar MH, Bennett AMR, Fernández-Triana J, Brauner AM, Clarke P, Thiessen J, Gillespie DR, Haye T. 2022. The parasitoid complex of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae), in Canada: impact and status. *The Canadian Entomologist* 154 (e12): 1-26.
- Mota-Sanchez D, Wise JC. 2024. The Arthropod Pesticide Resistance Database. Michigan State University. En línea: <http://www.pesticideresistance.org>.
- Haye T, Dancau T, Bennett AMR, Mason PG. 2021 The impact of parasitoids on diamondback moth in Europe: a life table approach. *The Canadian Entomologist* 153 (6): 741-756. doi:10.4039/tce.2021.43.
- Talekar NS, Shelton AM. 1993. Biology, ecology and management of diamondback moth. *Annual Review of Entomology* 38: 275-301.

SECCIÓN: ACAROLOGÍA

IDENTIFICACIÓN Y CICLO DE VIDA DE *Aceria cactorum* (ACARI: ERIOPHYIDAE) EN NOPAL EN EL ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

Aurelio Bautista-Barreda^{1*}, Ma. Teresa Santillán-Galicia¹, Esteban Rodríguez-Leyva¹, Ariel W. Guzmán-Franco¹, Santiago de Jesús Méndez-Gallegos²

¹Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fitosanidad, Entomología y Acarología, Montecillo, 56264 Texcoco, Estado de México, México. ²Colegio de Postgraduados, Posgrado en Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Agustín de Iturbide No. 73, Colonia Centro, Salinas de Hidalgo, 78620 San Luis Potosí, México. *Autor de correspondencia: bautista.aurelio@colpos.mx

INTRODUCCIÓN

Debido al interés de incrementar la superficie del cultivo de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en el mundo, por su adaptación a las zonas áridas y su plasticidad para proporcionar alimento para humanos, ganado y materia prima a la industria (Le Houérou 1996; Inglese 2018), es indispensable conocer los artrópodos plaga de esta cactácea. Hay alrededor de 150 especies de insectos asociados al nopal que tienen un papel como fitófagos, enemigos naturales de éstos o como polinizadores (Mann, 1969; Perales *et al.*, 2024). No obstante, el número y caracterización de ácaros fitófagos asociados a esta especie es limitado (Keifer, 1938; Mann, 1969; Lomeli-Flores *et al.*, 2008). Hasta ahora se han descrito dos tetraníquidos y un eriófido (Keifer, 1938; Mann, 1969). Con relación a los tetraníquidos, *Tetranychus opuntiae* ataca cladodios y causa zonas corchosas, si el ataque es severo puede provocar la caída de cladodios (Mann, 1969). *Tetranychus merganser* ataca a cladodios inmaduros (=nopalitos) y ocasiona círculos blanquecinos (Lomeli-Flores *et al.*, 2008). La familia Eriophyidae está representada por *Aceria cactorum* que ataca los frutos en desarrollo sin daños aparentes si la densidad es baja (Keifer, 1938). En la zona productora de tuna del oriente del Estado de México se cultivan alrededor de 15,000 ha de nopal tunero (SIAP, 2023), y se han reportado daños estéticos asociados a ácaros en las areolas de las tunas. Este daño se denomina “ojo de codorniz” y no se ha determinado el ácaro asociado, o no hay material de referencia para confirmar que especie lo ocasiona. Los objetivos de este trabajo fueron identificar morfológica y molecularmente y describir el ciclo de vida del ácaro asociado al daño denominado ojo de codorniz en tunas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Identificación morfológica y molecular. Para la identificación morfológica y molecular de especímenes de ácaros, asociados a frutos (tunas), se recolectaron muestras de campo en tres lotes de nopal tunero con producción convencional en el área de importancia de producción entre los municipios de Axapusco (19°45'15.1"N, 98°42'20.8"W) y Nopaltepec (19°47'03.1"N 98°41'39.8"W; 19°48'25.9"N, 98°45'19.4"W), en el oriente del Estado de México. Cada dos semanas se realizó un muestreo sistemático con inicio aleatorio en cada lote, y se recolectaron 40 frutos en cada caso. Los muestreos se realizaron de marzo a julio de 2024, porque es el periodo donde generalmente se inician y manifiestan los síntomas de "ojo de codorniz" en los frutos en campo. Los frutos se transportaron al laboratorio, posteriormente los ácaros se recuperaron al lavar los frutos con agua destilada y usando tamices. Estos ácaros se mantuvieron en alcohol al 70% y se montaron en portaobjetos, usando medio de Hoyer modificado con la metodología de Amerine y Manson (1996). Alrededor del 5% del total de ejemplares (28,145) recuperados de campo se prepararon y montaron para su identificación. Los ácaros se observaron con un microscopio de contraste de fases (PRIMO STAR) a 60X y 100X, y se siguieron las claves y la descripción de Keifer (1938). Adicionalmente, se empleó microscopía electrónica de barrido (SEM) para obtener imágenes de alta resolución. Para la preparación de las muestras y la observación en la SEM se siguieron las metodologías de Leiva *et al.* (2013) y González-Domínguez *et al.* (2023).

Para la identificación molecular se tomaron 12 muestras, cada muestra contenía cinco ácaros en alcohol al 90%. De estas muestras se extrajo el ADN, se amplificó una región del gen COI con los oligos 28S3R y 28S3F de la región 28S D2-5 (Hillis and Dixon, 1991) y se siguieron condiciones de PCR según González-Domínguez *et al.* (2023). Los productos fueron visualizados en gel de agarosa al 1.5 % y secuenciados por Macrogen Inc. Seúl, República de Corea.

Descripción del ciclo de vida. El ciclo de vida se determinó en arenas experimentales sobre tunas. Se acondicionaron 16 tunas, a cada tuna se le colocó un tubo Eppendorf cortado a 1.5 cm de altura, con su tapa perforada con un vial, y se adhirió con silicón en un área libre de areolas. Se introdujeron de 7 a 10 adultos de ácaros y al momento de detectar oviposición se retiraron los adultos, y se dejó solo un huevo por arena experimental. Después se realizaron observaciones de cada individuo cada 12 horas. El ciclo de vida se inició con 45 huevos, y las unidades

experimentales y frutos se mantuvieron en una incubadora a 25 ± 1 °C y 60% HR, y 12:12 h L: O. Las observaciones y registros de cada individuo se emplearon para calcular todas las etapas del ciclo de vida y la duración de éstas utilizando la ecuación de Perring (1984).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación morfológica y molecular. Los 1,266 especímenes examinados se identificaron morfológicamente como *Aceria cactorum*. Las características morfológicas coincidieron con la descripción original proporcionada por Keifer (1938). Las secuencias resultantes se compararon con secuencias en GenBank mediante BLAST (Basic Local Alignment Search Tool), resultando con 100% de cobertura (Query cover) y 87.78 % de identidad (Per. Ident.) con especies de la superfamilia Eriophydoidea. Por lo que este estudio preliminar sustenta las bases de registro en GenBank generadas con los primer 28S3F y 28S3R para *Aceria cactorum* y serán útiles para posteriores estudios. Se sugiere hacer otros análisis moleculares con marcadores de la región ITS2 y COI para sustentar una caracterización robusta de esta especie.

Descripción del ciclo de vida. *Aceria cactorum* tienen un ciclo de vida simple, característico de la superfamilia Eriophydoidea. Las hembras ovipositan preferentemente alrededor de las areolas de las yemas florales (tunas muy pequeñas), y en ocasiones en la periferia de las areolas de los frutos más maduros. Los estados de desarrollo son huevo, larva y ninfa; tiene dos etapas de quiescencia, la primera etapa larval-ninfal (ninfocrisalida), y la segunda etapa ninfal-adulta (imagocrisalida) (Cuadro 1). El huevo es color blanco. La larva tiene tonalidades de beige claro y se vuelve transparente cuando se acerca al primer periodo de quiescencia “ninfocrisalida”. Conforme va pasando el tiempo toma una coloración beige clara. La ninfa tiene tonalidades de beige claro y se vuelve rosa claro cuando se acerca al periodo de quiescencia de “imagocrisalida”. El adulto es de color rosado.

Cuadro 1. Duración en horas (media \pm sd) de los estados de desarrollo de *Aceria cactorum* en frutos de nopal (tunas) a $25 \pm 1^\circ$ C.

Estados de desarrollo (en cada caso n = 16)					
Huevo	Larva	Ninfocrisalida	Ninfa	Imagocrisalida	Tiempo total
127.20 \pm 1.10 h	78.24 \pm 8.53 h	69.68 \pm 11.74 h	64.25 \pm 10.45 h	39.67 \pm 5.55 h	379.04 \pm 6.01 h

El tiempo de desarrollo parece consistente con reportes de *Aceria tulipe* (Acuña- Soto *et al.* 2012) y *Aceria guerreronis* Sobha & Haq (2011). Por otro lado, en este trabajo sucedió una mortalidad muy elevada por manipulación de los ácaros, o porque los frutos no eran de la edad adecuada. La mortalidad se disminuyó, después del ensayo de muchos tipos de arenas experimentales, hasta que se diseñaron las arenas a lado de las areolas en frutos de tuna incipientes en su desarrollo, y se iniciaba el seguimiento de huevos individuales en esa condición. Por el momento sólo se puede sugerir, aunque parezca especulación, que el estado de desarrollo del hospedero es bien importante para lograr que *A. cactorum* complete el desarrollo en las condiciones de laboratorio. Esta información básica de biología es valiosa para conocer a la especie y continuar trabajos que contribuyan a entender el problema como plaga que daña estéticamente a los frutos de nopal.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), México, por la asignación de una beca completa de maestría al primer autor (CVU 129352). A los productores de nopal tunero que nos permitieron ingresar a sus parcelas.

LITERATURA CITADA

- Acuña-Soto, J. A., Estrada-Venegas, E. G., Equihua-Martínez, A., Valdez-Carrasco, J. (2012). Ciclo biológico y observaciones del comportamiento de *Aceria tulipae* (Acari: Eriophyidae) bajo condiciones de laboratorio. Revista Ibérica de Aracnología, 20, 129–141 <http://seaentomologia.org/Publicaciones/RevistaIbericaAracnologia/RIA20/131144AcunaMaquetabr.pdf>
- Amrine J. W., Stasny T. A. H., Flechtman C. H.W. (2003). Revised Keys To World Genera of Eriophyoidea (Acari: Prostigmata). Indira Publishing House.

- Anonym. (2023). Opuntoid cacti *Austrocylindropuntia*, *Cylindropuntia* and *Opuntia* species. The State of Queensland, Department of Agriculture and Fisheries.
https://www.daf.qld.gov.au/data/assets/pdf_file/0008/383822/opuntoid-cacti.pdf
- González-Domínguez Sandra G., Santillán-Galicia M. T., Guzmán-Franco A. W., García-Ávila C. J., López-Buenfil J. A., Romero-Rosales F. (2023). *Diptacus rubuscolum* Trinidad, Duarte & Navia (Eriophyoidea: Diptilomiopidae) on blackberry (*Rubus ulmifolius* Schott) in Mexico: occurrence, complementary description, and biology. *Acarologia*, 63 (3) 793-806. <https://doi.org/10.24349/j7im-cara>
- Griffith, M. P. (2004). The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. *American Journal of Botany* 91:1915–1921.
DOI: [10.3732/ajb.91.11.1915](https://doi.org/10.3732/ajb.91.11.1915)
- Inglese, P., Mondragón, J. C., Nefzaoui, A., Sáenz, C. (2018). Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal. FAO.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/73ea486f-87b1-4a97-ba94-ebfc89ed528a/content>
- Keifer, H. H. (1938). Eriophyid studies. Department of Agriculture.
https://www.cdffa.ca.gov/plant/ppd/publications/eriophyid_studies.html
- Le Hou'rou H. N. (1996). Climate change, drought and desertification. *Journal of Arid Environments* 34: 133–185
<https://doi.org/10.1006/jare.1996.0099>
- Lindquist, E. E., Sabelis M. W., Bruin J. (1996). World crop pests, Eriophyoid mites: Their biology, natural enemies and control. Vol. 6. Elsevier Science Ltd.
<https://shop.elsevier.com/books/eriophyoid-mites/lindquist/978-0-444-88628-6>
- Lomeli-Flores, J. R., Rodríguez-Leyva, E., Otero-Colina G., Mora-Aguilera, G., Esquivel-Chávez, F. (2008). Primer reporte de *Tetranychus merganser* (Acari: Tetranychidae) sobre *Opuntia ficus-indica* L. en Tlalnepantla, Morelos. *Entomología Mexicana* N° 7.
- Mann, J. (1969). Cactus-feeding insects and mites. *Bulletin of the United States National Museum*, 256, 1–158, 8 plates. <https://doi.org/10.5479/si.03629236.256.1>

-
- Perales, S. C., González G. E., Peñuelas R. O., Mena C. J., Perales A. L., Argente M. N. 2024. El nopal, principales plagas y enfermedades del nopal en México. Pantanal Editora. Mato Grosso, Brasil. <https://doi.org/10.46420/9786585756204>
- Perring, T. M., Holtzer T. O., Kalisch J. A., Norman J. M. (1984). Temperature and humidity effects on ovipositional rates, fecundity, and longevity of adult female Banks grass mites (Acari: Tetranychidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 77: 581-586. <https://doi.org/10.1093/aesa/77.5.581>
- SIAP – Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/
- Sobha, T. R., Haq, M. A. (2011). Postembryonic development of the coconut mite, *Aceria guerreronis*, on coconut in Kerala, India. *Zoosymposia* 6: 68-71. <https://mapress.com/zoosymposia/content/2011/v6/f/v006p068-071f.pdf>

COMPARACIÓN DE LOS ATRIBUTOS BIOLÓGICOS Y REPRODUCTIVOS DE *Tetranychus merganser* y *Tetranychus urticae* (TROMBIDIFORMES: TETRANYCHIDAE)

Sarai Corona-Sánchez^{1*}, Ma. Teresa Santillán-Galicia¹, Esteban Rodríguez-Leyva¹, Manuel Tejeda-Reyes²

¹Colegio de Postgraduados, Posgrado Fitosanidad, Montecillo, 56264 Texcoco, Estado de México, México.

²Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Parasitología Agrícola., Chapingo, 56230 Texcoco, Estado de México.

*Autor de correspondencia: corona.sarai@colpos.mx

INTRODUCCIÓN

La familia Tetranychidae agrupa alrededor de 1,300 especies de ácaros (Migeon y Dorkeld, 2011) que afectan más de 140 cultivos agrícolas y ornamentales (Díaz-Arias *et al.*, 2019; Lu *et al.*, 2024; Barik *et al.*, 2025). *Tetranychus urticae* es una plaga cosmopolita, frecuentemente señalada como plaga clave de muchos cultivos y resistente a los acaricidas acaricidas (Adesanya *et al.*, 2021; Papapostolou *et al.*, 2021). Por otra parte, *Tetranychus merganser* aparentemente ha incrementado su expansión geográfica, de manera reciente, en Estados Unidos, China, Tailandia y México. En México aparentemente amplió su gama de hospederos, y se ha registrado en cultivos de alto valor económico y plantas ornamentales (Lima-Espíndola and Vanegas-Rico, 2017; Abato Zárate *et al.*, 2018; Moreno-Ramírez *et al.*, 2024). Estos antecedentes sugieren que podría ser una plaga con características biológicas y ecológicas adaptativas que deben caracterizarse.

La información biológica y reproductiva de *T. merganser* es limitada (Abato Zárate *et al.*, 2018) y los estudios de parámetros demográficos, como la tasa intrínseca de crecimiento natural, son muy valiosos para determinar el potencial reproductivo de las especies (Rabinovich, 1976). Se ha demostrado que pequeñas diferencias en estos valores pueden determinar el éxito y capacidad para el establecimiento en un hábitat de una especie, como ha ocurrido con otras del mismo género (Gotoh *et al.*, 2015). Dado que muchas especies de *Tetranychus* son morfológicamente similares, una identificación taxonómica precisa es fundamental. El análisis de estructuras específicas, como el edeago en machos, se considera uno de los métodos más confiables para su diferenciación (Razuvaeva *et al.*, 2023), y es esencial para evitar errores en la evaluación de su desarrollo y comportamiento poblacional. Por lo tanto, este estudio propone una comparación entre *T. urticae* y *T. merganser*, enfocándose en sus características morfológicas y parámetros demográficos, con el objetivo de comprender el potencial reproductivo de *T. merganser*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cría de ácaros. Las colonias de *T. merganser* y *T. urticae* se establecieron en plantas de *Phaseolus vulgaris* (frijol). El procedimiento consistió en colocar una hoja infestada con ácaros sobre hojas sanas de frijol. Las plantas infestadas se introdujeron en una jaula cubierta con Agribón®. **Identificación morfológica.** Para la identificación morfológica se montaron en laminillas 30 hembras (vista ventral) y 60 machos (30 en vista ventral y 30 lateral) por especie, utilizando líquido de Hoyer. La identificación se realizó con claves taxonómicas para *Tetranychus* (Tuttle *et al.*, 1976), y se complementó con la evaluación del color corporal, estandarizado con la paleta Munsell. **Medición de las estructuras morfológicas.** Para comparar morfológicamente a *T. merganser* y *T. urticae* se realizaron mediciones del edeago y del tamaño corporal. Se evaluaron siete parámetros del edeago, cuatro según Escobar-García *et al.* (2023), y tres de acuerdo con Auger *et al.* (2013). Estas mediciones se realizaron en 15 ejemplares por especie con estructuras bien conservadas. Las imágenes se capturaron con microscopio Leica y cámara digital, usando aumentos de 40x y 100x. Después se procesaron con CombineZP, GIMP e ImageJ para mejorar definición, y tomar mediciones en μm . Además, se midieron la longitud y el ancho del idiosoma en 30 hembras y 30 machos por especie, de acuerdo con Sato *et al.* (1999). Los datos fueron analizados estadísticamente para identificar diferencias significativas entre especies. **Tiempo de desarrollo y parámetros demográficos.** Para evaluar el tiempo de desarrollo de *T. urticae* y *T. merganser* se usaron discos foliares de frijol que se mantuvieron a 28 ± 1 °C, $60 \pm 10\%$ HR, fotoperiodo 16:8 h (L:O). Las evaluaciones se realizaron en arenas experimentales adaptadas del método de disco foliar (Modarres Najafabadi, 2012), y se utilizó la metodología descrita por Uddin *et al.* (2015). Los ensayos se establecieron con 33 huevos por especie (dos bloques, 132 repeticiones totales), cada individuo se consideró como unidad experimental. Diariamente se realizaron dos observaciones y se registró la duración de cada estado y estado quiescente de desarrollo. Después de la fase de teliocrisálida, se introdujo un macho adulto para asegurar la copula. A las hembras se les dio seguimiento hasta su muerte, registrando fecundidad y longevidad. Además, se evaluó la proporción sexual a partir de dos muestras de aleatorias de 60 huevos de cada especie. Con estos datos se estimaron los parámetros demográficos: R_0 , r_m , λ , GT y DT .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación morfológica. La longitud del idiosoma entre machos y hembras de *T. urticae* y *T. merganser* fue diferente, y las diferencias fueron significativas ($p < 0.05$). Los machos de *T. urticae* fueron más largos que los de *T. merganser* ($p = 0.010$), y no hubo diferencias en la anchura entre especies. *T. merganser* presentó valores mayores en todas las variables, incluyendo la longitud total del edeago, el margen dorsal, la altura del eje y las dimensiones del botón edeagal ($p < 0.001$ en todos los casos). Las hembras de *T. urticae* también mostraron un idiosoma significativamente más largo y ancho que las de *T. merganser* ($p < 0.001$ en ambos casos). En cuanto al color del idiosoma de los adultos, de acuerdo con la carta de colores Munsell, la hembra de *T. merganser* se caracterizó por una coloración rojo intenso (10R 4/12), mientras que el macho fue naranja amarillento (2.5YR 5/8). En contraste, la hembra de *T. urticae* se caracterizó por color verde amarillento (5GY 5/6), mientras que el macho exhibió una tonalidad gris pálido con toque amarillo (5Y 8/1). **Tiempo de desarrollo y parámetros demográficos.** El tiempo de desarrollo fue significativamente más largo en *T. merganser* (8.68 días) que en *T. urticae* (7.35 días), así como en la mayoría de los estados (huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y deutocrisálida ($p < 0.05$), excepto en protocrisálida y teliocrisálida, donde no se detectaron diferencias significativas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tiempo de desarrollo en días (Medias±EE) de *Tetranychus merganser* y *T. urticae* sobre frijol en condiciones de laboratorio (28 ± 1 °C, $60 \pm 10\%$ HR, fotoperiodo 16:8 h (L:O)).

Especie	n	Estados de desarrollo							Tiempo total
		Huevo	Larva	Protocrisálida	Protonifa	Deutocrisálida	Deutoninfa	Teliocrisálida	
<i>T. merganser</i>	56	3.66 ± 0.04	1.21 ± 0.06	0.625 ± 0.03	0.176± 0.004	0.625 ± 0.03	0.968± 0.04	0.844 ± 0.04	8.68 ± 0.06
<i>T. urticae</i>	57	2.96 ± 0.04	1.03± 0.06	0.647 ± 0.03	0.159± 0.004	0.551± 0.03	0.796± 0.04	0.754 ± 0.04	7.35 ± 0.06

No se encontraron diferencias significativas en la tasa neta de reproducción (R_0 ; $p = 0.6399$) entre *T. urticae* y *T. merganser*. No obstante, una diferencia en el tiempo medio de generación (GT) favorable a *T. urticae* ocasionó diferencias significativas en el resto de los parámetros demográficos. *T. urticae* presentó una tasa intrínseca de crecimiento (r_m) significativamente mayor ($p = 5.33 \times 10^{-7}$) y una razón finita de crecimiento (λ) más alta ($p = 4.96 \times 10^{-7}$) que *T. merganser*. Por su parte *T. merganser* tuvo un mayor tiempo generacional (GT; $p = 2.68 \times 10^{-6}$) y más tiempo para duplicar la población (DT; $p = 5.5 \times 10^{-6}$). (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros demográficos de dos especies de *Tetranychus* en hojas frijol en condiciones de laboratorio (28 ± 1 °C, $60 \pm 10\%$ HR, fotoperiodo 16:8 h (L:O)).

Especie	Parámetros de tabla de vida sobre frijol					Fecundidad de hembras	
	GT	DT	GT	DT	GT	Fecundidad diaria	Fecundidad total
<i>T. merganser</i>	42.86 ± 0.74	0.255 ± 0.001	14.68 ± 0.043	2.71 ± 0.009	1.296 ± 0.001	5.10 ± 0.41	60.4 ± 8.50
<i>T. urticae</i>	47.01 ± 0.80	0.307 ± 0.009	12.51 ± 0.044	2.25 ± 0.007	1.361 ± 0.001	8.12 ± .055	72.2 ± 9.88

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca completa de maestría a la primera autora (CVU 2001687). Al Colegio de Postgraduados por la oportunidad de continuar mi formación profesional. A los miembros de mi Consejo Particular, por su valioso apoyo en cada paso de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Abato-Zárate, M., Villanueva-Jiménez, J.A., Otero-Colina, G., Ávila-Reséndiz, C., Reyes-Pérez, N., 2018. Dinámica poblacional de ácaros de las familias Tetranychidae y Phytoseiidae asociados al papayo (*Carica papaya* L., 1753). ACTA ZOOLOGICA MEXICANA 34, 1–10. <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3411180>
- Adesanya, A.W., Lavine, M.D., Moural, T.W., Lavine, L.C., Zhu, F., Walsh, D.B., 2021. Mechanisms and management of acaricide resistance for *Tetranychus urticae* in agroecosystems. Journal of Pest Science 94, 639–663. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01342-x>
- Auger, P., Migeon, A., Ueckermann, E.A., Tiedt, L., Navajas, M., 2013. Evidence for synonymy between *Tetranychus urticae* and *Tetranychus cinnabarinus* (Acari, Prostigmata, Tetranychidae): Review and new data. Acarologia 53, 383–415. <https://doi.org/10.1051/acarologia/20132102>
- Barik, S., Mahankuda, B., Sahu, N., Mohapatra, S., Sridhar, V., Narigapalli, P., Lakshamanareddy, D.C., Prasannakumar, N.R., Singh, S., Acharya, G.C., Nalla, M.K., Reddy, K.M., Ponnam, N., 2025. Thrips and mites in peppers: challenges and resistance strategies. Euphytica 221, 82. <https://doi.org/10.1007/s10681-025-03515-6>
- Díaz-Arias, K.V., Rodríguez-Maciél, J.C., Lagunes-Tejeda, Á., Aguilar-Medel, S., Tejeda-Reyes, M.A., Silva-Aguayo, G., 2019. Resistance to abamectin in field population of *Tetranychus*

- urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) associated with cut rose from State of Mexico, Mexico. Florida Entomologist 102, 428. <https://doi.org/10.1653/024.102.0222>
- Escobar-Garcia, H.A., De Andrade, D.J., Beard, J.J., Ochoa, R., 2023. Description of a new species of spider mite of the genus *Tetranychus* Dufour (Acari: Tetranychidae) from Peru. Acarologia 63, 1017–1029. <https://doi.org/10.24349/g1e1-1e78>
- Gotoh, T., Moriya, D., Nachman, G., 2015. Development and reproduction of five *Tetranychus* species (Acari: Tetranychidae): Do they all have the potential to become major pests? Applied Entomology and Zoology 66, 453–479. <https://doi.org/10.1007/s10493-015-9919-y>
- Lima-Espindola, J., Vanegas-Rico, J.M., 2017. Damage caused by *Tetranychus Mmerganser* Bondreaux (Acari: Tetranychidae) on nopal verdura *Opuntia fFicus-Indica* (L.) Miller during winter. Journal of Entomological and Acarological Research 49. <https://doi.org/10.4081/jear.2017.6281>
- Lu, C., Hao, S., Ha, P.-Z., Huang, L., Dai, L., Wang, Jian-Wwen, Wang, L., Zhang, Z., Ren, Z., Wang, Jin-Zzhong., 2024. A multiplex direct PCR method for the rapid and accurate discrimination of three species of spider mites (Acari: Tetranychidae) in fruit orchards in Beijing. Experimental and Applied Acarology 92, 403–421. <https://doi.org/10.1007/s10493-023-00900-5>
- Migeon, A., Nouguiet, E., Dorkeld, F., 2011. Spider Mites Web: A comprehensive database for the Tetranychidae, in: Sabelis, M.W., Bruin, J. (Eds.), Trends in Acarology. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 557–560. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9837-5_96
- Modarres Najafabadi, S.S., 2012. Comparative biology and fertility life tables of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on different common bean cultivars. International Journal of Acarology 38, 706–714. <https://doi.org/10.1080/01647954.2012.714402>
- Moreno-Ramírez, Y.D.R., Rocandio-Rodríguez, M., Delgado-Martínez, R., Neri-Ramírez, E., Segura-Martínez, Ma. T.D.J., Chacón-Hernández, J.C., 2024. New record of *Tetranychus merganser* (Acari: Tetranychidae) on *Eustoma grandiflorum* (Gentianales: Gentianaceae) in Northeastern Mexico. Journal of Entomological Science 59. <https://doi.org/10.18474/JES23-48>

- Papapostolou, K.M., Riga, M., Charamis, J., Skoufa, E., Souchlas, V., Ilias, A., Dermauw, W., Ioannidis, P., Van Leeuwen, T., Vontas, J., 2021. Identification and characterization of striking multiple-insecticide resistance in a *Tetranychus urticae* field population from Greece. *Pest Management Science* 77, 666–676. <https://doi.org/10.1002/ps.6136>
- Rabinovich, J.E., 1976. *Ecología de poblaciones animales*. Valencia, Venezuela: Departamento de Cultura, Universidad de Carabobo.
- Razuvaeva, A.V., Ulyanova, E.G., Skolotneva, E.S., Andreeva, I.V., 2023. Species identification of spider mites (Tetranychidae: Tetranychinae): a review of methods. *Vestn. Vavilov Journal of Genetics and Breeding* 27, 240–249. <https://doi.org/10.18699/VJGB-23-30>
- Sato, Y., Mori, K., Chittenden, A.R., 1999. Body characters reflecting the body size of spider mites in flattened specimens (Acari, Tetranychidae). *Applied Entomology and Zoology* 34, 383–386. <https://doi.org/10.1303/aez.34.383>
- Tuttle, D.M., Baker, E.W., Abbatiello, M.J., 1976. Spider mites of Mexico (Acari: Tetranychidae). *International Journal of Acarology* 2, 1–102. <https://doi.org/10.1080/01647957608683760>
- Uddin, M.N., Alam, M.Z., Miah, M.R.U., Mian, M.I.H., Mustarin, K.E., 2015. Life table parameters of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on different bean varieties. *African Entomology* 23, 418–426. <https://doi.org/10.4001/003.023.0231>

ÁCAROS ORIBÁTIDOS DE LA CORTEZA DE *Abies religiosa* (Kunth) Schltl. y Cham., 1830 (PINACEAE): MORFOLOGÍA VARIABLE Y ADAPTACIONES EN ESPECIES REPRESENTATIVAS

Harol Revelo Tobar^{1*}, Gabriel Otero-Colina¹, Jesús Romero Nápoles¹, Lauro Soto-Rojas¹, Pamela Murillo-Rojas², Pablo A. Martínez³

¹ Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fitosanidad – Entomología y Acarología, Texcoco, Estado de México, México. ² Universidad de Costa Rica, CIPROC, Escuela de Agronomía, San José, Costa Rica.

³ Universidad Nacional de Mar del Plata, Departamento de Biología, Mar del Plata, Argentina.

*Autor para correspondencia: hrevelo@earth.ac.cr

INTRODUCCIÓN

Los ácaros oribátidos (Acari: Oribatida), integrantes del superorden Acariformes, constituyen uno de los grupos de microartrópodos más diversos y ecológicamente relevantes; actualmente se reconocen 163 familias, 1,323 géneros y 11,516 especies y subespecies a nivel mundial (Subías, 2024). En México, se ha documentado la presencia de 117 familias con 378 géneros y 768 especies, lo que representa aproximadamente el 71.7 % de las familias, 28.5 % de los géneros y 6.5% de las especies descritas globalmente (Revelo-Tobar *et al.*, 2024).

Aunque la mayor diversidad de oribátidos se encuentra en suelos, estos ácaros han colonizado una considerable diversidad de hábitats, que incluye ecosistemas acuáticos y arborícolas (Norton 1994). Dentro del entorno arbóreo, pueden llegar a habitar ramas, hojas, material orgánico suspendido, musgos, líquenes y, de manera destacada en la corteza (Lindo y Winchester 2006). Hasta el momento se ha documentado la presencia de al menos 110 géneros pertenecientes a 51 familias en este tipo de hábitats, con una alta proporción de especies nuevas para la ciencia, lo cual insinúa un alto desconocimiento sobre la diversidad de los oribátidos arborícolas (Behan-Pelletier y Walter 2009). Estos grupos desempeñan funciones ecológicas imprescindibles en los diferentes estratos de un bosque, como la estimulación del crecimiento de ciertas algas y líquenes y la disposición de nutrientes a la microbiota arborea mediante sus pellets fecales (Prinzing y Wirtz 1997).

Dadas las condiciones más exigentes del hábitat arbóreo, las especies han generado múltiples adaptaciones fisiológicas, reproductivas y morfológicas para sobrevivir en este entorno; entre estas resaltan las siguientes: aumento del dimorfismo sexual, setas botridiales cortas con cabezas globosas o en forma de masa, áreas porosas agrandadas, solenidios expandidos, garras

mono o bidáctilas, sáculos en las patas, etc. (Behan-Pelletier y Walter 2009; Estrada-Venegas *et al.* 2022). En este trabajo se describe un nuevo género y especie de la familia Damaeidae, el segundo en esta familia con especies arborícolas conocidas. Las especies recolectadas presentan notables modificaciones asociadas con la vida en los árboles, destacando la presencia de una seta botridial globosa, una estructura importante en la percepción sensorial de los oribátidos. Aunque su relevancia ecológica es alta, los oribátidos de esta región han sido poco estudiados; este estudio busca contribuir al conocimiento de los oribátidos arborícolas, mediante el estudio taxonómico de especies de la corteza y la descripción de sus adaptaciones al entorno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo y observaciones.

Los especímenes provienen de muestras de barridos de corteza de *Abies religiosa* (Kunth) Schldl. y Cham., 1830, realizados como lo describen André & Lebrum (1979) de tres niveles altitudinales: sitio bajo, 19°26'49.5"N 98°46'54.36"O, a 2880 m s.n.m.; medio, 19°26'37.7"N 98°45'18.3"O, a 3232 m s.n.m. y alto, 19°24'51.9"N 98°44'58.9"O, a 3556 m s.n.m., todas del Monte Tláloc, vertiente occidental en el Municipio de Texcoco, Estado de México, México. Las muestras se recolectaron bimestralmente desde septiembre de 2023 hasta mayo de 2025, se lavaron con una solución jabonosa y se filtraron a través de tamices de 2 mm y 150 µm.

Los especímenes se aclararon con ácido láctico al 85% durante dos semanas; algunos especímenes fueron disecados y colocados en KOH 10% a 50°C por tres horas para eliminar la capa de cerotegumento. Los individuos fueron dispuestos en preparaciones temporales con ácido láctico y portaobjetos excavados para su identificación; las preparaciones se observaron en microscopio AmScope B660B. Algunas muestras limpias se procesaron para una sesión de microscopía electrónica de barrido; para ello, se colocaron en diferentes concentraciones de alcohol (70%, 80%, 96% y 100%), fueron secadas hasta punto crítico en un secador Samdri-795® y montadas en cinta de carbono para recibir un recubrimiento de oro ionizado. Las imágenes se obtuvieron con un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6390®. La edición final y la construcción de las láminas se realizó en GIMP versión 2.10.20.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Listado de especies identificadas.

Se recolectaron 9,741 especímenes, que corresponden a 18 familias, 30 géneros y 43 especies: **Crotoniidae** Thorell, 1876: *Austronothrus* sp. nov.; *Camisia segnis* (Hermann, 1804); *Camisia biverrucata* (Koch, 1839). **Neolioididae** Sellnick, 1928: *Platyliodes* sp. nov. **Pherolioididae** Paschoal, 1987: *Pheroliodes* sp.; *Pheroliodes grandis* (Hammer, 1961). **Damaeidae** Berlese, 1896: Gen. nov. sp. nov. **Cepheusidae** Berlese, 1896: *Eupterotegaeus* sp. n.; *Ommatocephus quetzalli* Revelo & Martínez, 2025; *Reticulocephus* sp. n. **Eremaeidae** Oudemans, 1900: *Eueremaeus oblongus* (Koch, 1835). **Carabodidae** Koch, 1843: *Carabodes (Klapperiches) lindquisti* Ermilov, 2023. **Suctobelbidae** Jacot, 1938: *Suctobelbidae* gen. 1 sp. 1. **Tectocephidae** Grandjean, 1954: *Tectocephus* 1. **Cymbaeremaeidae** Sellnick, 1928: *Scapheremaeus* sp. n. 1; *Scapheremaeus* sp. nov. 2; *Scapheremaeus cf. dirzoius* Palacios-Vargas & Páez, 2018; *Scapheremaeus cf. morulisensillatus* Ríos & Palacios-Vargas, 1998; *Scapheremaeus palaciosi* Ríos, 1996. **Eremellidae** Balogh, 1961: *Eremellidae* gen. & sp. 1; *Eremella cochlearia* Revelo & Martínez, 2025. **Achipteriidae** Thor, 1929: *Anachipteria* sp. **Haplozetidae** Grandjean, 1936: *Peloribates aff. porosus* Beck, 1964; *Peloribates genavensium* Mahunka, 1983. **Oribatulidae** Thor, 1929: *Phaulopia lucorum* (Koch, 1841); *Lucoppia burrowsi* (Michael, 1890). **Oripodidae** Jacot, 1925: *Oripoda* sp. nov. 1; *Oripoda* sp. n. 2; *Protoripoda* sp. nov. **Scheloribatidae** Grandjean, 1933: *Domatorina (D.) usnea* (Norton & Palacios-Vargas, 1987). **Zetomotrichidae** Grandjean, 1954: *Zetomotrichus* sp. nov. **Ceratozetidae** Jacot, 1925: *Trichoribates cf. tepetlensis* Palacios-Vargas et Norton, 1984; *Adoribatella* sp. **Mycobatidae** Grandjean, 1954: *Mycobates royi* Palacios-Vargas & Vázquez, 1988.

Descripción de nuevas especies

Familia Damaeidae Berlese, 1896; *Corticibelbella tlalocensis* Gen. nov. y sp. nov.

Diagnosis. Rostro redondeado, ligeramente estriado; epímeras reticuladas. Seta botridial clavada, cabeza barbulada, globosa por acumulación de cerotegumento; seta interlamelar espiniforme, pigmentada, base lisa; setas rostrales y lamelares largas, barbuladas, curvadas. Notogaster con 11 pares de setas: c_1 diminuta, lisa; c_2 , la , lm , lp espiniformes, pigmentadas; serie h y p pequeñas, lisas. Genas con espina interna, rutelos atelobásicos, más estrechos que la gena. Fórmula epimeral 3–1–3–3; enantiófisis parastigmáticas y ventrosejugales presentes; discidium ausente. Seis pares

de setas genitales (ocasionalmente cinco), barbuladas. Setas anales y adanales setiformes, ad_1 postanal, ad_3 lateral. Patas monodáctilas; fórmula I–IV: (1-6-4-4-20), (1-6-4-4-17), (2-4-3-3-17), (1-4-2-3-14); solenidios ω ceratiformes, σ baculiformes, famulus acuminado; áreas porosas en fémur, tibia, genu y tarso.

Variación morfológica de la seta botridial, cómo respuesta adaptativa

La percepción del entorno por parte de los ácaros oribátidos es efectuada principalmente a través de las papilas genitales, órgano de Claparède, lenticula, setas ordinarias, solenidios, eupatidios, fámulos y tricobotrias (Grandjean 1961). A diferencia del resto de las estructuras sensoriales, las tricobotrias están presente en todas las especies de Oribatida; están constituidas por setas especializadas (seta botridial= sensilo u órgano pseudostigmático) con receptáculos profundos, generalmente infundibuliformes (botridios), con prolongaciones tubulares en forma de “S”. Se localizan en pares sobre la región dorsolateral posterior del prodorso (van der Hammen 1980; Norton y Behan-Pelletier, 2009).

Los estudios de ultraestructura de las tricobotrias fueron realizados por Tarman (1961); Alberti *et al.* (1994) representan los únicos intentos por comprender el funcionamiento de estas estructuras, cuyo grado de evolución y perfeccionamiento supera con creces a los presentes en otros quelicerados (Grandjean 1961). La forma general de las tricobotrias varía ampliamente: puede ser setiforme, lanceolada, flagelada, pectinada, radiada o cabeza en forma de masa; sin embargo, los oribátidos arborícolas muestran modificaciones significativas en la seta botridial; en la mayoría de las especies, esta presenta un tallo corto con una cabeza claviforme o globosa (Behan-Pelletier y Lindo 2023).

Las especies recolectadas en la corteza de *Abies religiosa* en el monte Tláloc evidencian esta condición: *Eremella cochlearia*, *Pheroliodes grandis* y *Peloribates aff. porosus* presentan una seta botridial con cabeza globosa; *Oripoda* sp. nov. 1-2 muestran esta misma morfología y sus tricobotrias están completamente cubiertas por los pteromorfos. *Austronothrus* sp. nov., *Ommatocephus quetzalli* y la nueva especie representan auténticas singularidades dentro de Oribatida: en el primer caso, las tricobotrias se encuentra completamente oculta bajo la cutícula del prodorso; *O quetzalli* presenta una seta botridial completamente cubierta por el botridio, dejando apenas una pequeña apertura lateral. Finalmente, *Corticibelbella tlalocensis* gen. nov. y sp. nov. junto con *Arboribelba clavasensilla* (Norton & Palacios-Vargas, 1982), son las únicas especies de

Damaeidae conocidas con setas botridiales globosas, dentro de una familia en las que estas estructuras son típicamente flageladas.

La función de las tricobotrias parece estar relacionada a la percepción de vibraciones transmitidas por el ambiente y el sustrato Tarman (1961); en tal caso, su regresión respondería a la ausencia de un anemo- o vibroreceptor, como ocurre en los estados los inmaduros endófagos de Phthiracaridae, Carabodidae, entre otros (Norton y Franklin 2018). A diferencia del suelo, donde el movimiento del aire es lento y se requieren setas botridiales largas para captar estímulos tenues, en los árboles, donde los estímulos son más intensos, la reducción de estas estructuras podría favorecer su evasión. (Aoki 1971; Norton y Palacios-Vargas 1982).

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece a la OEA, SECIHTI, AMEXCID y OPS por el apoyo económico para la realización de sus estudios doctorales. Al Colegio de Postgraduados por facilitar las instalaciones y el apoyo logístico. Al Dr. Roy A. Norton (York, Facultad de Ciencias Ambientales y Forestales, Syracuse-USA) y Dr. Ladislav Miko (Charles University-República Checa), por el apoyo en la identificación y descripción de las nuevas especies.

LITERATURA CITADA

- Alberti G, Moreno A, Kratzmann M. 1994. The fine structure of trichobothria in moss mites with special emphasis on *Acrogalumna longipluma* (Berlese, 1904) (Oribatida, Acari, Arachnida). *Acta Zoologica (Stockholm)* 75: 57–74.
- André, HM, Lebrum F. 1979. Quantitative comparison of the funnel and the brushing methods for extracting corticolous micro-arthropods. *Ent. Exp. and Appl., Ned. Entomol* 26: 252–258.
- Aoki J. 1971. Soil mites (Oribatids) climbing trees, *In: Proceedings of the 3rd International Congress of Acarology*. Praga: pp. 59–65.
- Behan-Pelletier V, Lindo Z. 2023. *Oribatid Mites: Biodiversity, Taxonomy and Ecology*. CRC Press, Oxford, England: 494 p.
- Behan-Pelletier V, Walter DE. 2009. Biodiversity of oribatid mites (Acari: Oribatida) in tree canopies and litter. *In: Coleman, D., Hendrix, P.F. (Eds.), Invertebrates as Webmasters in Ecosystems*. CABI Publishing, New York, USA: pp. 187–202. <https://doi.org/10.1079/9780851993942.0187>

- Estrada-Venegas EG, Revelo-Tobar H, Equihua-Martínez A. 2022. New Records of Oribatid Mites (Acari: Oribatida) from Central Mexico. *Southwestern Entomologist* 47: 677–683.
- Grandjean F. 1961. Nouvelles observations sur les oribates (1re série). *Acarologia* 3: 206–231.
- Lindo Z, Winchester NN. 2006. A comparison of microarthropod assemblages with emphasis on oribatid mites in canopy suspended soils and forest floors associated with ancient western redcedar trees. *Pedobiologia* 50: 31–41.
- Norton R. 1994. Evolutionary Aspects of Oribatid Mite Life Histories and Consequences for the Origin of the Astigmata. In: Houck, M. (Ed.), *Mites*. Springer: pp. 99–135.
- Norton R, Franklin E. 2018. *Paraquanothrus* n. gen. from freshwater rock pools in the USA, with new diagnoses of *Aquanothrus*, *Aquanothrinae*, and *Ameronothridae* (Acari, Oribatida). *Acarologia* 58: 557–627. <https://doi.org/10.24349/acarologia/20184258>
- Norton RA, Behan-Pelletier V. 2009. Suborder Oribatida. In: Krantz GW, Walter DE. (Eds.), *A Manual of Acarology*. Texas Tech University Press, Lubbock, pp: 430–564.
- Norton RA, Palacios-Vargas JG. 1982. Nueva *Belba* (Oribatei: Damaeidae) de musgos epifitos de Mexico. *Folia Entomológica Mexicana* 52: 61–73.
- Prinzing A, Wirtz H. 1997. The epiphytic lichen, *Evernia prunastri* L., as a habitat for arthropods: shelter from desiccation, food limitation and indirect mutualism. In: Stork NE, Adis J, Didham RK. (Eds.), *Canopy Arthropods*. Chapman & Hall, London, pp: 477–494.
- Revelo-Tobar H, Martínez PA, Palacios-Vargas JG, Otero-Colina G. 2025. New species of oribatid mites (Acari, Oribatida) of the genera *Ommatocephus* (Cepheusidae) and *Eremella* (Eremellidae) from Mexico. *Zootaxa* 5620: 557–574. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5620.4.3>
- Revelo-Tobar H, Ojeda M, García-Ayala L, Palacios-Vargas JG. 2024. Checklist of oribatid mites (Acari: Oribatida) from México. *Zootaxa* 5465: 1–178. <https://doi.org/https://doi.org/10.11646/zootaxa.5465.1.1>
- Subías L. 2024. Listado sistemático, sinonímico y biogeográfico de los ácaros oribátidos (Acariformes: Oribatida) del mundo. *Monografías electrónicas S.E.A.* 12: 1–538.
- Tarman K. 1961. Über die Trichobothrien und Augen bei Oribatei. *Zool Anz* 167: 51–58.
- Van der Hammen L. 1980. Glossary of acarological terminology. Vol 1: General terminology. W. Junk B. V., The Hague, Paises Bajos: 244p.

TAXONOMÍA INTEGRATIVA DEL ÁCARO *Polyphagotarsonemus latus* (ACARI: TARSONEMIDAE) DE DIVERSAS REGIONES BIOGEOGRÁFICAS Y REQUERIMIENTOS TÉRMICOS PARA SU DESARROLLO

Vivian Ovando-Garay^{1*}, Jesús Romero Nápoles¹, Marcelino Martínez Núñez¹, Javier Suarez Espinosa², Gabriel Otero-Colina¹

¹ Posgrado de Fitosanidad, Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ² Posgrado en Socioeconomía Estadística e Informática, Colegio de Posgraduado, Campus Motecillo *Autor de correspondencia: Ovando_2811@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Polyphagotarsonemus latus (Banks) es uno de los ácaros tarsonémidos más dañinos a nivel mundial. Tiene una distribución cosmopolita, especialmente en regiones tropicales y subtropicales, y afecta a más de 60 familias de plantas (Gerson, 1992). Su alimentación implica la extracción de contenidos celulares y posiblemente la inyección de toxinas, lo que ocasiona deformaciones severas en hojas, brotes y flores (Childers, 1996), afectando el crecimiento y rendimiento de cultivos de importancia económica. Aunque tradicionalmente se ha considerado como una sola especie, diversos estudios (Lindquist, 1986; Gerson, 1992; Ovando-Garay *et al.*, 2022) han sugerido que *P. latus* podría conformar un complejo de especies crípticas, dada la variabilidad observada en síntomas, morfología y genética entre poblaciones de distintas regiones. En este contexto, los marcadores moleculares mitocondriales (COI, 16S) y ribosomales (28S, ITS2) se han consolidado como herramientas clave para la delimitación de especies y el análisis filogenético en ácaros (Navajas, 1996). Ante esta problemática, el presente trabajo tiene como objetivo identificar genéticamente poblaciones de *P. latus* provenientes de cultivos en México, Estados Unidos, India y Costa Rica, mediante el uso de marcadores moleculares mitocondriales y ribosomales, complementados con análisis filogenéticos, morfológicos y cladísticos. Este enfoque integrativo permitirá evaluar si *P. latus* corresponde a una sola especie con alta plasticidad genética y morfológica o si se trata de un complejo de especies adaptadas a distintas condiciones agroecológicas, aportando información clave para su manejo fitosanitario.

MATERIALES Y MÉTODOS

Capítulo 1. Análisis morfológico y genético del ácaro *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Acari: Tarsonemidae) de diversas regiones biogeográficas. Se recolectaron especímenes de *P.*

latus en México, y se obtuvieron donaciones de especímenes fijados en alcohol de EE. UU., Costa Rica e India. En México, se obtuvieron ácaros de zarzamora (*Rubus spp.*) en Calera y Ziracuaretiro, y de *Duranta sp.* en Maravatío, todos en Michoacán, y de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) en Sinaloa. Las muestras de otros países provinieron de *C. annuum*. Los adultos se seleccionaron con un estereoscopio y se conservaron en alcohol al 70%. La identificación se realizó mediante claves morfológicas (Lindquist, 1986) y fue confirmada por el Dr. Gabriel Otero-Colina en el Laboratorio de Acarología Agrícola del Colegio de Postgraduados.

Análisis morfométrico. Se analizaron 25 hembras adultas y 25 machos por población. Los especímenes se aclararon en ácido láctico durante 24 horas y se montaron en preparaciones permanentes con medio de Hoyer (Ovando, 2022). Se midieron los caracteres morfológicos descritos por de Coss (1999) con un microscopio de contraste de fases Carl Zeiss, adaptado a un ocular reticulado y calibrado en micrómetros. Las mediciones se transformaron en vectores y se analizaron mediante ANOVA, seguido de la prueba de Tukey para identificar diferencias significativas entre poblaciones. Los análisis se realizaron con ayuda del programa RStudio.

Extracción y amplificación de ADN de las regiones ITS2, COI y ARNr 28S: Se extrajo ADN genómico de un solo ácaro por región utilizando el kit QIAamp DNA Micro. Los genes COI, ITS2 y ARNr 28S se amplificaron mediante PCR con cebadores específicos (Navajas *et al.*, 1996; Ávalos Cerdas, 2019). Cada reacción tuvo un volumen final de 25 μ L y se llevó a cabo en un termociclador Thermo Scientific. Los productos se visualizaron en un gel de agarosa al 1%, se purificaron y secuenciaron en Macrogen (Corea del Sur). Las secuencias se compararon mediante BLAST para su identificación. Los alineamientos se realizaron con ClustalX y las matrices de distancia genética sin corregir se generaron con MEGA7. Se construyó un árbol filogenético mediante el método de máxima verosimilitud.

Análisis cladístico. Para inferir las relaciones filogenéticas entre las poblaciones de *P. latus*, se seleccionaron cinco especímenes por población. Se evaluaron 16 caracteres morfológicos discretos, incluyendo estructuras sensoriales y proporciones corporales, mediante microscopía de contraste de fases (Carl Zeiss). La codificación se ajustó a la terminología taxonómica establecida por Lindquist (1986). *Stenotarsonemus spinki*, perteneciente a la misma familia (Tarsonemidae),

se utilizó como grupo externo, lo que permitió realizar comparaciones dentro de un linaje estrechamente relacionado. La matriz de datos obtenida se analizó según el criterio de parsimonia mediante el software PAUP, generando un árbol con un alto grado de soporte, con valores de bootstrap del 100% en los clados principales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis morfométrico. Los resultados del análisis morfométrico en hembras y machos de *P. latus* revelaron diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones (Tablas 1 y 2). Las de Calera, Maravatío y Sinaloa mostraron valores más altos para la mayoría de los parámetros, mientras que la población de la India presentó consistentemente los más bajos. El efecto significativo de la población ($F_{9,144} = 3.466$, $p = 0.000672$ en hembras; $F_{9,190} = 7.095$, $p = 7.74 \times 10^{-9}$ en machos) apoya que estas diferencias reflejan patrones consistentes, posiblemente asociados con procesos de diferenciación poblacional. Estudios previos han indicado que los factores ambientales y el tipo de hospedador pueden influir en los caracteres morfométricos (Vargas-Arana *et al.*, 2017), como también se ha observado en otros tarsonémidos (Lindquist, 1986). Las poblaciones de Calera y Maravatío, encontradas principalmente en cultivos como chile (*Capsicum annuum*) y zarzamora (*Rubus spp.*), presentan valores morfométricos superiores, lo que podría estar relacionado con la disponibilidad nutricional o condiciones específicas de estos hospedantes.

Cuadro 1. Análisis comparativo biométrico de hembras de las diferentes poblaciones. Todas las medidas están expresadas en μm . LT: longitud total; LI: longitud del idiosoma; AI: ancho del idiosoma; LG: longitud del gnatosoma; AG: ancho del gnatosoma; DCI: distancia entre las coxas I; DCII: distancia entre las coxas II; DCIII: distancia entre las coxas III; LTIII: longitud del trocánter III; LFIII: longitud del fémur-genu III; DCIV: distancia entre las coxas IV; LTIV: longitud del trocánter IV; LFIV: longitud del fémur-genu IV; LTBdIV: longitud del tibiotarso IV; LSvTIV: longitud de la seda v' del tibiotarso IV; LStcTIV: longitud de la seda tc' del tibiotarso IV; LUPI: longitud de la uña de la pata I.

Cuadro 2. Análisis comparativo biométrico de machos de las diferentes poblaciones. Todas las medidas están expresadas en μm . LT: longitud total; LICP: longitud del idiosoma con papila; LISP: longitud del idiosoma sin papila; AI: ancho del idiosoma; LG: longitud del gnatosoma; AG: ancho del gnatosoma; DCI: distancia entre coxas I; DCII: distancia entre coxas II; DCIII: distancia entre coxas III; DCIV: distancia entre coxas IV; LTIV: longitud del trocánter IV; LFIV: longitud del fémur-genu IV; LTIV: longitud del tibiatarso IV.

PARAMETROS	POBLACIONES										SIGNIFICANCIA
	CAL	SIN	MARA	IND	ZIR	QUE	RSE	RSY	CR	EE.UU	
LT	203 ± 2.93	209 ± 2.51	201.1 ± 2.98	200.9 ± 5.38	191.7 ± 4.67	191.6 ± 4.08	195.3 ± 5.8	195.4 ± 5.36	195.3 ± 2.44	196 ± 2.77	0.371
LI	177.9 ± 3.06	183.7 ± 2.66	174.2 ± 3.32	176.4 ± 5.39	163.5 ± 5.31	167.3 ± 4.09	167.9 ± 5.96	176.8 ± 5.89	170.2 ± 2.44	171 ± 3.06	0.5263
AI	117.2 ± 3.01	126.5 ± 4.40	126.8 ± 2.78	100.4 ± 3.78	115.7 ± 3.7	107.9 ± 3.71	112.8 ± 2.55	114 ± 5.97	112.3 ± 1.53	112.3 ± 1.53	1.547e-14 ***
LG	25.1 ± 0.33	25.8 ± 0.73	27.4 ± 0.63	24.5 ± 0	25.8 ± 0.51	24.9 ± 0.27	26.8 ± 0.91	26.1 ± 0.76	26.1 ± 0	25.9 ± 1.66	0.05542
AG	24.9 ± 0.27	25.1 ± 0.42	30.4 ± 0.42	24.2 ± 0.42	26.6 ± 0.46	25.5 ± 0.4	25.1 ± 0.34	25.9 ± 0.41	26.5 ± 0	26.2 ± 1.52	2.2e-16 ***
DCI	23.7 ± 0.45	22.9 ± 0.84	25 ± 0.85	22.8 ± 0.78	22.5 ± 0.85	23.6 ± 0.64	23.5 ± 0.71	23.7 ± 0.66	23.6 ± 0	23.5 ± 1.83	0.2987
DCII	38 ± 0.99	44.9 ± 1.20	39.1 ± 0.95	37.3 ± 0.97	38.4 ± 1.02	37.5 ± 0.84	40.4 ± 1.23	37.9 ± 1.03	38.6 ± 1.48	38.4 ± 3.96	4.416e-06 ***
DCIII	62.7 ± 1.59	64.7 ± 1.16	60.8 ± 0.69	57.7 ± 1.58	59.6 ± 0.84	60.3 ± 0.99	62.7 ± 1.34	61.7 ± 0.9	60.9 ± 2.44	60.5 ± 1.99	0.0154 *
DCIV	29.4 ± 0.04	29.4 ± 2.22	26.3 ± 0.35	28.1 ± 0.38	28.1 ± 0.4	28.1 ± 0.36	28.4 ± 0.39	28.4 ± 0.49	27.8 ± 0	27.9 ± 1.34	5.096e-11 ***
LFIII	48.8 ± 0.2	45.4 ± 1.16	47.4 ± 0.93	44.8 ± 1.24	46.7 ± 0.61	46.7 ± 1.03	48.3 ± 0.68	46.5 ± 1.09	47.1 ± 3.01	46.8 ± 1.89	0.0315 *
DCIV	48.7 ± 0.77	50.8 ± 0.65	40.7 ± 1.49	47 ± 0.94	47.9 ± 0.71	48.8 ± 0.89	48.8 ± 1.26	48.5 ± 0.51	46.6 ± 0	46.6 ± 0.61	1.52e-09 ***
LTIV	12.2 ± 0.02	15.9 ± 0.35	12.1 ± 0.1	15.6 ± 0.45	12.4 ± 0.03	12.5 ± 0.02	13.4 ± 0.36	16.3 ± 0.36	13.3 ± 0.48	13.6 ± 0.39	2.2e-16 ***
LFIV	31.4 ± 0.74	26.6 ± 0.70	29.7 ± 0.56	26 ± 0.66	30.7 ± 0.69	27.2 ± 0.45	26.7 ± 0.64	27.5 ± 0.53	28.3 ± 1.19	28 ± 0.71	3.668e-09 ***
LTBIV	19.7 ± 0.17	20.1 ± 0.29	19 ± 0.3	19.7 ± 0.26	18.9 ± 0.23	19.5 ± 0.1	19.7 ± 0.33	19.7 ± 0.39	19.3 ± 0.48	19.4 ± 0.45	0.02774 *
LSIV	25.1 ± 0.29	23.7 ± 0.47	24.2 ± 0.35	24.1 ± 0.27	24.5 ± 0	23.7 ± 0.34	24.3 ± 0.21	24.2 ± 0.23	24.1 ± 0	24.1 ± 0.3	0.1974
LSIV	25.1 ± 0.29	23.7 ± 0.47	24.2 ± 0.35	24.1 ± 0.27	24.5 ± 0	23.7 ± 0.34	24.3 ± 0.21	24.2 ± 0.23	24.1 ± 0	24.1 ± 0.3	0.1974
LUPI											
PARAMETROS	POBLACIONES										SIGNIFICANCIA
	CAL	MARA	IND	QUE	RSE	RSY	ZIR	EEUU	CR	SIN	
LT	165.4 ± 1.92	163 ± 3.3	160.5 ± 4.16	145.8 ± 2.91	147 ± 3.43	154 ± 3.48	157.9 ± 3.89	157.15 ± 4.77	154.5 ± 4.73	149.43 ± 4.17	1.385e-06 ***
LICP	140.8 ± 1.88	129 ± 5.06	136.4 ± 4.1	121.9 ± 2.97	122.9 ± 3.4	129.6 ± 3.48	130.7 ± 3.4	130.45 ± 4.48	127.84 ± 4.28	120.84 ± 3.94	1.457e-05 ***
LISP	87.9 ± 1.4	94.5 ± 4.02	97.2 ± 2.88	80.4 ± 2.07	82.1 ± 2.15	85.6 ± 1.78	83.8 ± 2.84	85.52 ± 3.69	85.63 ± 2.04	82.8 ± 2.52	4.293e-07 ***
AI	80.5 ± 1.68	81 ± 2.32	71.4 ± 1.79	73.4 ± 2.24	75.5 ± 2.72	79.8 ± 1.86	81.1 ± 1.85	79.46 ± 2.58	78.32 ± 3.52	76.4 ± 1.43	0.004177 **
LG	24.5 ± 0	25.2 ± 0.34	24.7 ± 0.27	24.5 ± 0	24.5 ± 0	24.5 ± 0	25.3 ± 0.36	25.06 ± 1.10	24.85 ± 1.09	24.5 ± 0	0.003721 **
AG	25.7 ± 1.03	25.4 ± 0.4	24.5 ± 0.4	24.5 ± 0	24.5 ± 0	24.8 ± 0.27	25.6 ± 0.46	25.36 ± 0	25.06 ± 0.2	24.5 ± 0	0.2399
DCI	23.1 ± 0.6	24.1 ± 0.58	22.7 ± 1.39	23.6 ± 0.6	22.2 ± 0.96	23.6 ± 0.65	24.3 ± 0.33	23.91 ± 1.24	23.62 ± 0.40	22.5 ± 0.96	0.5253
DCII	42.4 ± 1.87	46.2 ± 1.64	42.1 ± 1.48	45.4 ± 1.47	42.1 ± 1.93	45.3 ± 1.29	46.2 ± 1.54	45.27 ± 1.87	44.99 ± 2.28	42.1 ± 1.95	0.3342
DCIII	66.2 ± 1.74	70.6 ± 1.5	63.5 ± 3.08	62.3 ± 1.41	63.9 ± 1.31	67.3 ± 1.41	67.9 ± 1.21	67.03 ± 1.87	66.48 ± 2.75	64.74 ± 1.49	0.01441 *
DCIV	59.9 ± 1.22	61.9 ± 1.08	52.2 ± 1.79	54.6 ± 1.15	55.2 ± 1.17	57.7 ± 1.43	61.6 ± 0.66	59.75 ± 2.53	58.41 ± 1.69	57.13 ± 1.21	1.721e-07 ***
LTIV	19.7 ± 0.1	19.7 ± 0.22	17.5 ± 0.46	19.3 ± 0.27	18 ± 0.78	19.4 ± 0.49	20 ± 0.19	19.59 ± 0.67	19.33 ± 0.44	18.04 ± 0.52	6.266e-05 ***
LFIV	31.3 ± 0.39	28.2 ± 0.71	28.8 ± 0.42	28.9 ± 0.47	28.5 ± 0.65	28.6 ± 0.5	31.7 ± 0.71	30.6 ± 0.68	29.45 ± 0.41	28.33 ± 0.72	1.403e-07 ***
LTIV	28.7 ± 0.27	27.5 ± 0.65	25 ± 0.58	25.2 ± 0.74	24.2 ± 0.46	24.9 ± 0.42	27.1 ± 0.43	26.67 ± 0.51	26.01 ± 0.85	24.73 ± 0.53	2.584e-12 ***

Análisis molecular. El cladograma presentado en la Figura 1 muestra que las poblaciones michoacanas de *P. latus* forman un clado bien definido, estrechamente relacionado con la población estadounidense. Esta proximidad filogenética sugiere un origen evolutivo compartido o un flujo genético relativamente reciente entre ambas regiones. Por otro lado, las poblaciones costarricenses se agrupan en un clado separado, lo que podría indicar un aislamiento prolongado y una diferenciación genética independiente. De igual manera, Chiapas e India forman un clado basal independiente, lo que refleja una historia evolutiva distinta, como se ha mostrado en trabajos anteriores (Ovando *et al.* 2022). La inclusión de *S. spinki* y *Phytonemus pallidus* como grupos externos permitió establecer la raíz del árbol, facilitando la interpretación de las relaciones evolutivas entre las poblaciones. En conjunto, estos resultados demuestran la influencia de procesos como la especiación, la dispersión y el aislamiento geográfico en la diversificación genética de las poblaciones estudiadas. Estos patrones resaltan la importancia de analizar los factores históricos

para comprender mejor la estructura genética de las especies de ácaros con amplia distribución y relevancia agrícola.

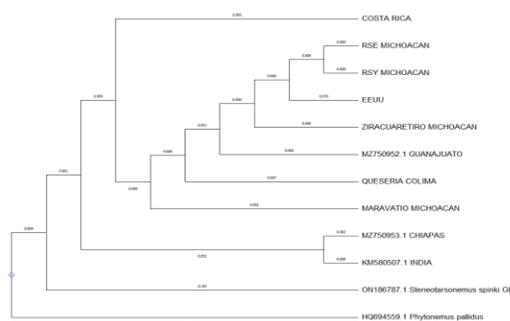


Figura 1. El árbol se construyó con base en secuencias de fragmentos mitocondriales de COI, con máxima verosimilitud y basado en modelo general reversible en el tiempo.

Análisis cladístico. El árbol filogenético del complejo *P. latus*, construido utilizando a *S. pinki* como grupo externo (Figura 2), mostró un alto grado de congruencia (CI = 1.000, RI = 1.000, RC = 1.000), lo cual refuerza su robustez y confiabilidad. Estos valores indican ausencia de homoplasia y relaciones evolutivas claras entre las poblaciones estudiadas, características que facilitan la interpretación de los patrones de diversificación del grupo (Lindquist, 1986). Las poblaciones de India y Costa Rica divergen inmediatamente después del holotipo, con India ocupando una posición más ancestral. Esta relación sugiere un posible origen asiático de *P. latus*, seguido por una dispersión hacia América Central, como han propuesto estudios previos basados en caracteres morfológicos y moleculares (Ovando-Garay *et al.*, 2022). En este contexto, Costa Rica actúa como un puente filogenético entre Asia y América del Norte, lo cual podría estar relacionado con eventos históricos de migración asociados al comercio agrícola o movimientos naturales de los ácaros entre regiones tropicales. Por otro lado, las poblaciones mexicanas (Rancho_Suprem_VE, Rancho_Suprem_VY, Ziracuaretiro, Calera, Maravatío, Sinaloa y Colima) forman un clado monofilético bien definido, lo cual indica una expansión secundaria en territorio americano. Este resultado es coherente con estudios previos que han identificado a México como una zona clave, posiblemente debido a condiciones climáticas favorables para el desarrollo del ácaro (Vargas-Arana *et al.*, 2017). En conjunto, estos resultados apoyan la hipótesis de una

dispersión desde Asia hacia América, con México como eje central de diversificación del complejo *P. latus*. Las relaciones filogenéticas aquí presentadas ofrecen una base importante para futuros estudios sobre dinámicas de dispersión, especiación y adaptación de este complejo de ácaros polípagos.

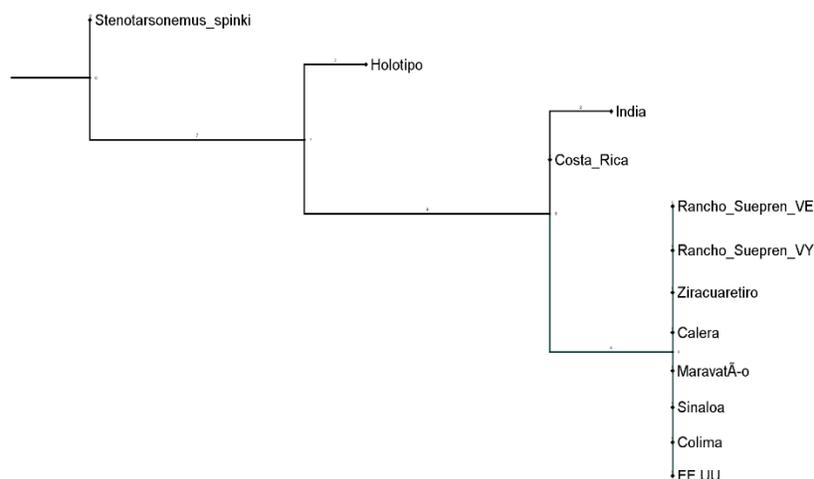


Figura 2. Árbol filogenético del complejo *Polyphagotarsonemus latus* obtenido mediante análisis de parsimonia. CI = 1.000, RI = 1.000, RC = 1.000. El árbol está enraizado con *Stenotarsonemus spinki*.

AGRADECIMIENTOS

Al SECIHTI por la beca otorgada para la realización de este proyecto de Doctorado. Al Colegio de Postgraduados por proporcionar los materiales necesarios para llevar a cabo la investigación.

LITERATURA CITADA

Ávalos Cerdas, J.M. (2019). *Determinación morfológica-molecular de una población aberrante de Brevipalpus californicus y su papel como vector de Citrus leprosis virus (CiLV-C y OFV-citrus)*. Master's thesis. Colegio de Postgraduados

- Childers, C.C. (1994). Biological control of phytophagous mites on Florida citrus utilizing predatory arthropods. In: Mound, L.A. & Kibby, G. (eds.) *Thrips as crop pests*. Wallingford: CAB International, pp. 255–288.
- De Coss Flores, M.E. (1999). Morfología externa de ácaros del género *Polyphagotarsonemus* (Actinedida: Tarsonemidae) procedentes de la región del Soconusco, Chiapas, México. Master's thesis. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Gerson, U. (1992). Biology and control of the broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae). *Experimental and Applied Acarology*, 13(3), pp. 163–178. <https://doi.org/10.1007/BF01194934>
- Lindquist, E.E. (1986). The world genera of Tarsonemidae (Acari: Heterostigmata): morphological, phylogenetic, and systematic revision, with a reclassification of family group taxa in the Heterostigmata. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 118(136), pp. 1–517. <https://doi.org/10.4039/entm118136fv>
- Navajas, M., Lagnel, J., Fauvel, G. & De Moraes, G. (1999). Sequence variation of ribosomal internal transcribed spacers (ITS) in commercially important Phytoseiidae mites. *Experimental and Applied Acarology*, 23(11), pp. 851–865. <https://doi.org/10.1023/a:1006251220052>
- Ovando Garay, V., González Gómez, R., Zarza, E., Castillo Vera, A. & De Coss Flores, M.E. (2022). Morphological and genetic characterization of the broad mite *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Acari: Tarsonemidae) from two Mexican populations. *PLoS ONE*, 17(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266335>
- Vargas-Arana, M.A., Otero-Colina, G. & Santiago-Martínez, R.M. (2017). Morfometría de *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae) en condiciones de laboratorio y de campo. *Revista Mexicana de Acarología*, 11, pp. 23–34.

SUSCEPTIBILIDAD DE *Dolichotetranychus floridanus* (ACARI: Tenuipalpidae) A LA INFECCIÓN POR HONGOS ENTOMOPATÓGENOS Y A LA DEPREDACIÓN POR *Neoseiulus californicus*

Gerardo Montiel Vicencio^{1*}, Ariel Wilbert Guzmán Franco^{1*}, Ma. Teresa Santillán Galicia¹, Nain Peralta Antonio², Daniel Téliz Ortiz¹.

1. Posgrado en Fitosanidad, Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Carretera México- Texcoco Km. 36.5, Montecillo, 56230 Texcoco, Estado de México, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla, Carretera Federal Veracruz-Córdoba km 34.5, Medellín de Bravo, Veracruz, México. C.P. 91700.

*Autor por correspondencia: gariel@colpos.mx

INTRODUCCIÓN

México es el noveno productor de piña en el mundo con 47337 ha, y una producción que supera las 1.25 millones de toneladas (FAO, 2023). La piña se cultiva en 14 estados del país, destacándose Veracruz, donde se concentra el 82% de la superficie sembrada (SIAP, 2025). Una de las plagas del cultivo de la piña, es el ácaro rojo *Dolichotetranychus floridanus* el cual puede reducir la producción hasta en un 20% (Uriza-Ávila *et al.*, 2018). Este ácaro causa lesiones necróticas y marchitamiento al alimentarse de los jugos celulares de las partes no clorofílicas de las hojas (Gerson, 2008).

El manejo de las plagas en el agroecosistema piña, se lleva a cabo mediante control químico, en donde, el diazinon y endosulfan son los ingredientes ampliamente utilizados; sin embargo, su uso intensivo ha favorecido la resistencia de las plagas, la presencia de residuos en frutos y daños a la salud (Rebolledo *et al.*, 2016). Como consecuencia, en la actualidad se buscan alternativas menos dañinas para el combate del ácaro, como es el caso del control biológico, que usa enemigos naturales. Como es el caso de los hongos patógenos *Beauveria*, *Cordyceps* (= *Isaria*), *Metarhizium* y *Acanthomyces* (= *Lecanicium*) (Chandler *et al.*, 2000), que en bioensayos realizados en laboratorio se han reportado mortalidades del 70% con *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (Wekesa *et al.*, 2005). Así también, en cuanto a depredadores de *D. floridanus*, se reporta a los de la familia Cheyletidae, con más de 360 especies depredadoras (Mohamed *et al.*, 1982 y Bochkov *et al.*, 2005). En México se encuentran en todo el país y por su voracidad se les considera valiosos para el control biológico de plagas (Hoffmann, 1998). *Cheyletus cacahuamilpensis* está reportado como depredador potencial de *D. floridanus* en el

cultivo de piña (Mohamed *et al.*, 1982). Sin embargo, son ácaros generalistas (McMurty, 2013). Por lo anterior el objetivo de este trabajo es evaluar la susceptibilidad a la infección por hongos entomopatógenos y depredadores contra *D. floridanus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

***Dolichotetranychus floridanus*.** Adultos, inmaduros y huevos de *D. floridanus* fueron obtenidos de plantas de piña provenientes de plantaciones comerciales libres de aplicaciones de pesticidas.

Producción de hongos entomopatógenos. Se utilizó un aislamiento de las especies *Isaria fumosorosea* (Pfr4) y *Metarhizium anisopliae* (Ma129). Ambos aislamientos se inocularon en placas de agar dextrosa Sabouraud (SDA), las cuales se incubaron durante 20 días en oscuridad total a 27° C y 60% de humedad relativa. La recuperación de conidios se realizó de acuerdo con la metodología de Castillo-Ramírez *et al.* (2020). A partir de ambas suspensiones madre, se prepararon 20 mL con una concentración de 1×10^8 conidios mL⁻¹ cada uno.

Hongos entomopatógenos. Se prepararon arenas con porciones de hojas de piña de 2×2 cm. El experimento consistió en tres tratamientos y cinco repeticiones, donde la unidad experimental estuvo compuesta por 10 ácaros. La aplicación de 3 ml de suspensión de conidios se realizó con una boquilla atomizadora de aire (Spraying Systems Co. Cat. 1/4-J-SS-S, Wheaton, IL, EE. UU.) conectada a un compresor de aire a 20 psi, dentro de una torre de aspersión. Las arenas testigo fueron tratadas con Tween 80 al 0.03 %. Las arenas fueron incubadas después de la aplicación a 25° C y 60% de humedad relativa. La evaluación de mortalidad de los ácaros se realizó cada 24 horas durante ocho días. El experimento se repitió en tres ocasiones diferentes, y los datos de mortalidad se analizaron mediante la regresión logística con función de enlace logit.

Ácaros depredadores. Se utilizó el ácaro depredador *Neoseiulus californicus* proporcionado por Koppert Biological Systems™, Querétaro, México. Durante el tiempo que duraron las evaluaciones los ácaros se mantuvieron en el refrigerador en un rango de 2° a 4°C.

Ensayos de depredación. Se realizaron dos ensayos de depredación: uno de preferencia y otro de no preferencia. En el ensayo de preferencia se colocaron 10 adultos, 10 inmaduros y 10

huevos de *D. floridanus* junto con dos individuos del depredador *N. californicus* sobre una porción de hoja de piña de 1.5x1.5 cm, dentro de una arena de 2.5 cm de diámetro por 1.1 cm de altura. Los depredadores fueron liberados después de un periodo de ayuno de 12 horas. En el ensayo de no preferencia, se colocaron por separado 10 adultos, 10 inmaduros y 10 huevos de *D. floridanus* en arenas del mismo tamaño, donde se liberaron dos depredadores de *N. californicus* luego de un ayuno de 12 horas.

Cada ensayo incluyó seis repeticiones con su respectivo testigo y se repitió cinco veces en el tiempo. Las evaluaciones se realizaron a las 24 horas después del inicio del ensayo. El análisis de los datos se realizó mediante modelos lineales mixtos generalizados (GLMM).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bioensayo con hongos entomopatógenos. Se observó una diferencia estadística entre el testigo y los tratamientos con hongos entomopatógenos ($X_1^2 = 70.86, P < 0.001$) (Figura 1), así como únicamente entre los tratamientos con hongos ($X_1^2 = 50.91, P < 0.001$). El testigo presentó una baja proporción de mortalidad (0.20), comparado con el tratamiento con *I. fumosorosea* que mostró la mayor proporción de mortalidad (0.81). *M. anisopliae* mostró una mortalidad intermedia (0.41). Los resultados indican que *I. fumosorosea* fue más eficaz que *M. anisopliae* en causar mortalidad a *D. floridanus*, lo cual coincide con estudios realizados sobre huevos de *Tetranychus urticae* en donde *Isaria* penetró la cutícula del huevo en tan solo 48 horas y causó el 90% de mortalidad sobre hembras de *Panonychus ulmi* (Zhang *et al.*, 2014 y Graft *et al.*, 2017).

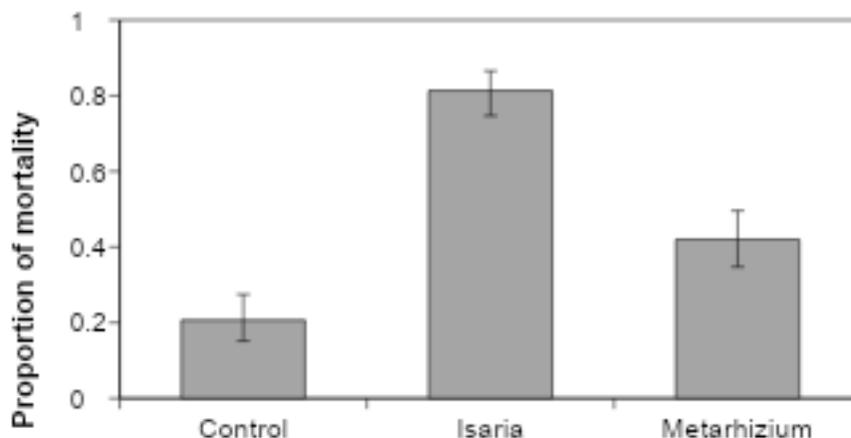


Figura 1. Proporción de mortalidad de *D. floridanus* por hongos entomopatógenos.

M. anisopliae, aunque causó una menor mortalidad en nuestros experimentos, otros estudios reportan buenos resultados en otras especies de Tenuipalpidae como un agente de control biológico (Gerson, 2008).

En los ensayos de depredación de no preferencia, no se realizó un análisis estadístico ya que se obtuvo una mortalidad del 100% en todos los estados de desarrollo a las 24 horas. En el ensayo de preferencia (Figura 2) se muestra una diferencia estadística del adulto comparado con los demás estadios ($P < 0.001$). Además, se observa una mayor proporción de consumo del depredador sobre los huevos (0.97) e inmaduros (0.95), y una menor proporción de consumo sobre los adultos (0.40).

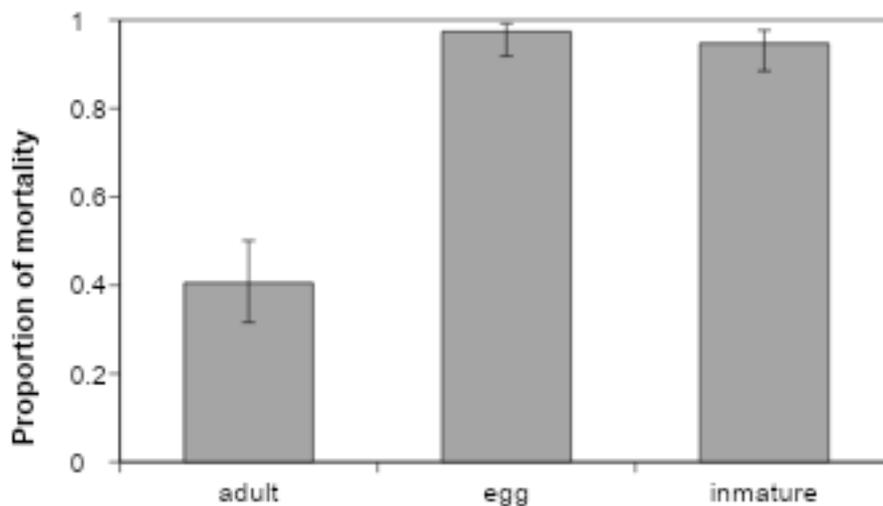


Figura 2. Porcentaje de preferencia en la depredación de *Neoseiulus californicus* sobre diferentes estadios de *Dolichotetranychus floridanus*

Los resultados indican que los estadios de huevo e inmaduros son más vulnerables a la depredación de *N. californicus*, posiblemente porque los estadios inmaduros tienen una limitada movilidad y cutícula más delgada. Estudios similares reportan la depredación de *N. californicus* sobre *Tetranychus urticae* (Canlas *et al.*, 2006).

Desde el punto de vista del manejo integrado de plagas los resultados indican que *I. fumosorosea* y el depredador *N. californicus* son candidatos prometedores para el combate de *D. floridanus*, pero es necesario hacer estudios en plantas de piña para ver si es que estos agentes de control biológico pueden llegar hasta donde habita el ácaro.

AGRADECIMIENTOS

A la SECIHTI y el INIFAP por la beca otorgada para los estudios de doctorado. Al COLPOS Campus Montecillo por la infraestructura que brinda para el desarrollo de la investigación.

LITERATURA CITADA

Bochkov, VA, Hakimitavar, M, Saboori, A. 2005. A review of the Iranian Cheyletidae (Acari: Prostigmata). *Belgian Journal of Entomology* (7): 99-109.

- Canlas, LJ, Amano, H., Ochiai, N., Takeda, M. 2006. Biología y depredación de la cepa japonesa de *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). *Acarología Sistemática and Aplicada*, 141-157.
- Chandler, D, Davidson, G, Pell, JK, Ball, BV, Shaw, K, Sunderland, KD. 2000. Fungal biocontrol of Acari. *Biocontrol Science and Technology* 10(4): 357-384. <https://doi.org/10.1080/09583150050114972>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2023. Valor de la producción agrícola. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QV>
- Gerson, U. 2008. The Tenuipalpidae: An under-explored family of plant-feeding mites. *Systematic and Applied Acarology*, 13(2), 83-101. <https://doi.org/10.11158/saa.13.2.1>
- Gräff, CA, Johann, L, de Souza, CFV, Ferla, NJ. 2017. Patogenicidade de *Isaria fumosorosea* sobre o ácaro vermelho europeu em laboratório. *Revista Biotemas*, 30: 1.
- Hoffmann, A. 1998. Ácaros queilétidos de México (Prostigmata: Cheyletidae) *An. Ese. nac. Cienc. biol., Méx.*, 44: 19--26.
- McMurtry, AJ, De Moraes J,G, Sourassou F,N. 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic and Applied Acarology* 18(4): 297–320. <https://doi.org/10.11158/saa.18.4.1>
- Mohamed, MI, Zaher, MA, Hassan, MF. 1982. Observaciones sobre *Cheyletus cacahuamilpensis*, un depredador del ácaro tenuipalpido *Dolichotetranychus floridanus*. *Entomófago* 27, 343–347. <https://doi.org/10.1007/BF02374818>
- Rebolledo, MA, Uriza, AD, L. Del Angel, PAL, Rebolledo, ML, Zetina, LR. 2016. Piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2. INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. 324 p.
- Romero, RF. 2010. Manejo ecológico de patosistemas: las bases, los conceptos y los fraudes (o manejo integrado de plagas, MIP) (No. 04; SB950 R6.). Universidad Autónoma Chapingo.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2025. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Uriza-Ávila, DE, Torres-Ávila, A, Aguilar-Ávila, J, Santoyo-Cortés, VH, Zetina-Lezama, R, Rebolledo-Martínez, A. 2018. La piña mexicana frente al reto de la innovación. *Avances y*

retos en la gestión de la innovación. Colección Trópico Húmedo. Chapingo, Estado de México. México: UACH

Wekesa, VW, Maniania, NK, Knapp, M, Boga, HI. 2005. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to the tobacco spider mite *Tetranychus evansi*. *Experimental and Applied acarology*, 36(1): 41-50. <https://doi.org/10.1007/s10493-005-0508-3>

Zhang, L, Shi, WB, Feng, MG. 2014. Histopathological and molecular insights into the ovicidal activities of two entomopathogenic fungi against two-spotted spider mite. *Journal of Invertebrate Pathology*, 117: 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2014.02.005>

SECCIÓN: ENTOMOPATÓGENOS
HONGOS ENTOMOPATÓGENOS Y SU POTENCIAL PARA COMBATIR
***Anthonomus eugenii* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)**

Jesús Ernesto Guerra-Sánchez^{1*}, Ariel Wilbert Guzmán-Franco¹, Esteban Rodríguez-Leyva¹, Manuel Alejandro Tejada-Reyes²

¹Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fitosanidad, Entomología y Acarología, Montecillo, 56264 Texcoco, Estado de México, México. ²Universidad Autónoma Chapingo, departamento de parasitología agrícola, Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, 56230 Chapingo, Texcoco, Estado de México.

*Autor por correspondencia: guerra.jesus@colpos.mx

INTRODUCCIÓN

El picudo del chile, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae), es la plaga clave de los cultivos de chile (*Capsicum* spp.) en el continente americano (Elmore *et al.*, 1934; Van De Vossenbergh *et al.*, 2019; Fernández *et al.*, 2020, 2022). La larva es responsable del daño principal, ya que, después de la emergencia del huevo, penetra hacia la placenta del fruto, donde se desarrolla y alimenta, provocando su abscisión; los adultos —único estado de desarrollo que se encuentra fuera de los frutos— pueden alimentarse de frutos inmaduros, yemas florales e incluso hojas (Elmore *et al.*, 1934; Patrock y Schuster, 1992). Como consecuencia, las pérdidas en la producción oscilan entre el 30 y el 90% si no se implementa un control oportuno (Riley, 2008). Se han evaluado algunos parasitoides como alternativas biológicas para el control de inmaduros de *A. eugenii* (Rodríguez-Leyva *et al.*, 2007; Murillo-Hernández *et al.*, 2019); sin embargo, el control de los adultos sigue realizándose principalmente con insecticidas organosintéticos, esto ha favorecido la aparición de poblaciones resistentes en México y Estados Unidos (Rolston, 1997; Servín *et al.*, 2008). Por ello, existe la necesidad de explorar tácticas de combate más sustentables para adultos de *A. eugenii* dentro de la estrategia Manejo Integrado de Plagas. En este contexto, los hongos entomopatógenos pueden infectar a los insectos a través de la cutícula y causar la muerte mediante colonización interna o producción de metabolitos secundarios tóxicos (Steinhaus, 1949; Vega *et al.*, 2012). *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) y *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) se han evaluado en varias especies de curculiónidos, y la mortalidad es variable, pues depende del huésped y del aislamiento fúngico (Orduño-Cruz *et al.*, 2011; Ment *et al.*, 2023). En el caso específico de *A. eugenii*, los trabajos son limitados y se ha documentado una mortalidad entre 16 y 100% en

condiciones de laboratorio (Carballo *et al.*, 2001; García-Curricini *et al.*, 2018). A pesar de la importancia económica de *A. eugenii* en México, hasta el momento no se han evaluado aislamientos nativos de hongos entomopatógenos para el control de adultos. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la virulencia de diferentes aislamientos de hongos entomopatógenos nativos de México sobre adultos de *A. eugenii*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Insectos. Se recolectaron frutos de chile infestados por *A. eugenii* en predios ubicados en La Cruz de Elota, Sinaloa, México, y se trasladaron al laboratorio de Control Biológico del Colegio de Postgraduados. Los frutos se colocaron en jaulas de tela organza con marco metálico (33 x 33 x 60 cm) hasta la emergencia de los adultos. Para controlar la edad, los adultos emergidos se separaron cada 24 h y se transfirieron a cajas de Petri (90 x 50 mm), donde se alimentaron con frutos de chile serrano y pequeñas gotas de miel en las paredes internas de la caja. Las cajas y jaulas de emergencia se mantuvieron a temperatura ambiente ($25 \pm 5^\circ\text{C}$, ~50 % HR). Para el bioensayo se utilizaron adultos de entre 7 y 15 d de edad.

Hongos. Para evaluar la virulencia de hongos entomopatógenos sobre *A. eugenii* se seleccionaron cinco aislamientos: *Beauveria bassiana* (Bb88), *B. pseudobassiana* (Bp30) Rehner & Humber (Hypocreales: Cordycipitaceae), *Metarhizium pinghaense* (Mp140) Chen & Guo (Hypocreales: Clavicipitaceae), *M. anisopliae* (Ma129) y *M. anisopliae* (ABNMa201). Los primeros cuatro pertenecen a la colección del Laboratorio de Patología de Insectos del Colegio de Postgraduados, y el quinto se recuperó de un producto comercial. Para reactivar los hongos y recuperar el aislamiento puro ABNMa201 se inocularon larvas de *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae), siguiendo la metodología de Rustiguel *et al.* (2017). Básicamente, los hongos se recuperaron de larvas esporuladas y se preservaron en glicerol al 10% a -80°C . Las suspensiones conidiales se prepararon raspando cultivos fúngicos de 15 d cultivados en medio SDA, filtrando en gasa estéril y ajustando la concentración a 1×10^8 conidios/mL en Tween 80 al 0.03%. La viabilidad de los conidios se evaluó al sembrar 10 μL de una dilución (1×10^6 conidios/mL) en medio SDA e incubar a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 24 h; solo se utilizaron suspensiones con >95 % de viabilidad.

Bioensayo para evaluar virulencia. La unidad experimental consistió en 12 adultos no sexados de *A. eugenii*. Los insectos se confinaron en cajas de Petri (90 x 50 mm) y se anestesiaron exponiéndolos a CO₂ durante 5 s, utilizando bolsas herméticas de 1 L. A continuación, se transfirieron a cajas de Petri (Ø = 14 cm) con una base de toallas de papel estériles y se asperjaron con 3 mL de la suspensión conidial correspondiente. Para esto, se utilizó una torre de pulverización (50 x 50 x 50 cm) equipada con una boquilla de cono lleno (¼ J-SS, Adir®), conectada a un compresor de aire a 10 PSI. Los tratamientos fueron: Bb88, Bp30, Mp140, Ma129 y ABNMa201; además, un control tratado únicamente con Tween 80 al 0.03%. Cada tratamiento se repitió seis veces. Después de la inoculación, los insectos se transfirieron a arenas experimentales construidas con vasos de poliestireno (210 mL) con tapa y un orificio en la base (Ø = 3.5 cm) cubierto con tela organza para permitir la ventilación. En el interior del vaso se fijaba la mitad de un chile serrano como alimento, y se reemplazaba cada 48 h. Estas arenas experimentales se incubaron a 25 ± 2°C, 55 ± 5% HR y un fotoperiodo de 12:12 h L:O. La mortalidad se registró diariamente durante 15 días. Los insectos que no respondían a la estimulación con un pincel se consideraban muertos. Éstos se desinfectaron mediante inmersión en alcohol al 70% durante 10 s, seguido de un enjuague de 30 s en agua destilada estéril, y se colocaron en cámaras húmedas para confirmar la infección.

Análisis estadístico. Los valores de mortalidad se analizaron utilizando un modelo lineal generalizado (GLM), con distribución binomial y función de enlace logit, empleando el software Genstat 64-bit Release 24.1 (VSN International Ltd).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los insectos tratados con hongos entomopatógenos tuvieron mayor mortalidad en comparación con el grupo control, y esta fue significativa ($P < 0.05$), lo que sugiere que los aislamientos pueden tener algún valor como agentes de control biológico de *A. eugenii* (Figura 1). Esta observación concuerda con estudios previos que reportaron mortalidad de *A. eugenii* en ensayos con hongos entomopatógenos (Carballo *et al.*, 2001; García-Curricini *et al.*, 2018).

Los aislamientos de Bp30 y ABNMa201 mostraron una tendencia a inducir mayor mortalidad (29%) en comparación con el resto; sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P > 0.05$). La aparente baja susceptibilidad de *A. eugenii* podría

estar relacionada con factores como su respuesta inmune, características fisiológicas o morfológicas del hospedero o a la limitada diversidad de aislamientos evaluados en este estudio. A pesar de ello, la mortalidad directa no es la única variable importante al evaluar hongos entomopatógenos. Falta determinar si los aislamientos Bp30 y ABNMa201 ocasionan efectos no letales o alteraciones en la fisiología o comportamiento de *A. eugenii*, particularmente en su fecundidad. Estos cambios en comportamiento por la infección no se han evaluado en ningún trabajo previo en esta especie.

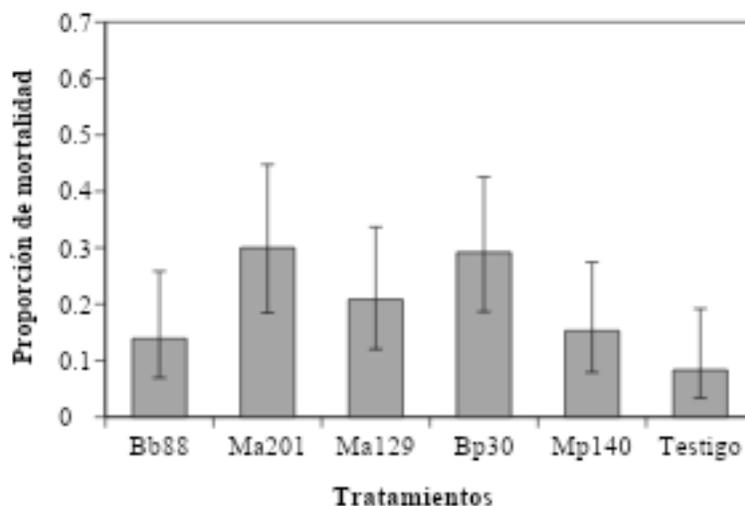


Figura 1. Proporción de mortalidad observada en adultos de *A. eugenii*, las letras y números representan diferentes aislamientos de hongos entomopatógenos. Las barras en cada columna representan los intervalos de confianza al 95%.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECITHI) por la beca completa de maestría otorgada al primer autor (CVU: 1326663). Al personal técnico del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sinaloa (CESAVESIN), y a la Junta Local de Sanidad Vegetal de Elota, Cosalá y San Ignacio, por el gran esfuerzo y dedicación para recolectar y enviar el material biológico cuando fue necesario para el desarrollo de los bioensayos.

LITERATURA CITADA

Carballo M, Rodríguez L, Durán J. 2001. Evaluación de *Beauveria bassiana* para el control del picudo del chile en laboratorio. Revista Manejo Integrado de Plagas CATIE 59: 54–59.

- Elmore JC, Davis AC, Campbell RF. 1934. The pepper weevil. U.S. Dep. Agric. Tech. Bull. 447: 27 p.
- Fernandez DC, Vanlaerhoven SL, Rodríguez-Leyva E, Zhang MY, Labbe R. 2022. Population structure and genetic diversity of the pepper weevil (Coleoptera: Curculionidae) using the COI barcoding region. *Journal of Insect Science* 22: 1-10. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieac012>
- Fernandez, D.C., Vandenberg, S.L., McCreary, C., Labbe R. 2020. An overview of the pepper weevil (Coleoptera: Curculionidae) as a pest of greenhouse peppers. *Journal of Integrated Pest Management* 26: 1–11. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa029>
- García-Carrucini MA, Leyva VC, de Jensen CE. 2018. Isolation of native entomopathogenic fungi with potential for control of the pepper weevil, *Anthonomus eugeni* Cano, in Puerto Rico. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 101: 91-106. <https://doi.org/10.46429/jaupr.v101i1.14296>
- Ment D, Levy N, Allouche A, Davidovitz M, Yaacobi G. 2023. Efficacy of Entomopathogenic Fungi as Prevention against Early Life Stages of the Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) in Laboratory and Greenhouse Trials. *Insects* 14: 918. <https://doi.org/10.3390/insects14120918>
- Murillo-Hernández JE, García-Martínez Y, Rodríguez-Leyva E, Lomeli-Flores JR. 2019. Host Feeding by *Jaliscoa hunteri* on Immature Stages of Pepper Weevil. *Southwestern Entomologist* 44: 775-778. <https://doi.org/10.3958/059.044.0323>
- Orduño-Cruz N, Guzmán-Franco AW, Rodríguez-Leyva E, López-Collado J, Váldez-Carrasco JM, Mora-Aguilera G. 2011. Susceptibility of the cactus weevil *Metamasius spinolae* to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* under laboratory and field conditions. *Journal of Applied Microbiology* 111: 939-948. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2011.05097.x>

- Patrock MJ, Schuster DJ. 1992. Feeding, oviposition and development of the pepper weevil, (*Anthonomus eugenii* Cano), on selected species of Solanaceae. *Tropical Pest Management* 38: 65-69. <https://doi.org/10.1080/09670879209371648>
- Riley, D.G., 2008. Pepper Weevil, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae), In *Encyclopedia of Entomology*. Ed. by Capinera J, Springer, Dordrecht, pp. 2782-2784. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6_2843
- Rodríguez-Leyva E, Stansly PA, Schuster DJ, Bravo-Mosqueda E. 2007. Diversity and Distribution of Parasitoids of *Anthonomus eugenii* (Coleoptera: Curculionidae) from Mexico and Prospects for Biological Control. *Florida Entomologist* 90: 693-702. DOI: 10.1653/0015-4040(2007)90[693:DADOPO]2.0.CO;2
- Rolston LH. 1977. Insecticide tests in laboratory and field against the pepper weevil, *Anthonomus eugenii* Cano. *Journal of the Georgia Entomological Society* 12: 117-120.
- Rustiguel CB, Fernández-Bravo M, Guimarães LHS, Quesada-Moroga E. 2018. Different strategies to kill the host presented by *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. *Canadian Journal of Microbiology* 64: 191-200. DOI: 10.1139/cjm-2017-0517
- Servín VR, García HJ, Tejas RA, Martínez CJ, Toapanta MA. 2008. Susceptibility of pepper weevil (*Anthonomus eugenii* Cano) to seven insecticides in rural areas of Baja California sur, México. *Acta Zoológica Mexicana* 24: 45-54.
- Steinhaus, E.A., 1949. *Principles of insect pathology*. McGraw-Hill.
- Van De Vossenbergh BTLH, Warbroek T, Ingerson-Mahar J, Waalwijk C, Van Der Gouw LP, Eichinger B, Loomans AJM. 2019. Tracking outbreak populations of the pepper weevil *Anthonomus eugenii* (Coleoptera; Curculionidae) using complete mitochondrial genomes. *PLoS One* 14: 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221182>
- Vega FE, Meyling NV, Luangsa-ard JJ, Blackwell M. 2012. Fungal Entomopathogens. In *Insect Pathology (Second Edition)*. Ed. by Vega F. E. & Kaya H. K, Academic Press, San Diego, pp. 171-220. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384984-7.00006-3>

INTERACCIÓN ENTRE HONGOS Y NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS EN LARVAS Y ADULTOS DE *Scyphophorus acupunctatus* (COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE).

Julia Melitón-Rosalio^{1*}, Ariel W. Guzmán-Franco¹, Ma. Teresa Santillán-Galicia¹, Candelario Santillán-Ortega².

¹Posgrado Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, 56230, Texcoco, Estado de México, México. ²Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México-Texcoco, Km 38.5, 56230, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia: meliton.julia@colpos.mx

INTRODUCCIÓN

El agave (*Agave spp.*) es una planta de gran importancia económica, cultural y ecológica en México, utilizada en la producción de bebidas tradicionales como el tequila, el mezcal y el pulque. Sin embargo, la productividad de estos cultivos enfrenta amenazas significativas derivadas de plagas y enfermedades. Una de las plagas más importantes es el picudo del agave, *Scyphophorus acupunctatus*, cuyas larvas perforan los tejidos internos de la planta, facilitando la entrada de patógenos fúngicos y bacterianos (SENASICA, 2021).

Los hongos y nematodos entomopatógenos han sido estudiados como alternativa sostenible al uso de agroquímicos. Aislamientos de los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* pueden causar mortalidades superiores al 80% en condiciones óptimas (Ramos-Elorduy *et al.*, 2022). Nematodos de las especies *Steinernema carpocapsae* y *Heterorhabditis bacteriophora* penetran por vías naturales en el insecto y liberan bacterias simbióticas letales (Flores-Lara *et al.*, 2020). Ambos grupos de entomopatógenos representan una estrategia clave en programas de manejo integrado de plagas, especialmente en cultivos con producción orgánica (Rodríguez-García *et al.*, 2019). El objetivo de este estudio fue determinar las mortalidades ocasionadas por hongos y nematodos entomopatógenos en larvas y adultos del picudo, aplicados de manera independiente o en combinación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Insectos y agentes de control biológico

Larvas y adultos fueron recolectados en parcelas de agave de las comunidades Tepetitlán, e Iztapaluca, en el Estado de México. Los adultos fueron depositados en jaulas con malla mosquitera y fragmentos de tejido vegetal fresco como alimento. Las larvas fueron transferidas a

placas cultivo de tejidos de 6 y 12 pozos con tejido vegetal. Todos los insectos se llevaron al laboratorio y se mantuvieron bajo condiciones de temperatura y humedad controladas durante 15 días antes de los experimentos. Durante este periodo se alimentaron con trozos de agave.

Se emplearon dos aislamientos de hongos entomopatógenos, C18/11 (*B. bassiana*) y L21-1 (*M. anisopliae*), ambos de la colección de hongos del Laboratorio de Patología de Insectos. El nematodo fue de la especie *Steinernema carpocapsae*, adquirida de la compañía Koppert México. Los aislamientos de hongos como la especie de nematodo empleados fueron seleccionados a partir de experimentos previos realizadas con cinco aislamientos de hongos y tres especies de nematodos.

Interacción entre hongos y nematodos entomopatógenos

En adultos, los tratamientos incluyeron: L21-1, L21-1 inoculado a los 7 y 15 días con *S. carpocapsae* (L21-1_7 y L21-1_15), C18/11, C18/11 inoculado a los 7 y 15 días con *S. carpocapsae* (C18/11_7 y C18/11_15), *S. carpocapsae* y testigo (Tween 80 al 0.03 %). La concentración de conidios fue de 1×10^8 conidios mL^{-1} , mientras que los nematodos se aplicaron a una dosis de 2000 JIs en 200 μL de agua destilada estéril (ADE). Para las larvas fueron los mismos tratamientos excepto que el nematodo se aplicó únicamente a los siete días. Los hongos se aplicaron a una concentración de 1×10^7 conidios mL^{-1} , y los nematodos se aplicaron a una dosis de 500 JIs por larva. Cada tratamiento consistió en 12 individuos tanto para larvas como adultos. Los insectos tratados fueron incubados a 24 °C en completa oscuridad, con suministro de agave fresco.

Los experimentos se repitieron en siete ocasiones diferentes, donde la mortalidad se registró cada 24 horas durante 22 días para larvas y 30 días para adultos. Los insectos muertos se colocaron en placas de 12 cavidades con papel filtro humedecido para favorecer el desarrollo del patógeno responsable y confirmar infección. Los datos de mortalidad se analizaron mediante un modelo lineal generalizado (GLM) con distribución binomial, con el fin de evaluar el efecto de los tratamientos y su interacción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Interacción entre hongos y nematodos entomopatógenos

Se encontró mayor mortalidad en los tratamientos combinados en comparación con los individuales ($p = 0.002$). No hubo diferencias entre los tratamientos individuales ($p = 0.490$), o

combinaciones ($p = 0.743$). A pesar de los resultados muestran una interacción aditiva entre hongos y nematodos, ningún tratamiento ocasiono mortalidad en adultos mayor al 50% (Figura 1).

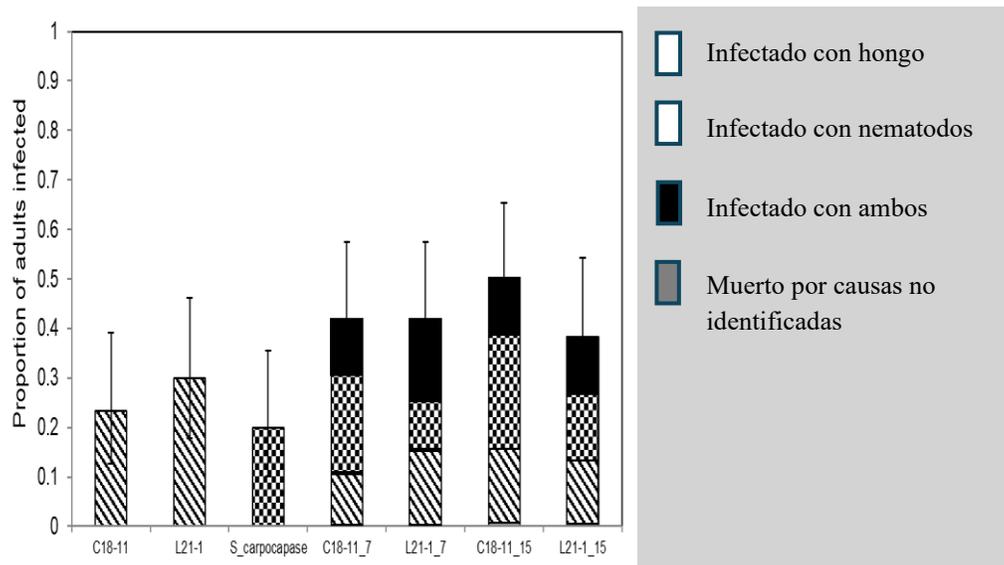


Figura 1. Mortalidad de adultos de *Scyphophorus acupunctatus*.

Trabajos como los de Koppenhöfer y Kaya (1997) y Ansari *et al.*, (2004) han demostrado que los resultados pueden oscilar entre antagonismo y sinergismo dependiendo del orden, intervalo y combinación de especies utilizadas.

En larvas, se observó una mayor mortalidad en los tratamientos combinados en comparación con los individuales ($p < 0.001$). La comparación entre hongos y nematodos aplicados de manera individual también resultó significativa ($p < 0.001$), mientras que la comparación entre hongos individuales no lo fue ($p = 0.353$), ni tampoco la interacción entre ambos agentes ($F_{1,25} = 3.59, p = 0.070$) (Figura 2). Estos resultados coinciden con estudios de Quesada-Moraga *et al.*, (2007), quienes encontraron que la aplicación secuencial de hongos y nematodos mejora la eficacia de infección, especialmente si el hongo se aplica antes y debilita al insecto hospedero.

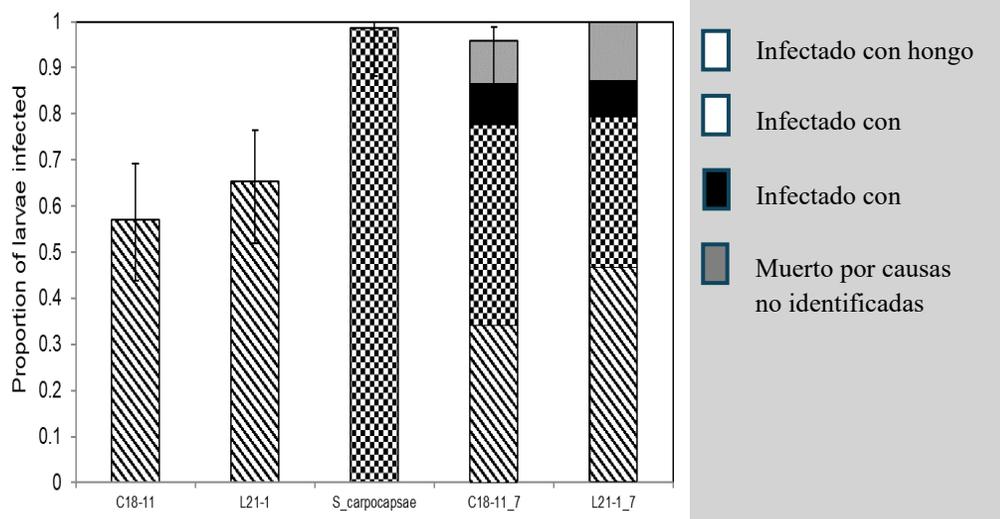


Figura 2. Mortalidad de larvas de *Scyphophorus acupunctatus*.

Finalmente, los datos obtenidos confirman el potencial del uso combinado de *M. anisopliae*, *B. bassiana* y *S. carpocapsae* como una estrategia eficaz de control biológico, especialmente dirigida a estadios larvales. Esto representa un enfoque prometedor para el manejo integrado del picudo del agave, reduciendo la necesidad de insecticidas y favoreciendo una agricultura más sostenible (García-del-Pino *et al.*, 2013; Koppenhöfer & Grewal, 2005).

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mi familia, al SECIHTI por la beca otorgada al estudiante y a los proyectos que financiaron la investigación, a mi consejo particular por su valiosa orientación, y al Programa de Posgrado en Fitosanidad, Entomología y Acarología por su formación académica.

LITERATURA CITADA

- Ansari MA, Shah FA, Butt TM. 2004. Biological control of chrysomelid beetle *Costelytra zealandica* by *Metarhizium anisopliae* in the field: Persistence and establishment. *Biocontrol Science and Technology* 14(7): 703–714. <https://doi.org/10.1080/09583150410001683683>
- Flores-Lara Y, Martínez-Cruz R, Hernández-Castro J. 2020. Evaluación de nematodos entomopatógenos contra larvas de *Scyphophorus acupunctatus* en *Agave tequilana*. *Revista Colombiana de Entomología* 46(2): 128–134.

- García-del-Pino F, Alabern X, Morton A. 2013. Efficacy of entomopathogenic nematodes against *Delia radicum* in laboratory and field trials in the northeast of Spain. *BioControl* 58: 677–685. <https://doi.org/10.1007/s10526-013-9517-y>
- Koppenhöfer AM, Grewal PS. 2005. Compatibility and interactions with agrochemicals and other biocontrol agents. En Grewal, P. S., Ehlers, R. U., & Shapiro-Ilan, D. I. (Eds.), *Nematodes as Biocontrol Agents*: 363–381.
- Koppenhöfer AM, Kaya HK. 1997. Additive and synergistic interaction between entomopathogenic nematodes and *B. bassiana* against scarab larvae. *Journal of Invertebrate Pathology* 69(2): 162–172. <https://doi.org/10.1006/jipa.1997.4650>
- Quesada-Moraga E, Ruiz-García A, Santiago-Álvarez C. 2007. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against the olive fly, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 99(1): 195–200. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-99.1.195>
- Ramos-Elorduy J, Martínez-Cruz R, González-Castañeda J. 2019. Control biológico del picudo del agave mediante hongos entomopatógenos en condiciones de campo. *Revista Mexicana de Fitopatología* 40(3): 155–164.
- Rodríguez-García A, Pérez-Mendoza H, López-Ortega G. 2019. Uso de organismos entomopatógenos para el control del picudo del agave. *Agrociencia* 53(6): 809–820.
- SENASICA. 2021. Plagas y enfermedades del agave. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Recuperado de https://osiap.org.mx/senasica/sites/default/files/Plagas%20y%20Enfermedades%20del%20agave%2020213_1.pdf

CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y PATOGÉNICA EN *Beauveria* Y *Metarhizium* INDUCIDOS POR SUBCULTIVOS SUCESIVOS E INFECCIÓN EN DIFERENTES HOSPEDEROS

Fernando Tamayo-Sánchez^{1*}, Ariel Wilbert Guzmán-Franco¹, Ma. Teresa Santillán-Galicia¹, Candelario Santillán-Ortega²

¹Posgrado en Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, 56264 Texcoco, Estado de México, México. ²Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México-Texcoco, Km 38.5, 56230, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia: fer3100@outlook.com

INTRODUCCIÓN

Beauveria y *Metarhizium* son hongos entomopatógenos capaces de infectar a más de 500 especies de insectos pertenecientes a diversos órdenes (Lacey *et al.*, 2015; Tanada and Kaya, 1993). Sin embargo, su capacidad infectiva puede verse afectada por diversos factores, como el pase continuo en medios artificiales (Butt *et al.*, 2006). Diversos estudios han reportado una disminución de la virulencia tras subcultivos repetidos. Una de las estrategias para restaurar la virulencia, incluye la modificación de medios de cultivo o la reinfeksi3n de insectos hospederos adecuados (Hajek *et al.*, 1990). No obstante, los mecanismos involucrados en la atenuaci3n y recuperaci3n de la virulencia tras la infecci3n en diferentes especies de insectos siguen siendo poco conocidos (Ansari & Butt, 2011). Adem3s, se requiere evaluar la estabilidad de las caracter3sticas morfol3gicas y fisiol3gicas, como la producci3n de conidios, la germinaci3n y la s3ntesis de enzimas para el desarrollo de micoinsecticidas estables y eficaces (Butt, 2002). En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar los cambios fenot3picos y patog3nicos de aislamientos de dos especies de *Beauveria* y *Metarhizium* tras subcultivos sucesivos y su infecci3n de distintos insectos hospederos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estandarizaci3n de la virulencia. En este estudio se utilizaron cuatro aislamientos de hongos entomopatógenos, *Beauveria bassiana* (Bb88), *Beauveria pseudobassiana* (Bp30), *Metarhizium anisopliae* (Ma129) y *Metarhizium pingshaense* (Mp140). Los aislamientos fueron sembrados en agar dextrosa Sabouraud (ADS) y se incubaron a 25±3°C durante 15 d3as en oscuridad total hasta su esporulaci3n, posteriormente todos los aislamientos fueron inoculados en larvas de *Galleria mellonella* para homogenizar el n3mero inicial de subcultivo en medios

artificiales de cada aislamiento (Shah *et al.*, 2007). A los aislamientos recuperados de larvas de *G. mellonella* infectadas se les denominó subcultivo 0 (Sc0). A partir de este subcultivo, se realizaron cultivos sucesivos en medio ADS, utilizando la misma metodología. De cada subcultivo se realizó una suspensión madre de 1mL con una concentración de 1×10^7 conidios mL^{-1} , se tomó una alícuota de 100 μL que contenía 1×10^6 conidios, los cuales se inocularon en medio ADS para generar el próximo subcultivo, y así sucesivamente en 10 ocasiones (Sc10). Cada subcultivo fue incubado bajo las mismas condiciones descritas anteriormente, y se preservaron en crioviales con glicerol al 10% a -20°C .

Capacidad infectiva de diferentes subcultivos: Se evaluó la infectividad de los subcultivos Sc1, Sc5 y Sc10 en larvas de quinto instar de *G. mellonella*, con un diseño completamente al azar y tres repeticiones de 12 larvas por tratamiento. Las larvas se inocularon por inmersión (10 s) en suspensiones de 1×10^8 conidios/mL. En el subcultivo Sc1, se evaluaron los aislamientos Bb88, Bp30, Ma129 y Mp140, más un control (Tween 80 al 0.03%). Para el subcultivo Sc5, se incluyeron sus propios aislamientos más el Sc1, y para el Sc10 solo se evaluaron los aislamientos Bb88 y Ma129 más el Sc1 y un testigo. Las larvas se incubaron en oscuridad a $25 \pm 3^\circ\text{C}$, registrando la mortalidad cada 24 h durante 10 días. Las larvas muertas fueron desinfectadas y se colocaron en cámara húmeda para confirmar la infección. El análisis estadístico se realizó con el programa GenStat[®], UK mediante contrastes jerárquicos.

Inoculación de subcultivos en diferentes insectos hospederos. Para *B. bassiana*, *B. pseudobassiana* y *M. pingshaense*, el subcultivo Sc5 fue el último logrado por baja conidiación posterior; en *M. anisopliae* se usó el Sc10. Con estos subcultivos se prepararon suspensiones de 1×10^8 conidios/mL en Tween 80 al 0.03% para inocular cinco insectos: *Phyllophaga polyphylla* (inmersión tras desinfección), *Anthonomus eugenii*, *Plutella xylostella*, *Tetranychus merganser* (aspersión) y *Galleria mellonella*, como insecto de referencia, el cual se inoculó como se describió anteriormente. Los hongos recuperados de los insectos se sembraron en medio ADS y se conservaron en crioviales con glicerol al 10% a -20°C para análisis posteriores.

Cuantificación de conidios por unidad de superficie. Se cuantificaron conidios por mm^2 según Liu *et al.*, (2003) con modificaciones. Se sembraron los subcultivos Sc1 y Sc5 de los aislamientos Bb88, Bp30, Ma129 y Mp140, y en el caso de Ma129 también el Sc10. Los

aislamientos, incluyendo los recuperados de diferentes insectos, se sembraron en ADS. Después de 12 días de incubación a 25 ± 3 °C, se preparó una suspensión inicial (1×10^7 conidios/mL) para sembrar en tres cajas Petri con 15 mL de ADS. Luego de otra incubación de 12 días a las mismas condiciones, se extrajeron tres discos de 63.6 mm^2 los cuales se agitaron en frascos de vidrio de 20 mL con Tween al 0.03% y se cuantificaron los conidios por superficie. Los datos se analizaron con ANOVA mediante contrastes jerárquicos en GenStat®, UK. Los datos fueron transformados cuando así fue requerido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La capacidad infectiva de los aislamientos se mantuvo constante durante los subcultivos sucesivos. No obstante, se observó que la cantidad de insectos micosados disminuyó conforme al aumento de los subcultivos (Fig 1A y B).

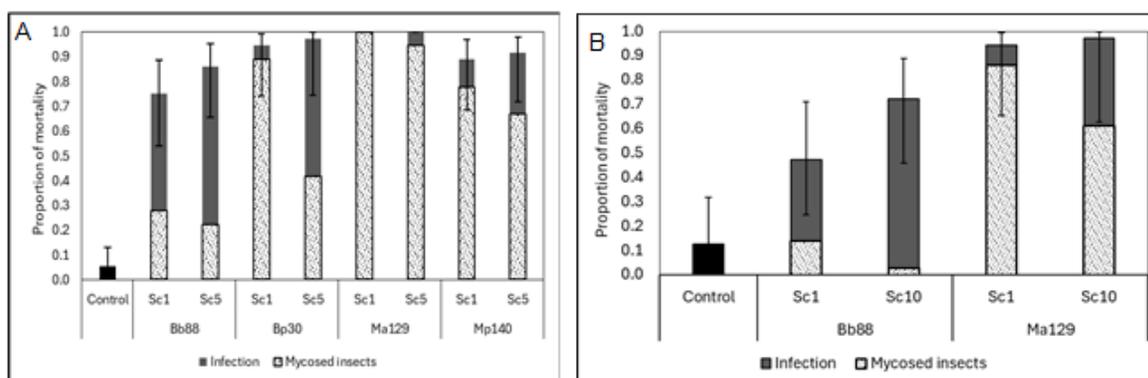


Figura 1. A. Proporción de mortalidad del Sc1 y Sc5 de Bb88, Bp30, Ma129 y Mp140. **B.** Proporción de mortalidad del Sc1 y Sc10 de Bb88 y Ma129. Las barras punteadas representan la proporción de insectos micosados en cada tratamiento.

Los resultados indican que los aislamientos de *Beauveria* (Fig. 2A, B) y *M. pingshaense* (Fig. 2C.) presentaron una disminución significativa en la producción de conidios a partir del quinto subcultivo, mientras que *M. anisopliae* (Fig. 2D.) mantuvo una esporulación estable durante los diez subcultivos evaluados. Así mismo, se presentaron diferencias en la producción de conidios en los aislamientos recuperados de los diferentes insectos hospederos (Fig. 3A-C) Este fenómeno ha sido reportado previamente y podría estar relacionado con un estrés fisiológico inducido por los subcultivos sucesivos o tipo de insecto hospedero, que afectaría el tamaño o cantidad de los

conidios, pero no necesariamente su virulencia (Ansari & Butt, 2011; Santoro *et al.*, 2014). La estabilidad de la virulencia sugiere que los genes asociados a la virulencia no se ven afectados en la misma medida que los genes asociados con la esporulación.

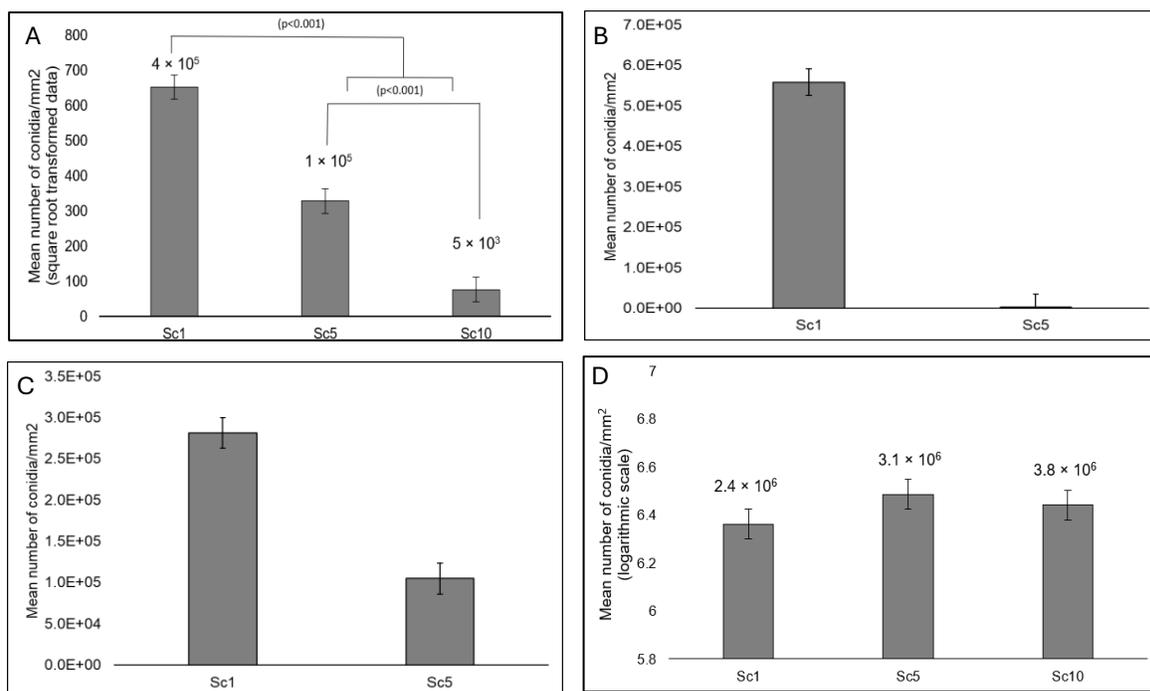


Figura 2. **A.** Número de conidios/mm² de Bb88 de los subcultivos 1, 5 y 10. **B.** Número de conidios/mm² de Bp30 de los subcultivos 1 y 5. **C.** Número de conidios/mm² de Mp140 de los subcultivos 1 y 5. **D.** Número de conidios/mm² de Ma129 de los subcultivos 1, 5 y 10.

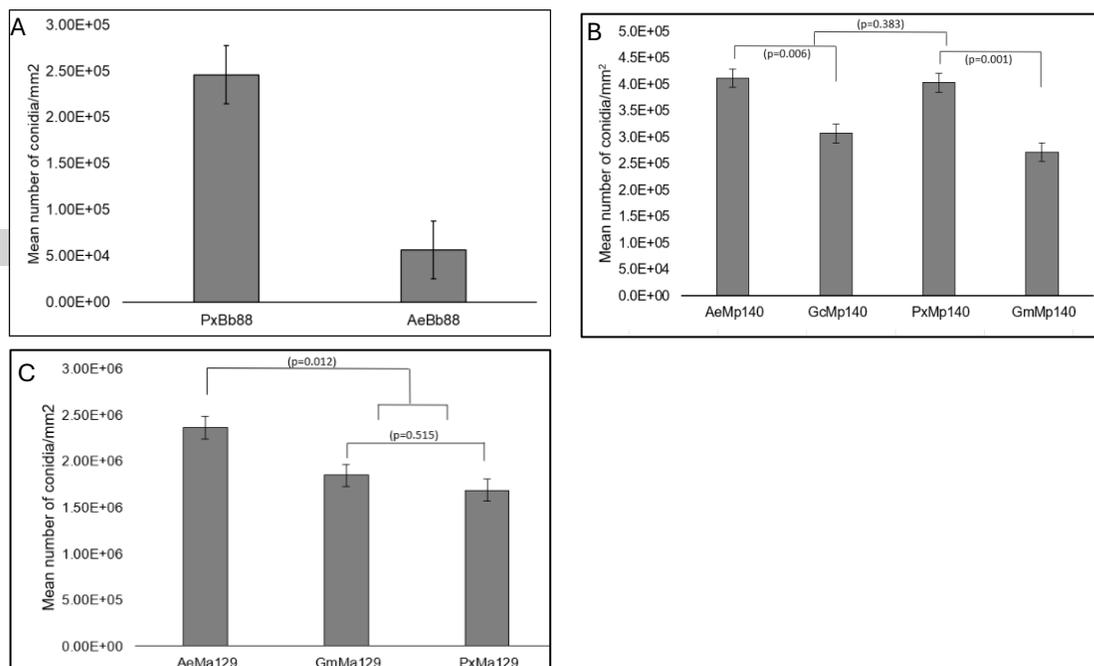


Figura 3. A. Número de conidios/mm² de Bb88 recuperados de *P. xylostella* (PxBb88) y *A. eugenii* (AeBb88). B. Número de conidios/mm² de Ma129 recuperados de *P. xylostella* (PxMa129) y *A. eugenii* (AeMa129) y *G. mellonella* (GmMa129). C. Número de conidios/mm² de Mp140 recuperados de *P. xylostella* (PxMp140) y *A. eugenii* (AeMp140), *P. polyphylla* (GcMp140) y *G. mellonella* (GmMp140).

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo económico para el desarrollo de la presente investigación y al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Al honorable consejo particular por el apoyo y asesoría brindada para la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

Ansari, M.A., Butt, T.M., 2011. Effects of successive subculturing on stability, virulence, conidial yield, germination and shelf-life of entomopathogenic fungi: Effects of subculturing of entomopathogenic fungi. *J. Appl. Microbiol.* 110, 1460–1469. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2011.04994.x>

- Butt, T.M., 2002. Use of Entomogenous Fungi for the Control of Insect Pests, in: Kempken, F. (Ed.), Agricultural Applications. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 111–134. https://doi.org/10.1007/978-3-662-03059-2_7
- Butt, T.M., Wang, C., Shah, F.A., Hall, R. (Eds.), 2006. DEGENERATION OF ENTOMOGENOUS FUNGI, Progress in Biological Control. Springer Netherlands, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4401-4>
- Hajek, A.E., Humber, R.A., Griggs, M.H., 1990. Decline in virulence of *Entomophaga maimaiga* (Zygomycetes: Entomophthorales) with repeated in vitro subculture. J. Invertebr. Pathol. 56, 91–97. [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(90\)90149-Z](https://doi.org/10.1016/0022-2011(90)90149-Z)
- Lacey, L.A., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, D.I., Frutos, R., Brownbridge, M., Goettel, M.S., 2015. Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. J. Invertebr. Pathol. 132, 1–41. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.07.009>
- Liu, H., Skinner, M., Brownbridge, M., Parker, B.L., 2003. Characterization of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates for management of tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae). J. Invertebr. Pathol. 82, 139–147. [https://doi.org/10.1016/S0022-2011\(03\)00018-1](https://doi.org/10.1016/S0022-2011(03)00018-1)
- Santoro, P.H., Zorzetti, J., Constanski, K., 2014. Conidial production, virulence, and stress tolerance of *Beauveria bassiana* conidia after successive in vitro subculturing.
- Shah, F.A., Allen, N., Wright, C.J., Butt, T.M., 2007. Repeated *in vitro* subculturing alters spore surface properties and virulence of *Metarhizium anisopliae*. FEMS Microbiol. Lett. 276, 60–66. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2007.00927.x>
- Tanada, Y., Kaya, H.K., 1993. Fungal infections. Insect Pathol. 318–387.

SECCIÓN: TAXONOMÍA

LAS AVISPAS AGALLADORAS DEL GÉNERO *QUERCUS* EN CINCO ZONAS DE ESTUDIO DEL ESTADO DE MÉXICO (HYMENOPTERA: CYNIPIDAE)

Rosa D. García-Martíñón^{1*}, Amando Equihua-Martínez¹, Edith G. Estrada-Venegas¹, Martínez-Núñez M¹, Alejandro Pérez-Panduro¹, Juli Pujade-Villar²

¹Fitosanidad. Colegio de Postgraduados campus Montecillos. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Texcoco, Edo. de México. rosa.garcia@colpos.mx, equihuaa@colpos.mx, estradae@colpos.mx, aperez@colpos.mx, martinez.marcelino@colpos.mx; ²Juli Pujade-Villar. Universidad de Barcelona, Facultad de Biología. jpujade@ub.edu * Autor de correspondencia: rosa.garcia@colpos.mx

INTRODUCCIÓN

La familia Cynipidae (Hymenoptera: Cynipoidea), está formada actualmente por diez tribus (Ronquist *et al.*, 2015; Lobato-Vila *et al.*, 2022; Hearn *et al.*, 2023). La tribu Cynipini induce agallas en Fagáceas principalmente del género *Quercus*, mientras que Ceroptresini y Synergini son inquilinas de agallas inducidas por Cynipini al género *Quercus* (Ronquist *et al.*, 2015). El género *Quercus* se encuentra ampliamente distribuido en el mundo, estimando aproximadamente 500 especies. En México oscilan entre 135 y 250 especies según diversos autores (Romero-Rangel *et al.*, 2015). De los 2 subgéneros, *Quercus* y *Cerris*, el territorio mexicano solo está representado solo por el primero, con sus 4 secciones: *Quercus*, *Virentes*, *Loabatae* y *Protobalanus* (Denk *et al.*, 2017). En Europa se han descrito unas 150 especies de cinípidos en 30 especies de *Quercus* (Melika, 2006), para la península Ibérica unas 70 especies en solo 10 especies de *Quercus* (Nieves-Aldrey, 2001), mientras que para México se conocen hasta 2022, 205 especies de cinípidos (Martínez-Romero *et al.* 2022). Considerando la cantidad de encinos en el país y especies de cinípidos descritas hay mucho por hacer, y muchas especies por aún describir. Por lo anterior se plantea: (i) identificar la diversidad de especies de encinos y morfotipos de agallas en los cinco sitios de estudio, (ii) describir las especies nuevas si éstas fuesen colectadas y (iii) explorar la posibilidad de cerrar ciclos alternantes con estudios moleculares.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección de agallas se realizó mensualmente de octubre de 2023 a julio de 2025, en cinco sitios de tres municipios del Estado de México con presencia de encinos. Los sitios escogidos fueron: 1) San Juan Coajomulco (municipio de Jocotitlán), 2) Tunal- Salto (municipio de San

Felipe del Progreso), 3) Plateros-arenales (municipio de San Felipe del Progreso), 4) Parque ecológico El Ocotál (municipio de Timilpan) y 5) San Pedro el Alto (municipio de San Felipe del Progreso); otro sitio donde se colectó una sola vez, San Nicolás Guadalupe (municipio de San Felipe del Progreso). El material obtenido en campo, se llevó al laboratorio colocándolo en cámaras de emergencia, debidamente etiquetado en espera de emergencia de adultos. Una vez obtenido adultos fueron colocados frascos ependorf con alcohol al 90%, posteriormente se montaron ejemplares para su identificación. También se preservaron muestras de encinos (género *Quercus*), para su identificación con la especialista, Dra. Silvia Romero Rangel de la UNAM.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han obtenido 1326 muestras de agallas, que corresponden a 70 morfotipos distintos, en 25 especies de encinos. El número de individuos emergentes por agalla difiere del estado de madurez en que esta sea colectada, y si es unilocular o plurilocular (de una o varias cámaras larvales). De estas agallas emergieron (Cuadro 1): 1514 ejemplares de adultos de tribu Cynipini, 324 ejemplares de inquilinos del género *Ceroptres* (Ceroptresini) y *Synergus* (Synergini) y 1559 parasitoides de las familias Eulophidae, Eurytomidae, Pteromalidae, Ormyridae y Torymidae.

Cuadro 1. Muestras colectadas en los cinco sitios de estudio, emergencia.

Sítios	Muestras totales	Morfotipos de agallas	Especies de encino	Emergencia agalladores	Emergencia a inquilinos	Emergencia parasitoides
1. San Juan Coajomulco	293	15	5	582	44	421
2. Tunal - Salto	340	16	7	220	38	438
3. Plateros - Arenales	224	14	7	97	18	134
4. El ocotal	277	18	4	357	120	242
5. San Pedro el Alto	192	7	2	258	104	324
Total	1326	70	25	1514	324	1559

En conjunto los cinco sitios de muestreo, se han encontrado hasta el momento 24 especies de cinípidos, distribuidos en 16 géneros (Cuadro 2). El género *Reticulodermis* (Cynipini) ha sido descrito recientemente por García-Martinón *et al.* (2024). *Reticulodermis* presenta una escultura reticulada uniforme en la cabeza, mesosoma y patas, característica que solo comparte con otros dos

géneros de Cynipini: *Erythres* Kinsey, 1937 y *Kinseyella* Pujade-Villar & Melika, 2010. Se diferencia morfológicamente de *Kinseyella* por la prominente espina ventral del hipopigio, mientras que *Reticulodermis* tiene setas largas y dispersas sin un mechón apical, a diferencia de *Kinseyella* esta es corta y ancha, con lados paralelos y setas formando un mechón apical denso. Morfológicamente se diferecia de *Erythres* en que *Reticulodermis* carece de setas laterales en el metasoma (excepto algunas setas dispersas en el segundo terguito metasomal), ausencia de surco malar, las carenas laterales del propodeo son inconspicuas o ausentes, y presenta un área central del propodeo rugosa, mientras que en *Erythres* el metasoma es fuertemente pubescente lateralmente, el surco malar es corto pero presente, las carenas laterales del propodeo son curvadas y el área central del propodeo es liso. Además, las agallas de estos tres géneros son notablemente diferentes, *Erythres* induce agallas en yemas, a diferencia de *Reticulodermis* y *Kinseyella* producen agallas desprendibles en hojas; en *Kinseyella* las agallas son grandes y esféricas con una cámara larval sujeta por filamentos irradiantes mientras que en *Reticulodermis* son pequeñas y sin filamentos irradiantes sujetando la cámara larval.

Durante este periodo de estudio se describieron dos especies nuevas en *Q. crassipes* Humb. & Bonpl., (sección Lobatae): *Andricus mazahua* (García-Mantiñón *et al.*, 2024 y *Reticulodermis lithogalla* (García-Mantiñón *et al.*, 2024b). También se citan un género y 12 especies por primera vez en el estado de México (Tabla 2), se están redactando dos manuscritos con la descripción de una especie nueva de *Neuroterus* y otra de *Reticulidermis*.

Cuadro 2. Especies de cinípidos encontrados en los cinco sitios de estudio (ver cuadro 1), se muestra la generación encontrada (agam: generación asexuada y sex: generación sexuada), hospedero del género *Quercus*, sección a la que pertenece el hospedero (Q: *Quercus* y L: *Lobatae*), y órgano de la planta donde se encuentra la agalla. Los ‘*’ corresponden a las citas nuevas para el Estado de México y ‘**’ manuscrito en revisión.

Género	Especie	Sitios	Generación	Hospedero	Sec.	Órgano agalla
<i>Amphibolips</i>	<i>A. nigra</i>	4	agam.	<i>Q. crassipes</i>	L.	rama
<i>Andricus</i>	<i>A. guanajuatensis</i>	1	agam.	<i>Q. rugosa</i>	Q.	rama
		San				
	<i>A. mazahua</i>	Nicolas	agam.	<i>Q. crassipes</i>	L.	rama
	<i>A. fusiformis</i>	4	agam.	<i>Q. laeta</i>	Q.	rama
<i>Atrusca</i>	<i>A. pictor</i>	2, 4,	agam.	<i>Q. deserticola</i>	Q.	hoja
	<i>A. finitima</i>	1	agam.	<i>Q. rugosa</i>	Q.	rama
	<i>A. agregata</i>	1	agam.	<i>Q. rugosa</i>	Q.	hoja
	B.			<i>Q. deserticola, Q.</i>		
<i>Burnetweldia</i>	<i>californicordazi</i>	2, 4	agam.	<i>frutex</i>	Q	rama
<i>Cynips</i>	sp	1,4,2	agam.	<i>Q. obtusata</i>	Q.	hoja
<i>Disholcaspis</i>	<i>D. crystalae</i>	2, 4	agam.	<i>Q. laeta</i>	Q.	rama
	<i>D. nayeliae</i>	1, 4	agam.	<i>Q. rugosa Née</i>	Q.	rama
<i>Dros</i>	<i>D. perlentum</i>	3,5	agam.	<i>Q. laeta</i>	Q.	hoja
	Q.					
<i>Druon</i>	<i>quercuslanigerum</i>	5, 4	agam.	<i>Q. obtusata</i>	Q.	hoja
	<i>Q. receptum</i>	1, 4	agam.	<i>Q. rugosa</i>	Q.	hoja
<i>Erythres</i>	<i>E. hastata</i>	4	agam.	<i>Q. crassipes</i>	L.	yema
<i>Femuros</i>	<i>F. repandae</i>	1	agam.	<i>Q. rugosa</i>	Q.	yema
				<i>Q. deserticola, Q</i>		
<i>Feron</i>	<i>F. cylindratum</i>	1, 4, 5	agam.	<i>laeta</i>	Q.	hoja
	<i>F. verutum</i>	1	agam.	<i>Q. rugosa</i>	Q.	hoja
<i>Kinseyella</i>	<i>K. lapiei</i>	4	agam.	<i>Q. rugosa</i>	Q.	hoja
<i>Loxaulus</i>	<i>L. hyalinus</i>	1	agam.	<i>Q. rugosa</i>	Q.	rama
<i>Neuroterus</i>	<i>N. fusifex</i>	5, 3, 2	sex	<i>Q. laeta</i>	Q.	amento
				<i>Q. laeta, Q.</i>		
	n. sp.	2	agam.	<i>deserticola</i>	Q.	hoja
		San				
<i>Reticulodermis</i>	<i>R. lithogalla</i>	Nicolas	agam.	<i>Q. crassipes</i>	L.	hoja
	n. sp.	2	agam.	<i>Q. crassipes</i>	L	hoja
<i>Striatoandricus</i>	<i>S. georgei</i>	1, 2	agam.	<i>Q. deserticola</i>	Q.	hoja
	<i>S. cuixarti</i>	2	agam.	<i>Q. frutex</i>	Q.	hoja

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por otorgar la beca de Doctorado en el Programa de Fitosanidad. A la Dra. Silvia Romero Rangel por la determinación de los encinos.

LITERATURA CITADA

- Denk, T., Grimm, G.W., Manos, P.S., Deng, M. and Hipp, A.L., 2017. An updated infrageneric classification of the oaks: review of previous taxonomic schemes and synthesis of evolutionary patterns. In: Gil-Peigrín, E., Peguero-Pina, J. and Sancho-Knapik, D. (eds.), Oaks Physiological Ecology. Exploring the Functional Diversity of Genus *Quercus* L. Tree Physiology, vol. 7. New York: Springer, pp. 13–38. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69099-5_2
- García-Martiñón, R.D., Equihua-Martínez, A., Estrada-Venegas, E.G., y Pujade-Villar, J., 2024a. Una nueva especie mexicana de *Andricus* inductora de agallas tumorales en *Quercus crassipes*. *Southwestern Entomologist*, 49(4): 1389-1399.
- Lobato-Vila, I., Cibrián-Tovar, D., Barrera-Ruíz, U.M., Equihua-Martínez, A., Estrada-Venegas, E.G., Tovar-Sánchez, E., Castillo-Mendoza, E., Buffington, M.L. and Pujade-Villar, J., 2020. Review of the *Synergus* Hartig species (Hymenoptera: Cynipidae: *Synergini*) associated with woolly galls on oaks from the New World, with the description of a new species from Mexico. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 122(3), pp. 678–715. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.122.3.678>
- Martínez-Romero, A., Cuesta-Porta, V., Equihua-Martínez, A., Estrada-Venegas, E.D., Barrera-Ruiz, U.M., Cibrián-Tovar, D. and Pujade-Villar, J., 2022. Aportación al conocimiento de las especies de *Cynipini* (Hymenoptera: Cynipidae) en los estados mexicanos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 93, e933998. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.3998>
- Melika, G., 2006. Gall wasps of Ukraine. Cynipidae. *Vestnik Zoologii*, 21(Suppl. 1–2), pp. 1–644.

Nieves-Aldrey, J.L., 2001. Hymenoptera Cynipidae. In: Ramos, M.A. *et al.* (eds.), Fauna Ibérica, vol. 16. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, pp. 1–636.

Romero-Rangel, S., Rojas-Zenteno, E.C. and Rubio-Licona, L.E., 2015. Encinos de México (*Quercus*, Fagaceae): 100 especies. Iztacala, Estado de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Ronquist, F., Nieves-Aldrey, J.L., Buffington, M.L., Liu, Z., Liljeblad, J. and Nylander, J.A.A., 2015. Phylogeny, evolution and classification of gall wasps: the plot thickens. PLoS ONE, 10, e0123301. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123301>

BRÚQUIDOS (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) DE HONDURAS

Mauricio Enrique-Lagos^{1*}, Jesús Romero-Nápoles¹, Héctor González-Hernández¹, Alejandro Pérez-Panduro¹, Dulce Azucena Hernández-Zetina².

¹Posgrado Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, Montecillo, 56230, Texcoco, Estado de México, México.

²Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, Unidad Integral de Diagnóstico, Servicio y Constatación, Tecámac, Estado de México, C.P. 55740, México.

*Autor de correspondencia mauricioelagos@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

Los brúquidos (Coleoptera: Bruchidae), son comúnmente llamados insectos de las semillas. Cuerpo de forma ovalada, con pigidio completamente expuesto. Los adultos miden entre 1-10 mm de longitud. De hábitos fitófagos y distribución cosmopolita, exceptuando la Antártida y algunas islas del Pacífico (Kingsolver, 2002). Aunque se encuentran asociados con 34 familias de plantas, los hospederos preferenciales son las Fabaceae (Romero *et al.*, 2014).

Los hábitos son variados, por ejemplo, los adultos se alimentan generalmente de polen; en cambio los estados inmaduros para completar su desarrollo presentan un hábito obligado ya que se alimentan de las (Morse, 2025; Romero *et al.*, 2014).

La familia Bruchidae cuenta con 1,627 especies descritas, distribuidas en seis subfamilias y 62 géneros, de los cuales 42 géneros se encuentran en América (Romero-Gómez *et al.*, 2014). Los brúquidos, principalmente las especies multivoltinas, adquieren importancia por los daños que generan en productos almacenados (Kingsolver, 2004); o por el impacto que desarrollan en condiciones de entorno natural en regular las poblaciones de semillas incidiendo en la configuración de poblaciones vegetales (Morse, 2025).

La mayor diversidad de brúquidos se encuentra en el sur de Norteamérica y Centroamérica (Kingsolver, 2002). Los países de Centroamérica con registros de brúquidos son: Costa Rica con 173 (Romero *et al.*, 2017); Honduras 148 especies (Turnbow *et al.*, 2003) y Nicaragua con 79 especies (Maes & Kingsolver, 1991).

El presente trabajo, tiene como objetivos: Realizar una descripción detallada de cada especie de brúquido encontrada en Honduras, incluyendo sus plantas hospederas; además, de generar imágenes de los adultos y genitalia del macho; elaborar una clave taxonómica para géneros y especies; finalmente desarrollar una base de datos que compile la información antes mencionada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo se realizó del 2022 al 2023, en 17 de los 18 departamentos de Honduras. El muestreo consistió en recolectar frutos con semillas de plantas asociadas con los Bruchidae. Las muestras fueron conservadas en bolsas de papel, con su respectiva información de colecta y datos de georreferenciación generadas por un GPS (Garmin Etrex 22x), siguiendo la metodología propuesta por Schultze-Kraft (1979).

Las muestras se conservaron a temperatura ambiente en Siguatepeque, Comayagua, Honduras. La revisión del material fue semanal en busca de brúquidos adultos emergidos, los cuales fueron preservados en frascos con alcohol al 70 %, junto a la información correspondiente.

La identificación de las plantas hospederas se realizó con apoyo de personal técnico de la Universidad Nacional de Ciencias Forestales (UNACIFOR) de Honduras. La identificación taxonómica de los brúquidos se realizó la colección de insectos del COLPOS-Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

Para las identificaciones de las especies se usaron claves de los géneros: *Amblycerus* (Romero *et al.* 1996), *Algarobius* (Kingsolver, 1986), *Acanthoscelides* (Johnson, 1983, 1990), *Ctenocolum* (Kingsolver y Whitehead, 1974a), *Caryedes* (Kingsolver y Whitehead, 1974b), *Caryedon* (Mukerji *et al.* 1957), *Merobruchus* (Kingsolver, 1988), *Megaserus* (Terán y Kingsolver, 1977), *Mimosestes* (Kingsolver y Johnson, 1978), *Pygiopachymerus* (Kingsolver, 1970b), *Sennius* (Johnson y Kingsolver, 1973), *Stator* (Johnson y Kingsolver, 1976), *Specularius* (Bridwell, 1938), *Zabrotes* (Romero & Johnson, 2000). Para la preparación e interpretación de la genitalia de los machos se realizó según Kingsolver (1970a); así como de Romero (1999).

El adulto macho y su genitalia de las especies identificadas fueron fotografiadas, utilizando una cámara Cannon Rebel T7 con objetivos de larga distancia de trabajo 4x, 10x; la edición de las fotografías se realizó con los programas Helicon Focus 8 y GIMP 2.10.38.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio se identificaron 52 especies de brúquidos, distribuidas en 14 géneros y tres subfamilias. Las especies identificadas corresponden a la subfamilia Bruchinae con un 90%, Amblycerinae con un 8% y Pachymerinae con un 2%. **Subfamilia Bruchinae:** *Acanthoscelides clitellarius* (Fahraeus, 1839); *A. cordifer* (Sharp, 1885); *A. difficilis* (Sharp, 1885); *A. griseolus* (Fall, 1910); *A. guazumae* Jhonson & Kingsolver, 1971; *A. macrophthalmus* (Schaeffer, 1907); *A. mankinsi* Johnson, 1983; *A. mexicanus* (Sharp, 1885); *A. nacaome* (Lagos & Romero, 2024)*; *A. obrienorum* Johnson, 1970; *A. quadridentatus* (Schaeffer, 1907); *A. suaveolus* (Sharp, 1885); *A. yamaranguila* (Lagos & Romero, 2024)*; *Algarobius nicoya* Kingsolver, 1986; *Caryedes helvinus* (Motschulsky, 1874); *Ctenocolum colburni* Kingsolver & Whitehead, 1974; *C. podagricus* (Fabricius, 1801)*; *C. tuberculatum* (Motschulsky, 1874); *Megacerus flabelliger* (Fahraeus, 1839); *M. impiger* (Horn, 1873); *Merobruchus boucheri* Kingsolver, 1980; *M. columbinus* (Sharp, 1885); *M. insolitus* (Sharp, 1885); *M. paquetae* Kingsolver, 1980; *M. placidus* (Horn, 1873); *M. porphyreus* Kingsolver, 1988; *M. solitarius* (Sharp, 1885)*; *M. sonorensis* Kingsolver, 1980; *M. terani* Kingsolver, 1980; *M. vacillator* (Sharp, 1885)*; *Mimosestes anomalus* Kingsolver & Johnson, 1978; *M. humeralis* (Gyllenhal, 1833); *M. janzeni* Kingsolver & Johnson, 1978; *M. mimosae* (Fabricius, 1781); *M. nubigens* (Motschulsky, 1874); *M. viduatus* (Sharp, 1885); *Pygiopachymerus lineola* (Chevrolat, 1871); *Sennius auricomus* Johnson & Kingsolver, 1973*; *S. fallax* (Boheman, 1839); *S. lebasi* (Fahraeus, 1839); *S. militaris* (Sharp, 1885)*; *S. rufomaculatus* (Motschulsky, 1874); *S. yucatán* Johnson, 1984*; *Specularius impressithorax* (Pic, 1932); *Stator championi* (Sharp, 1885); *S. limbatus* (Horn, 1873); *S. pruininus* (Horn, 1873). **Subfamilia Amblycerinae:** *Amblycerus cistelinus* (Gyllenhal, 1833); *A. epsilon* Kingsolver, 1980*; *Zabrotes interstitialis* (Chevrolat, 1871); *Z. subfasciatus* (Boheman, 1833). **Subfamilia Pachymerinae:** *Caryedon gonagra* (Fabricius, 1798)*.

Los departamentos de Honduras con mayor diversidad de brúquidos fueron Francisco Morazán con 29 especies y Choluteca con 28 especies. Algunas especies se colectaron en ambos departamentos. En general, el 93% de los brúquidos de Honduras se colectaron principalmente en especies de la familia Fabaceae.

De las especies colectadas en Honduras, *Acanthoscelides nacaome* Lagos y Romero, así como *Acanthoscelides yamaranguila* Lagos y Romero, corresponden a nuevas descripciones (Lagos

y Romero, 2024). Además, se incorporan a Honduras ocho nuevos registros de especies de brúquidos (marcados con asterisco en el listado anterior Lagos y Romero, 2024).

Adicionalmente, para el caso de *Specularius impressithorax* (Pic), se cuenta con un nuevo registro de distribución en una nueva planta hospedera para Honduras (Lagos *et al.*, 2024).

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por la beca de estudio otorgada al primer autor. Al Colegio Postgraduados Campus Montecillo, por permitirme realizar estudios de doctorado en el programa de Fitosanidad. A mí Consejo particular, por guiarme en el desarrollo de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Bridwell JC. 1938. *Specularius erythrinae*, a new bruchid affecting seeds of *Erythrina* (Coleoptera). Jour. Wash. Acad Sci., 28(2): 69-76.
- Johnson CD. 1983. Ecosystematics of *Acanthoscelides* (Coleoptera: Bruchidae) of Southern Mexico and Central America. Miscellaneous publications of the Entomological Society of America, 56: 1-370.
- Johnson CD. 1990. Systematics of the seed beetle genus *Acanthoscelides* (Bruchidae) of Northern South America. Transactions of the Amer. Entomolog. Soc., 116: 297-618.
- Johnson CD, Kingsolver JM. 1973. A revision of the genus *Sennius* of North and Central America (Coleoptera: Bruchidae). USDA Technical Bulletin, 1462: 1-135.
- Johnson CD, Kingsolver JM. 1976. Systematics of *Stator* of North and Central America. (Coleoptera: Bruchidae). USDA Technical Bulletin, 1537: 1-101.
- Kingsolver JM, Johnson CD. 1978. Systematics of the genus *Mimosestes* (Coleoptera: Bruchidae) USDA Technical Bulletin, 1590: 1-106.
- Kingsolver JM, Whitehead DR. 1974. Biosystematics of Central American species of *Ctenocolum*, a new genus of seed beetles (Coleoptera: Bruchidae). Proceedings of the Entomological Society of Washington, 87: 283-312.
- Kingsolver JM, Whitehead DR. 1974b. Classification and comparative biology of the seed beetle genus *Caryedes* Hummel (Coleoptera: Bruchidae). Transactions of the American Entomological Society, 100: 341-436.

- Kingsolver JM. 1970a. A study of male genitalia in Bruchidae (Coleoptera). Proceedings of the Entomological Society of Washington, 72: 370-386.
- Kingsolver JM. 1970b. Synopsis of the genus *Pygiopachymerus* Pic, with notes on its relationships to other genera. Proceedings of the Entomological Society of Washington, 72(1): 37-42.
- Kingsolver JM. 1988. Biosystematics of the genus *Merobruchus* of continental North America and the West Indies (Coleoptera: Bruchidae). USDA Technical Bulletin, 1744: 1- 63.
- Kingsolver JM. 2002. Bruchidae Latreille 1802. In Arnett R. H. Thomas M. C. Skelley, P. E. & Frank, J. H. 2002. American Beetles Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. Vol 2. Boca Ratón, Florida, Estados Unidos: CRC Press. 602-608.
- Kingsolver J. M. 2004. Handbook of the Bruchidae of the United States and Canada (Insecta: Coleoptera). USDA Technical Bulletin, No. 1912, Vol. 1-Vol. 2.
- Kingsolver JM. 1986. A taxonomic study of the genus *Algarobius* (Coleoptera:Bruchidae). Entomography 4:109-136.
- Lagos OME, Romero, JN. 2024. Dos nuevas especies, nuevos registros de brúquidos del género *Acanthoscelides* para Honduras y descripción del macho de *Ctenocolum biolleyi* Kingsolver & Whitehead, 1974 (Coleoptera: Bruchidae). Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, 75: 97-102.
- Lagos OME, Romero, JN, Gonzáles, HH, Pérez, PA, Hernández ZDA. 2024. Nuevo registro de distribución de *Specularius impressithorax* (Pic) en Honduras en *Erythrina berteriana*. Southwestern Entomologist, 49(1): 542-546.
- Mukerji S, Ramdas, MG, Chatterjee SN. 1957. The taxonomic position of *Caryedon fuscus* (Goeze), *C. gonagra* (Fabricius) & *C. longidus* (Gyl) (Coleoptera:Bruchidae) based on a study of the genitalia. Proc. R. Entomol. Soc. London, 26:103-106.
- Maes JM, Kingsolver JM. 1991. Catálogo de los Bruchidae (Coleoptera) de Nicaragua. Revista Nicaraguense de Entomología, 16: 21-34.
- Morse GE. 2025. Catálogo de los Bruchidae (Coleoptera) de Nicaragua. The Coleopterists Bulletin, 79(1): 125-136.

- Romero-Gómez G, Romero NJ, Burgos ASJ, Carrillo SL, Bravo MH, Ramírez AS. 2014. Brúquidos (Coleoptera: Bruchidae) del estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 30(1): 1-17.
- Romero NJ, Johnson CD, Kingsolver JM. 1996. Revision of the Genus *Amblycerus* of the United States and Mexico (Coleoptera: Bruchidae: Amblycerinae). *USDA Technical Bulletin*, 1845: 1-166.
- Romero NJ, Johnson CD. 1999. *Zabrotes sylvestris*, a new species from the United States and Mexico related to *Z. subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae: Amblycerinae). *The Coleopterist Bulletin*, 53(1): 87-98.
- Romero NJ, Johnson CD. 2000. Revision of the genus *Zabrotes* Horn of Mexico (Coleoptera: Bruchidae: Amblycerinae). *Transactions of the Amer. Entomol. Soc.*, 126(2): 221-274.
- Romero-Nápoles J, Niño SM, Flores KYM. 2014. Bruchidae (Insecta: Coleoptera) de Tamaulipas, México. Pp. 133-140. En: Correa S., A., J. V. Horta V., J. García J. & L. Barrientos L. (Eds). *Biodiversidad Tamaulipeca*, 2 (2). 133-140.
- Romero NJ, Kingsolver, JM, Yus, R. 2017. Checklist of the Bruchidae (Coleoptera: Chrysomeloidea) of Costa Rica. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 60: 153-166.
- Terán AL, Kingsolver JM. 1977. Revisión del género *Megacerus* (Coleoptera: Bruchidae). *Opera Lilloana* 25:1- 287.
- Turnbow RH, Cave RD, Kingsolver JM. 2003. An Annotated Checklist of the Bruchidae of Honduras. *Ceiba*, 44(2): 269-278.

**PROPORCIÓN SEXUAL COMO INDICADOR DE IDENTIDAD
BIOLÓGICA EN *Chelonus insularis* Y *C. sonorensis*, PARASITOIDES DE
*Spodoptera frugiperda***

Erika Padilla-Cortes^{1*}, J. Refugio Lomeli-Flores¹, Julio S. Bernal², Ma. Teresa Santillán-Galicia¹, Esteban Rodríguez-Leyva¹

¹ Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología. Carretera México-Texcoco km 36.5 Montecillo, CP. 56230 Texcoco, Estado de México, México.

² Texas A&M University, Department of Entomology, College Station, TX 77840, USA.

*Autor para correspondencia: erikapadillacortes@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En América se han documentado más de 250 especies de parasitoides asociados a *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae), conocido como gusano cogollero del maíz (Bahena-Juárez y Cortez-Mondaca, 2015). En el mundo, una de las principales familias de parasitoides asociadas a esta plaga es Braconidae, de distribución cosmopolita y con cerca de 18,500 especies descritas en 1,039 géneros (Yu, 2025). En México se han registrado alrededor de 700 especies distribuidas en 318 géneros (Coronado-Blanco y Zaldívar-Rincón, 2014). Una de las subfamilias más importantes es Cheloninae cuyas especies son parasitoides solitarios de huevo-larva de lepidópteros (Shaw, 1997). En el país se han documentado tres especies del género *Chelonus* como parasitoides de *S. frugiperda*: *C. insularis* Cresson 1865, *C. sonorensis* Cameron 1887 y *C. cautus* Cresson 1872. No obstante, por sus diferencias morfológicas y genéticas, *C. cautus* ha sido renombrada como *Microchelonus cautus*, aunque aún no hay consenso sobre si debe tratarse como un género distinto o un subgénero dentro de *Chelonus* (Papp *et al.*, 2016; Sandoval-B *et al.*, 2024). Respecto a *C. insularis* y *C. sonorensis*, no existe una diferenciación morfológica ni genética clara, por lo que se ha sugerido que podrían pertenecer a una misma especie biológica (González-Maldonado *et al.*, 2019, 2023). En este contexto, el análisis de parámetros biológicos, como la proporción sexual, podría aportar información adicional para esclarecer su relación taxonómica. El objetivo de este trabajo fue comparar las proporciones sexuales de *C. insularis* y *C. sonorensis*, a partir de poblaciones recolectadas en Guanajuato y Oaxaca, y contrastarlas con distintos escenarios hipotéticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron recolectas de larvas L1–L4 de *S. frugiperda* en parcelas de maíz en tres municipios de Guanajuato (Irapuato, Silao y Romita) y cuatro municipios de Oaxaca (San Juan Bautista Valle Nacional, Santa María Jacatepec, San Bartolo Coyotepec y San Lorenzo Cacaotepec) en agosto de 2023. En cada municipio, las larvas se recolectaron en tres parcelas, se colocaron en forma individual en cajas de Petri (60 x 15 mm), y se añadieron trozos pequeños de hojas jóvenes de maíz como alimento. El material recolectado se llevó al laboratorio de Control Biológico del Colegio de Postgraduados campus Montecillo. Las larvas continuaron su desarrollo en cámaras bioclimáticas a 23 ± 2 °C, $65\pm 5\%$ HR y fotoperíodo de 12:12 h L:O. La alimentación de las larvas consistió en suministrarles, cada tercer día, trozos de hojas jóvenes de maíz hasta la emergencia de larvas del parasitoide o hasta iniciar la formación de la pupa. La identificación de parasitoides del género *Chelonus* se realizó mediante las claves taxonómicas de Wharton *et al.* (1997) y Sánchez-García *et al.* (1998), y a nivel de especie con las descripciones realizadas por Cresson (1865) para *C. insularis* y Cameron (1883-1900) para *C. sonorensis*.

La proporción sexual de cada especie se calculó por municipio, a partir del número total de machos dividido entre el total de individuos (machos+hembras) (Green *et al.*, 1992). Con base en los datos obtenidos por municipio y por especie, y considerando la posibilidad de que ambas pertenezcan a la misma especie biológica, se evaluaron cuatro escenarios hipotéticos: 1) la proporción sexual promedio observada de *C. insularis*, 2) la proporción sexual promedio observada de *C. sonorensis*, 3) la proporción sexual combinada al asumir que pertenecen a una misma especie biológica (*C. insularis* + *C. sonorensis*), y 4) la proporción sexual esperada bajo el principio de Fisher (1:1). Cabe señalar que los datos de los municipios de San Juan Bautista Valle Nacional y Santa María Jacatepec se consideraron como uno solo debido a la cercanía de los sitios muestreados, a las condiciones ambientales similares, y para aumentar el tamaño de muestra de esa zona, por lo que, en adelante ambos municipios se denominarán como “Tuxtepec, Oaxaca”. Las proporciones sexuales se analizaron mediante una prueba de rango con signos de Wilcoxon.

Los datos fueron previamente transformados con función Arcoseno y las hipótesis estadísticas se plantearon a partir de la mediana de la proporción sexual promedio de cada especie.

Se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para todas las pruebas estadísticas. Los análisis estadísticos se realizaron en R v.4.4.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron 1 035 y 806 larvas de *S. frugiperda* en Guanajuato y Oaxaca, respectivamente. En Guanajuato la mortalidad de larvas fue de aproximadamente 30 a 38%; mientras que, en Oaxaca fluctuó entre 28 y 47% (Cuadro 1). La mortalidad se produjo por diferentes factores: mal manejo de la larva durante la recolecta, cambio ambiental e infección por patógenos. En cuanto a los parasitoides, el número de individuos no emergidos varió entre municipios; la emergencia fue notablemente baja en Tuxtepec (n=2) en comparación con Irapuato (n=48). Respecto a los parasitoides emergidos, *C. insularis* fue la especie más abundante en todos los municipios de Guanajuato, destacando Irapuato con la mayor cantidad (n = 82). La presencia de esta especie fue menor en los municipios de Oaxaca y casi nula en Tuxtepec. Por su parte, *C. sonorensis* también se registró en todos los municipios de donde recolectaron muestras, pero en menor abundancia que *C. insularis*, y con las frecuencias más altas en Guanajuato respecto a Oaxaca. En todos los municipios, *C. insularis* mostró una menor proporción de machos (96:184 en total) respecto a *C. sonorensis* (67:2 en total). Otros parasitoides de *S. frugiperda* detectados en el muestreo fueron *M. cautus*, *Cotesia marginiventris* (Cresson) 1865, *Ophion flavidus* Brullé 1846, *Pristomerus spinator* (Fabricius) 1804, *Campoletis sonorensis* (Cameron) 1886 y taquínidos. Estos fueron más abundantes en Oaxaca en comparación con Guanajuato.

Cuadro 1. Número de larvas de *S. frugiperda* recolectadas y muertas, parasitoides no emergidos, y parasitoides obtenidos en agroecosistemas de maíz en Guanajuato (Irapuato, Silao y Romita) y Oaxaca (Tuxtepec, San Bartolo Coyotepec, San Lorenzo Cacaotepec), México, durante agosto 2023.

Municipio	Larvas de <i>S. frugiperda</i>			Parasitoides		
	Recolectadas	Muertas	No emergidos	<i>C. insularis</i> (Machos, Hembras)	<i>C. sonorensis</i> (Machos, Hembras)	Otros
Irapuato	467	168	48	29,53	28,0	49
Silao	286	108	30	21,37	17,1	18
Romita	282	86	45	25,49	12,1	35
Tuxtepec	218	92	2	0,1	1,0	10
San Bartolo Coyotepec	356	167	39	13,24	4,0	48
San Lorenzo Cacaotepec	232	67	41	8,20	5,0	61

La proporción sexual promedio de campo para *C. insularis* y *C. sonorensis* fue de 0.343 y 0.971, respectivamente. Adicionalmente, asumiendo que ambos parasitoides pertenecen a la misma especie biológica, la proporción sexual promedio fue de 0.467. Los resultados del análisis estadístico mostraron diferencias significativas entre las proporciones sexuales de ambas especies (Cuadro 2). Sin embargo, al asumir a ambas entidades como una misma especie biológica, la proporción sexual no difirió significativamente del principio de equilibrio de Fisher (1:1), lo cual sugiere una posible estabilidad poblacional si se consideran como un solo taxón. Desde una perspectiva evolutiva, la marcada proporción de machos en *C. sonorensis* podría reducir drásticamente la capacidad reproductiva de la población, como lo predice el efecto Allee, debido a una baja disponibilidad de hembras, un menor número de encuentros entre parejas reproductivas, y un aumento en los efectos de consanguinidad de la población aislada, lo que podría conducir a un colapso demográfico a nivel local (Stephens *et al.*, 1999; Fauvergue *et al.*, 2012; Bompard *et al.*, 2013). En este contexto, la sobre dominancia de machos en *C. sonorensis* podría reflejar una

respuesta adaptativa local, pero también plantea dudas sobre su viabilidad a largo plazo si se tratara de una especie reproductivamente aislada.

Cuadro 2. Resultado de las pruebas de hipótesis para diferentes proporciones sexuales de *C. insularis*, *C. sonorensis* y asumiendo que pertenecen a una misma especie biológica, determinadas a partir de material recolectado en campos de maíz en Guanajuato y Oaxaca, México.

Especie	Proporción sexual	p-value		
		Me ≠ k	Me < k	Me > k
<i>C. insularis</i>	0.343	0.844	0.422	0.656
	0.971	0.036	0.018	0.989
	0.467	0.036	0.018	0.989
	0.500	0.036	0.018	0.989
<i>C. sonorensis</i>	0.971	0.131	0.958	0.066
	0.343	0.031	0.991	0.016
	0.467	0.031	0.991	0.016
	0.500	0.031	0.991	0.016
<i>C. insularis</i> + <i>C. sonorensis</i>	0.467	0.528	0.264	0.799
	0.343	0.035	0.989	0.018
	0.971	0.035	0.018	0.989
	0.500	0.201	0.101	0.949

Dado que estudios morfológicos y genéticos previos (González-Maldonado *et al.*, 2019, 2023) tampoco lograron establecer diferencias concluyentes entre ambas especies, la proporción sexual se presenta como un parámetro complementario útil, pero no definitivo, en la delimitación específica. Por tanto, actualmente se están realizando estudios complementarios a este parámetro, tales como estudios morfológicos y moleculares, para esclarecer el estatus taxonómico de *C. insularis* y *C. sonorensis*.

AGRADECIMIENTOS

A la SECIHTI por la beca completa de doctorado para realizar estudios de doctorado (CVU: 891482) de la primera autora. La primera autora agradece al Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, por las facilidades proporcionadas para realizar esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Bahena-Juárez F, Cortez-Mondaca E. 2015. Gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). In Arredondo-Bernal HC, Rodríguez-del Bosque LA. (Eds.), Casos de Control Biológico en México. Biblioteca Básica de Agricultura, México, pp: 181–250. <https://doi.org/10.1653/024.092.0430>
- Corando-Blanco JM, Zaldívar-Riverón A. 2014. Biodiversity of Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 372-378. <https://doi.org/10.7550/rmb.32000>
- González-Maldonado MB, Coronado-Blanco JM, Chaírez-Hernández I, Correa-Martínez MM. 2021. Delimitación morfológica entre *Chelonus insularis* y *Chelonus sonorensis* en la Región maicera de Durango, México. *Southwestern Entomologist* 46(3): 765-771. <https://doi.org/10.3958/059.046.0318>
- González-Maldonado MB, Correa-Ramírez MM, Flores-Villegas MY. 2023. Genetic delimitation of fall armyworm parasitoids isolated in maize in Durango, Mexico. In Kaushik P (Ed.), *New Prospects of Maize*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.112612>
- Green RF, Gordh G, Hawkins BA. 1982. Precise sex ratios in highly inbred parasitic wasps. *The American Naturalist* 120(5): 653-665. <https://doi.org/10.1086/284018>
- Papp J. 2016. First survey of the Neotropical species of the *Microchelonus* Szépligeti with descriptions of the twenty-five new species (Hymenoptera: Braconidae: Cheloninae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 62(3): 217-344. <https://doi.org/10.17109/AZH.62.3.217.2016>

- Sánchez-García JA, Romero-Nápoles J, Ramírez-Alarcón S, Anaya-Rosales S, Carrillo-Sánchez JL. 1998. Géneros de Braconidae del Estado de Guanajuato (Insecta: Hymenoptera). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 74: 59-137. <https://doi.org/10.21829/azm.1998.74741721>
- Sandoval-B AL, Shaw SR., Sarmiento CE. 2024. Diversity and differentiation of the *Chelonus* (*Microchelonus*) species of the Galapagos archipelago (Hymenoptera, Braconidae, Cheloninae). *Journal of Hymenoptera Research* 97: 825-848. <https://doi.org/10.3897/jhr.97.130713>
- Shaw SR. 1997. Subfamily Cheloninae. *In* Wharton RA, Marsh PM, Sharkey MJ (Eds.), *Manual of the New World Genera of the family Braconidae* (Hymenoptera). Washington, DC: The International Society of Hymenopterists.
- Wharton RA, Marsh PM, Sharkey M (Eds.). 1997. *Manual of the New World genera of the family Braconidae* (Hymenoptera). Special publication of The International Society of Hymenopterologist. Pp. 439.
- Yu DSK. 2025. Taxapad Ichneumonoidea (version May 2009). *In* Bánki O, Roskov Y, Döring M, Ower G, Hernández-Robles DR, Plata-Corredor CA, *et al.*, *Catalogue of Life* (Version 2025-04-10). Catalogue of Life, Amsterdam, Netherlands. <https://doi.org/10.48580/dgjc7-39v>

SECCIÓN: FRUTAL

HONGOS ASOCIADOS AL ESCARABAJO AMBROSIAL *Corthylus flagellifer* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN HUERTO DE AGUACATE EN NUEVO PARANGARICUTÍRO, MICHOACÁN

Francisca De la Cruz-Martínez^{1*}, Jesús Romero Nápoles¹, Héctor González Hernández¹, Dionicio Alvarado Rosales¹, Santos Gerardo Leyva-Mir², Leticia Robles Yerena³

¹ Posgrado en Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, 56230 Texcoco, Estado de México, México. ² Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Parasitología Agrícola, km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, 56230. ³ Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, km 37.5 Carretera Federal México-Pachuca, Tecamac, Estado de México, 55740.

*Autor de correspondencia: iap.francis.delacruz@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los escarabajos ambrosiales y sus hongos asociados afectan áreas naturales y cultivadas a nivel mundial (De la Cruz *et al.*, 2020); entre ellos, los escarabajos de la tribu Corthylini han sido los menos estudiados, algunas especies construyen galerías en huéspedes vivos y son plagas importantes. Por ejemplo, *Corthylus columbianus* causa una decoloración en rodales de árboles latifoliados en el este de Estados Unidos y el sureste de Canadá (Nord, 1972). Mayers *et al.* (2018) señalan que *Meredithiella norrisii* es un hongo asociado al escarabajo *Corthylus punctatissimus*; en tanto que *Corthylus zulmae* puede facilitar la incidencia de enfermedades en *Alnus acuminata* en Colombia (Gil *et al.* 2004; Jaramillo *et al.* 2011).

En México, el escarabajo ambrosial *Corthylus flagellifer* (Blandorf, 1904) se encuentra distribuido en Morelos, Veracruz, Michoacán, Guerrero, Chiapas, Estado de México, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Distrito Federal y Nuevo León, con diversos hospederos en familias botánicas como Lauraceae, Leguminosae, Anacardiaceae, Rosaceae, Sapindaceae, Compositae y Moraceae (Atkinson, 2012). Asimismo, Lázaro-Dzul (2019) y Ruíz-González (2023) citan registros en Michoacán en huertos de aguacate en Nuevo San Juan Parangaricutiro, Uruapan, Tingambato y Ziracuaretiro.

Los escarabajos ambrosiales han desarrollado una estructura especializada similar a un saco (micangio) para la transmisión de su simbionte fúngico (Batra, 1963), lo cual les permite introducir

hongos fitopatógenos en ambientes naturales y áreas agrícolas, por ejemplo, el complejo *Harringtonia* (= *Raffaelea*) *lauricola* asociada a *Xyleborus glabratus* (Harrington *et al.*, 2008; O'Donnell *et al.*, 2015,) ambos amenazando el cultivo de aguacate en la costa este de Estados Unidos y el complejo *Euwallacea* sp.-*Fusarium euwallaceae*. En Israel, este complejo afectó el 60% de la producción de aguacate (Eskalen *et al.*, 2012). En Europa, Vannini *et al.* (2017) estudiaron la asociación de *Xylosandrus compactus* con su simbiote fúngico *Geosmithia pallida*, debido a los daños que estaba causando en el maquis mediterráneo, bosques y áreas cultivadas en Italia, Francia y España.

En este sentido, dado que México es el principal productor y exportador de aguacate a nivel mundial, especialmente el estado de Michoacán y debido a que cuenta con la mayor superficie sembrada y máximos históricos de cosecha, con esta investigación se pretende aportar precedentes técnico-científicos de las asociaciones simbióticas de escarabajos ambrosiales a nivel de especie, su comunidad fúngica y otros patógenos que afectan directamente a esta cadena productiva, de tal manera que los resultados a obtener apoyen a su gestión a nivel local y de referencia, para el resto de las áreas cultivadas en territorio mexicano.

Por lo anterior, los objetivos planteados son: 1) Colectar escarabajos ambrosiales (*Corthylus flagellifer*) en huerto de aguacate ubicado en Nuevo Parangaricutiro, Michoacán, utilizando trampas con etanol como atrayente e identificarlos mediante claves taxonómicas y técnicas moleculares, 2) Tipificar el micangio en *Corthylus flagellifer*, 3) Aislar los hongos asociados a *C. flagellifer* utilizando cámara húmeda y medios de cultivo específicos, 4) Realizar la identificación de los hongos aislados mediante morfología y técnicas moleculares y 5) Determinar patogenicidad de las cepas aisladas mediante los Postulados de Koch, en plantas o frutos de aguacate, según sea el caso, bajo condiciones controladas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó del 23 de septiembre al 10 de octubre de 2024, en un huerto comercial de aguacate *Persea americana* Mill. var. Hass, conocido como “El aserradero”, ubicado en el municipio de Parangaricutiro, Michoacán, con una superficie de 12 ha. Respecto a la captura, se utilizaron doce trampas con etanol como atrayente y agua destilada como medio de colecta, modelo de trampa utilizado por Lázaro (2019) y De la Cruz-Martínez *et al.* (2020).

Para la identificación de la especie de Scolytinae se utilizaron las claves de Wood (1982) y comparación con material de referencia en la Colección de Insectos del Colegio de Postgraduados (CEAM). Con respecto a la tipificación del micangio, se utilizarán 2 especímenes acorde al proceso de obtención de micangio realizado por De la Cruz-Martínez *et al.* (2020). Para el aislamiento y purificación de los hongos asociados a estos escarabajos, se utilizaron 4 especímenes, para esto cada individuo fue seccionado en tres partes, cabeza y protórax, y la tercera porción estuvo integrada por mesotórax, metatórax, abdomen y patas. Con estas disecciones se prepararon 2 cámaras húmedas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Referente a la colecta del escolítino en las trampas se colectó un total de 42 especímenes. Con respecto a la identidad de la especie, mediante las claves taxonómicas y comparación con material biológico del CEAM, ésta se identificó como *Corthylus flagellifer* (Blandorf, 1904). También, cuenta con la corroboración del Dr. Thomas H. Atkinson, especialista del grupo de escolítinos a nivel mundial. Referente a la tipificación del micangio, se encuentra en proceso. Por otra parte, en breve, se realizará el análisis molecular.

Para el aislamiento y purificación de hongos procedentes de las cámaras húmedas, una vez transcurridos 30 días, del micelio crecido en el protórax mediante punta de hifa, se transfirió en cuatro medios de cultivo, tales como Papa Dextrosa Agar (PDA), Papa Dextrosa Agar BDBioxon®, Spezieller Nährstoffarmer Agar (SNA) y Extracto de Malta Agar (EMA). El protórax es la región del cuerpo del escarabajo ambrosial de interés debido a que es donde se aloja el micangio en esta especie.

De manera preliminar, para determinar que se tratan de hongos fitopatógenos, se realizaron preparaciones temporales con cinta adhesiva y lactofenol, obteniéndose conidios y clamidosporas de 4 aislados fúngicos, identificándose como Aislado1 (CBlanca1PN), Aislado2 (CSalmon2PN), Aislado3 (CBlanca3PN) y Aislado4 (*Cladosporium* spp.). Para su determinación a nivel especie, en breve, se realizará la identificación molecular y caracterización morfológica.

CONCLUSIÓN

Se corrobora la abundancia de la especie *Corthylus flagellifer* en el municipio de Nuevo Parangaricutiro, Michoacán y la asociación de ésta con hongos fitopatógenos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación por la beca otorgada en los estudios de Doctorado para el primer autor; al Colegio de Postgraduados, campus Montecillo y al Depto. de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo por el equipo, materiales y las instalaciones para llevar a cabo la investigación; a los integrantes del Comité por su apoyo, asesoría y enseñanzas para el desarrollo de la investigación; al C. Agustín Audifred Ayala, propietario del huerto “El aserradero” por las facilidades brindadas durante la colecta; y a todos los amigos y colegas que me apoyan en este proyecto científico.

LITERATURA CITADA

- Atkinson TH. 2012. Estado de conocimiento de la taxonomía de los escarabajos descortezadores y ambrosiales de México (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). In: Memoria XVI Simposio Parasitología Forestal. Consejo Nacional Forestal 13-27.
- Batra LR. 1963. Ecology of ambrosia fungi and their dissemination by beetles. Transactions of the Kansas Academy of Science (1903), 66(2): 213-236.
- Eskalen A, Gonzalez A, Wang DH, Twizeyimana M, Mayorquin J S. 2012. First report of a *Fusarium* sp. and Its vector Tea Shot Hole Borer (*Euwallacea fornicatus*) causing fusarium dieback on avocado in California. Plant Disease 96 (7): 1,070. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-03-12-0276-PDN>

- De la Cruz-Martínez F, Romero-Nápoles J, Equihua-Martínez A, López-Buenfil J A, Torres BH. 2020. Micangio mesonotal del escarabajo ambrosial *Xylosandrus curtulus* (Eichhoff, 1869) (Curculionidae: Scolytinae) en Ziracuaretiro, Michoacán, México. *Folia Entomológica Mexicana* (nueva serie), 6(2): 19-25
- Gil CN, Gomez DE, Marin P. 2004. *Corthylus* n. sp. (Coleoptera: Scolytidae), plaga del aliso en la cuenca de rio Blanco en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 30:171–178.
- Harrington T, Fraedrich SW, Aghayeva DN. 2008. *Raffaelea lauricola*, a New Ambrosia Beetle Symbiont and Pathogen on the Lauraceae. *Mycotaxon*, 104:399–404.
- Jaramillo JL, Ospina CM, Gil Z N, Montoya EC, Benavides P. 2011. Avances en la biología de *Corthylus zulmae* (Coleoptera: Curculionidae) en plantaciones de *Alnus acuminata* (Betulaceae). *Revista Colombiana de Entomología* 37:48–55.
- Lázaro-Dzul, M.O. 2019. Monitoreo de Scolytinae (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) con atrayentes en huertos de aguacate en Michoacán. Montecillo, Edo. de México. 28-31p.
- Mayers CG, Bateman CC, Harrington TC. 2018. New *Meredithiella* species from mycangia of *Corthylus* ambrosia beetles suggest genus-level coadaptation but not species-level coevolution, *Mycologia*, 110:1, 63-78, DOI: 10.1080/00275514.2017.1400353
- Nord JC. 1972. Biology of the Columbian timber beetle, *Corthylus columbianus* (Coleoptera: Scolytidae), in Georgia. *Annals of the Entomological Society of America* 65:350–358.
- O'Donnell K, Sink S, Libeskind-Hadas R, Hulcr J, Kasson MT, Ploetz C, Konkol JL, Ploetz JN, Carrillo D, Campbell A, Duncan RE, Liyanage PNH, Eskalen A, Na F, Geiser DM, Bateman C, Freeman S, Mendel Z, Sharon M, Aoki T, Cossé AA, Rooney AP. 2015. Discordant phylogenies suggest repeated host shifts in the Fusarium–Euwallacea ambrosia beetle mutualism. *Fungal Genetics and Biology*, 82, 277–290. ISSN 1087-1845, <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2014.10.014>.

Ruíz-González CG. 2023. Monitoreo de escolítinos (CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) en huertas de aguacate en la región central del estado de Michoacán. Montecillo, Estado de México. 62p.

Vannini A, Contarini M, Faccoli M, Della Valle C, Morales RC, Mazzetto T, Guarneri D, Vettraino MA, Speranza S. 2017. First report of the ambrosia beetle *Xylosandrus compactus* and associated fungi in the Mediterranean maquis in Italy, and new host–pest associations. EPPO Bulletin 0, 1–4. DOI: 10.1111/epp.12358

ACTIVIDAD DE VUELO Y DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE *Xylosandrus compactus* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) EN LA SIERRA NEGRA DE MÉXICO

Iván Fermín Quiroz-Ibáñez^{1*}, Armando Equihua-Martínez^{1*}, Jorge Jiménez-Zilli²,
Héctor González-Hernández¹, Bruno Laureano-Ahuelicán¹, Nidia Bégica Pérez-De la O¹

¹Posgrado en Fitosanidad orientación en Entomología y Acarología. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados.
56230. Montecillo, Estado de México.

²Biotecnología ANDREB S.A. de C.V. 4 Poniente # 1023, col. Centro 94100. Huatusco, Veracruz.

*Autor de correspondencia: equihuaa@colpos.mx

INTRODUCCIÓN

El café es una bebida popular originaria de África y Medio Oriente, obtenida de plantas cultivadas de *Coffea* spp., principalmente en regiones tropicales y subtropicales de África, Asia y América (Santiago *et al.*, 2025). Brasil es el principal productor (FAO, 2025). En México, el café es un cultivo estratégico en el sector agropecuario, que ocupa el segundo lugar en superficie establecida dentro de los cultivos perennes que se produce en Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla (SIAP, 2023). El barrenador negro de las ramas (BNR) *Xylosandrus compactus* Eichhoff, 1875 es un escarabajo ambrosial escolitino de la tribu Xyleborini. Actualmente está presente en todos los continentes excepto la Antártida (Urvois *et al.*, 2022; Equihua-Martínez *et al.*, 2023; Equihua-Martínez *et al.*, 2024). Este barrenador ataca plantas estresadas y aparentemente sanas, con un rango de hospedantes mayor a 220 especies pertenecientes a 62 familias botánicas, incluyendo árboles, arbustos y cultivos de importancia económica como aguacate, café, cacao y mango (Oliveira *et al.* 2008; Greco y Wright, 2015; Gugliuzzo *et al.*, 2021). La hembra de *X. compactus* coloniza ramas pequeñas donde produce galerías para cultivar hongos específicos que representan la única fuente de alimento para su progenie (Hara y Beardsley, 1979; Anses, 2017). En café robusta, la incidencia del BNR se ha reportado hasta del 25.51% (Indriati *et al.*, 2017). Debido a que *X. compactus* se comporta como una plaga de importancia económica, se estudió su actividad de vuelo y dinámica espacio-temporal en dos parcelas de café robusta (*C. canephora*) en la Sierra Negra de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el monitoreo se seleccionaron dos sitios con producción de café robusta, uno se ubica en Limonestitla, Tezonapa, Veracruz (LTV, 18°29'56.0"N, 96°49'55.0"W; 72. 9 msnm) y otro en Tepexilotla, Zoquitlán, Puebla (TZP, 18°27'52.0"N, 96°54'00.0"W; 641. 4 msnm). Las condiciones climáticas promedio en LTV y TZP fueron de $25.29 \text{ }^\circ\text{C} \pm 4.70$ y 88.84 ± 14.05 % HR y $22.28 \text{ }^\circ\text{C} \pm 4.59$ y 88.77 ± 14.01 % HR, respectivamente. En cada sitio, el sistema de monitoreo consistió en instalar 10 trampas tipo ECO-IAPAR (en honor al Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR y el Instituto Agronómico de Paraná, IAPAR), que se colocaron con un arreglo sistemático a ≈ 20 m de distancia entre trampas, considerando las dimensiones de los huertos. Estas trampas se colocaron con alambre galvanizado cerca de una planta de cafeto. El diseño de las trampas utilizadas fue similar al de Barrera *et al.* (2006). A cada trampa se le adicionó un difusor de etanol al 96°. La revisión de las trampas se realizó cada 15 días durante 12 meses, de mayo 2023 a mayo 2024. La determinación de adultos de BNR fue con apoyo de las claves propuestas de Wood (1982) y referencia de apoyo la página web “Bark and Ambrosia Beetles of the Americas” (Atkinson, 2024). Para registrar información climática local de temperatura ($^\circ\text{C}$), humedad relativa (%) y punto de rocío ($^\circ\text{C}$), se colocó en cada sitio un datalogger del modelo HOBO[®] Pro v2 ([®]Onset Computer Co. Bourne, MA, USA). Del material recuperado de las trampas se registró la abundancia del BNR por trampa/sitio/fecha. Los datos de abundancia del BNR asociados por fecha de colecta, se graficaron para mostrar la distribución temporal y relacionarlos con las variables categóricas (i.e. fenología del cafeto y estación). Se generaron mapas geoestadísticos mediante interpolación IDW por parcela, con los paquetes gstat (CRAN R Project, Austria, Pebesma, 2004) y tmap (CRAN R Project, Austria, Tennekes, 2018). La autocorrelación espacial se analizó con el I de Moran global para identificar patrones espaciales con el paquete spdep (CRAN R Project, Austria, Bivand, and Piras, 2015). Con la finalidad de determinar el nivel de asociación entre las variables climáticas y la abundancia del BNR, los datos se sometieron a un análisis de correlación de Spearman, con el paquete Hmisc (CRAN R Project, Austria, Harrell, 2023). Para asociar las variables climáticas, fenología del cafeto y estación del año, con la abundancia del BNR se ajustó un Modelo Lineal Generalizado (GLM) con distribución Poisson con el paquete stats (R Core Team, 2023). Para comparar la abundancia del BNR entre los sitios se ajustó un modelo mixto con la distribución binomial negativa con glmmTMB (CRAN R Project, Austria, McGillicuddy, 2025).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La abundancia de escolitinos (incluyendo BNR) difirió en cantidad y tiempos de vuelo en ambos sitios, donde la altitud más alta (i.e. TZP) tuvo mayor abundancia del BNR que la baja (i.e. LTV). En Tepexilotla, Zoquitlán, Puebla se registraron dos picos de vuelo y seis en Limonestitla, Tezonapa, Veracruz (Figura 1) entre Octubre 2023 y Febrero 2024. De las capturas totales en TZP el 6% corresponde al BNR (n=588) y 94% a otros Scolytinae (n= 8,668), mientras que, para LTV, fue del 2% para BNR (n=126) y de 98% (n=6,813) para otros Scolytinae. El análisis reveló diferencias significativas en los conteos del BNR entre sitios ($p \leq 0.01$).

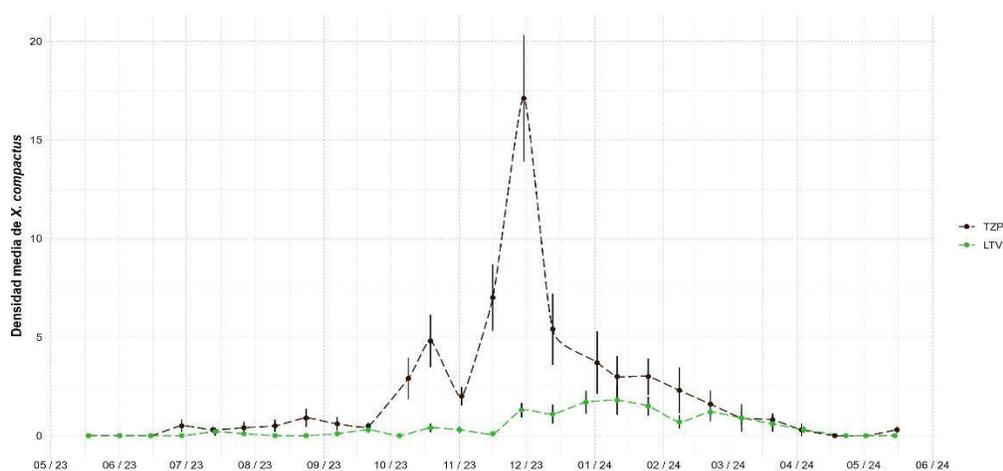


Figura 1. Actividad de vuelo del BNR en *C. canephora* en la región de la Sierra Negra de Tepexilotla, Zoquitlán, Puebla (TZP) y Limonestitla, Tezonapa, Veracruz (LTV) de 2023 a 2024.

Por otra parte, la abundancia del BNR fue mayor en la etapa fenológica cosecha-fruto consistente del cafeto y en las estaciones otoño-invierno (Figura 2).

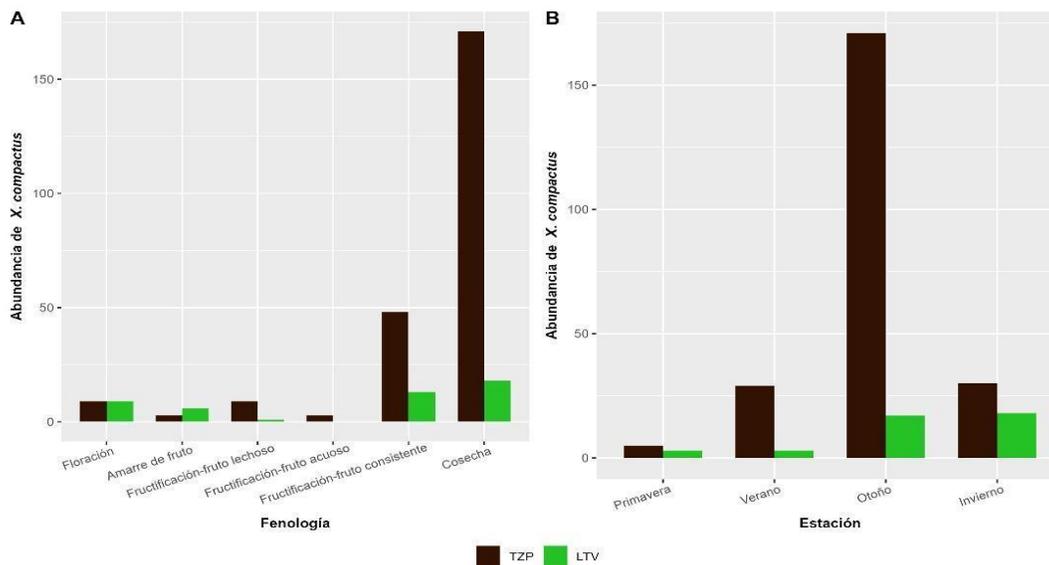


Figura 2. Abundancia del BNR por estación y etapa fenológica de *C. canephora* en los sitios de monitoreo en la región de la Sierra Negra de Tepexilotla, Zoquitlán, Puebla (TZP) y Limonestitla, Tezonapa, Veracruz (LTV), durante 2023-2024. A) BNR por estación y B) BNR por fenología del cafeto.

De acuerdo con el GLM, las variables con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) fueron la temperatura humedad relativa, punto de rocío, altitud y la fenología en fruto consistente, cosecha y floración. La estación otoñal obtuvo la mayor abundancia del BNR y fue significativamente diferente a la invernal. De acuerdo con el ρ de Spearman, la temperatura y punto de rocío, mantuvieron una correlación inversamente proporcional con la abundancia del BNR ($p \leq 0.01$); mientras que, la humedad relativa, la correlación fue directamente proporcional con la abundancia del BNR ($p \leq 0.01$). La distribución espacial acumulada media del BNR durante 2023-2024, fue más aglomerada en la zona sur en LTV y al suroeste en TZP de cada parcela (Figura 3). En LTV para la variable captura del BNR media existe autocorrelación espacial ($p \leq 0.01$), lo que indica tendencia al agrupamiento. En TZP no se detectó autocorrelación, lo cual indica que tiene una distribución aleatoria.

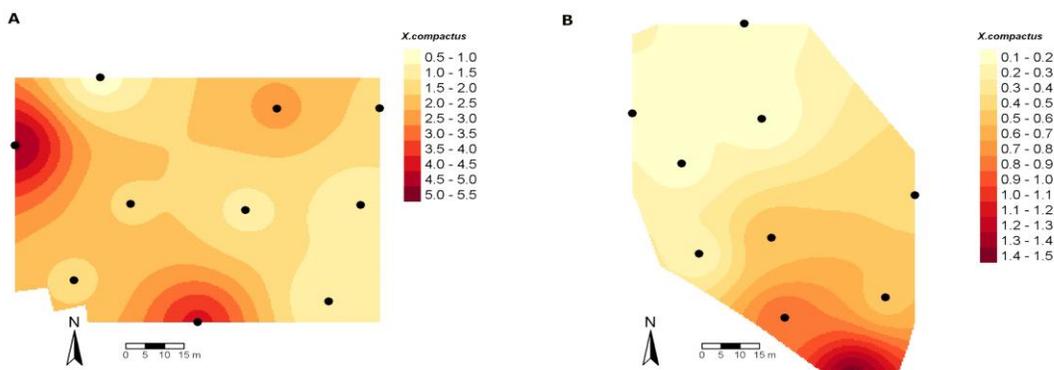


Figura 3. Dinámica espacial de la densidad media del BNR en *C. canephora* en la región de la Sierra Negra durante 2023-2024 (los puntos negros representan a las trampas); A) BNR en TZP y B) BNR en LTV.

Los resultados indican que *X. compactus* y otros escolitinos registrados en el área de estudio prefieren condiciones de alta humedad, lo cual concuerda con Nanjago *et al.* (2024) y Hulcr *et al.* (2008); ya que, a mayor humedad, hay mayor abundancia y riqueza de especies ambrosiales (Hulcr *et al.*, 2008). La preferencia por la etapa fenológica de cosecha y fruto consistente, puede ser derivado a que en frutos maduros de café existe acumulación de azúcar y compuestos volátiles como etanol, factores que lo hace más atractivo a otros escolitinos como la broca del cafeto (Ortiz *et al.*, 2004) y al BNR. En general, las fechas dónde hubo mayor actividad de vuelo del BNR coinciden con temperaturas bajas, así como humedad relativa y precipitación altas, lo cual concuerda con otros estudios (Virgen *et al.*, 2022; Nanjago *et al.*, 2024)

CONCLUSIONES

En el presente estudio se registró por primera vez la actividad de vuelo y dinámica espacial de *X. compactus* en cafetos de Tepexilotla, Zoquitlán, Puebla y Limonestitla, Tezonapa, Veracruz. En otoño - invierno y en la fenología fruto consistente - cosecha se obtuvo la mayor abundancia de *X. compactus*. La temperatura y punto de rocío mantienen una correlación inversamente proporcional con la abundancia del BNR, mientras que, la humedad relativa tuvo una correlación directamente proporcional. Los resultados sugieren que el manejo del BNR debe de ir dirigido a las zonas más húmedas de la parcela del cafeto, durante otoño-invierno y antes de la cosecha del fruto del cafeto.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación y al Colegio de Postgraduados por el financiamiento académico y de investigación al primer autor. A la empresa biotecnología ANDREB, a los técnicos de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal de Puebla y Veracruz, por el apoyo logístico y económico otorgado, a los C. Abraham Osorio Hernández y C. Oliva Romero Gaspar por el permiso otorgado para el acceso a sus parcelas en el desarrollo del presente estudio. Al consejo particular del primer autor como colaboradores.

LITERATURA CITADA

- Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses).2017. Évaluation do risque simplifiée sur *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) identifié en France métropolitaine. <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANTVEG2016SA0170Ra.pdf>
- Atkinson TH. 2024. Bark and Ambrosia Beetles of the Americas <https://www.barkbeetles.info/> (Recuperado: septiembre 2024).
- Barrera JF, Herrera J, Villacorta A, García H, Cruz L. 2006. Trampas de Metanol- Etanol para Detección, Monitoreo y Control de la Broca del Café *Hypothenemus hampei*. In Barrera JF y Montoya P (Eds.) Simposio sobre Trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México. pp. 71-83.
- Bivand RS, Piras G. 2015. spdep: Spatial dependence: Weighting schemes, statistics and models. R package version 0.5-92. <https://cran.r-project.org/package=spdep>
- Equihua-Martínez A, Estrada-Venegas EG, García-Ochaeta JF. 2024. First Record of *Xylosandrus Compactus* (Eichhoff) 1875 (Curculionidae: Scolytinae) in Guatemala. International Journal of Life Sciences Research 3(8): 700–703. <https://doi.org/10.55677/ijlsar/V03I8Y2024-11>
- Equihua-Martínez A, Robledo-Martínez JD, Barrera JF. 2023. The Presence of *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in the Sierra Negra of Puebla, Veracruz and Oaxaca, Mexico. Florida Entomologist 106(3): 192–194. <https://doi.org/10.1653/0241060307>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).2025. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/es/#data>. Licence: CC-BY-4.0 (Recuperado: febrero 2025).
- Greco, EB, MG Wright. 2015. Ecology, biology, and management of *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) with emphasis on coffee in Hawaii. Journal of Integrated Pest Management 6 (1) :7. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmv007>
- Gugliuzzo A, Biedermann PHW, Carrillo D, Castrillo LA, Egonyu JP, Gallego D, Haddi K, Hulcr J, Jactel H, Kajimura H, Kamata N, Meurisse N, Li Y, Oliver JB, Ranger CM, Rassati D, Stelinski LL, Sutherland R, Tropea Garzia G, Wright MG, Biondi A .2021. Recent advances toward the sustainable management of invasive *Xylosandrus ambrosia* beetles. Journal of Pest Science 94(3):615–637. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01382-3>
- Hara AH, Beardsley Jr JW. 1979. The biology of the black twig borer, *Xylosandrus compactus* (Eichhoff), in Hawaii. Proceedings of the Hawaiian Entomological Society 18: 55–70.
- Harrell FE. 2023. Hmisc: Harrell Miscellaneous. R package version 4.7-0. <https://cran.r-project.org/package=Hmisc>
- Hulcr J, Beaver AR, Puranasakul W, Dole AS, Sonthichai S. 2008. A Comparison of Bark and Ambrosia Beetle Communities in Two Forest Types in Northern Thailand (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae). Environmental Entomology 37(6): 1461–1470. <https://doi.org/10.1603/0046-225x-37.6.1461>
- Indriati G, Khaerati K, Sobari I, Pranowo D. 2017. Attack Intensity of Twig Borer *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae) on Four Robusta Coffee Clones. Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar 4(2): 99 - 106. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v4n2.2017.p99-106>
- McGillycuddy M, Warton DI, Popovic G, Bolker BM.2025. Parsimoniously Fitting Large Multivariate Random Effects in glmmTMB. Journal of Statistical Software 112(1): 1–19. <https://doi.org/10.18637/jss.v112.i01>
- Nanjego W, Kagezi HG, Kyamanywa S, Ssembajwe R, Kobusinge J, Arinaitwe G. 2024. Population Dynamics of the Black Coffee Twig Borer *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) in Robusta Coffee *Coffea canephora*. Indian Journal of Entomology 86(3): 732–738. <https://doi.org/10.55446/IJE.2024.2046>
- Oliveira, CM, Flechtmann AC, Frizzas RM. 2008. First record of *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) on soursop, *Annona muricata* L

- (Annonaceae) in Brazil, with a list of host plants. *The Coleopterists Bulletin* 62(1): 45-48. <https://doi.org/10.1649/10391>
- Ortiz A, Ortiz A, Vega FE, Posada F. 2004. Volatile composition of coffee berries at different stages of ripeness and their possible attraction to the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(19): 5914-5918. <https://doi.org/10.1021/jf049537c>
- R Core Team. 2023. R: A language and environment for statistical computing R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria URL. <https://www.R-project.org/>
- Santiago C, Sandoval-Cortés J, Chávez González ML, Ruelas-Chacón X, Aguilar-González MA, Aguilar, CN. 2025. *Coffea canephora* (robusta). In V. R. Preedy and V. B. Patel (Eds.) *Coffee in Health and Disease Prevention* (Second Edition). Academic Press, pp.19–25. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13868-3.00050-8>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. Datos abiertos, estadística de producción agrícola. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>
- Tennekes M. 2018. tmap: Thematic maps in R. *Journal of Statistical Software* 84(6): 1-39. <https://doi.org/10.18637/jss.v084.i06>
- Urvois T, Perrier C, Roques A, Sauné L, Courtin C, Li Y, Johnson AJ, Hulcr J, Auger-Rozenberg MA, Kerdelhué C. 2022. A first inference of the phylogeography of the worldwide invader *Xylosandrus compactus*. *Journal Pest Science*. 95(3): 1217–1231. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01443-7>
- Virgen MOE., Solorio BA, Velasco RC, Falcón-Brindis A, Medina DKBA, Parra BMLD, Miranda DL, Bermúdez RA, De Dios Avila N. 2022. Bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae) associated with avocado in Nayarit, Mexico. *International Journal of Tropical Insect Science* 42(2): 1547–1553. <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00674-6>
- Wood SL. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytinae), a taxonomic monograph. Provo, Utah: Great Basin Naturalist Memoirs, 6.

SECCIÓN: MÉTODOS ALTERNATIVOS DE COMBATE
QUÍMICA EN LA SUPERFICIE: HIDROCARBUROS CUTICULARES Y
SU RESPUESTA A LA IRRADIACIÓN EN *Drosophila suzukii* (DIPTERA:
DROSOPHILIDAE)

Itzel Lima Rivera^{1*}, Julio Cesar Rojas León², Celina Llanderal Cázares¹, Héctor Gonzáles Hernández¹, César Ruiz Montiel³ y Laura Delia Ortega Arenas¹.

¹Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco Km 36.5, Texcoco de Mora, México, C.P. 56230.

²Colegio de la Frontera Sur, Carretera Antigua Aeropuerto km 2.5, Tapachula, Chiapas, C.P. 30700.

³Instituto de Investigaciones Forestales, Carretera Antigua a Coatepec, Xalapa, Veracruz C.P. 91070.

*Autor para correspondencia: itzellima943@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En los insectos, la comunicación química es esencial para la supervivencia, reproducción y adaptación al entorno. Una de las herramientas más versátiles que poseen muchas especies son los hidrocarburos cuticulares (CHCs, por sus siglas en inglés), compuestos lipídicos que recubren la superficie del cuerpo y cumplen funciones que van desde la prevención de la pérdida de agua hasta el reconocimiento entre individuos (Blomquist y Bagnères 2010). En *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931), una mosca frugívora de gran importancia económica por su impacto en cultivos de frutas blandas, el estudio de los CHCs ha comenzado a revelar aspectos claves de su biología, pero aún queda mucho por descubrir (Snellings *et al.* 2018; Savage *et al.* 2021).

Los CHCs no solo protegen físicamente al insecto, sino que también actúan como señales químicas que permiten a los machos y hembras reconocerse, evaluar la madurez sexual del otro y decidir si aceptar o rechazar un cortejo. En *D. suzukii*, se han identificado más de 60 CHCs, muchos de los cuales varían en cantidad y composición dependiendo del sexo, la edad y el estado reproductivo del individuo (Snellings *et al.* 2018). Este nivel de especificidad sugiere que los CHCs juegan un papel sofisticado y selectivo en la regulación del comportamiento sexual, además de factores biológicos internos, las condiciones externas pueden influir en la expresión y el perfil de los CHCs. Un estudio innovador empleó ozono como agente oxidante para modificar los CHCs de *D. suzukii* sin causar la muerte del insecto, esta manipulación afectó la resistencia a la desecación y permitió observar la regeneración de los hidrocarburos (Savage *et al.* 2021).

Sin embargo, uno de los aspectos menos explorados en esta línea de investigación es el efecto de la irradiación ionizante sobre los CHCs. La irradiación se utiliza en programas de control

biológico como la Técnica del Insecto Estéril (TIE), en la que se esterilizan machos para liberarlos en el ambiente y reducir la reproducción de la población silvestre; si bien existen estudios que evalúan la eficacia de este método en *D. sukii* en términos de esterilidad y comportamiento general (Krüger *et al.* 2018), no se ha evaluado hasta ahora su impacto sobre los CHCs ni cómo podrían verse alteradas las señales químicas que median la atracción sexual.

En este estudio nos propusimos dar un paso en esa dirección, analizamos la presencia y variación de cuatro CHCs clave en moscas *D. sukii* de diferentes edades, sexos y estados reproductivos. Para ello, comparamos dos cepas: una que fue sometida a irradiación y otra que no. Realizamos lavados cuticulares en moscas vírgenes y copuladas, y evaluamos las diferencias en la expresión de estos compuestos. Con este trabajo, buscamos aportar nuevos conocimientos sobre la interacción entre fisiología química y manipulación física en esta especie, lo cual podría tener implicaciones directas para su control en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Insectos y condiciones de cría. Se utilizaron dos cepas de *D. sukii*: una expuesta a irradiación y una no irradiada. Las moscas fueron mantenidas en condiciones controladas de temperatura (25 ± 1 °C), humedad relativa ($60 \pm 10\%$) y fotoperiodo (12:12 h L:O). Se alimentaron con dieta diseñada para drosophilidos: fibra de coco, azúcar, harina de maíz, levadura de cerveza, benzoato de sodio, nipagín (metilparabeno) y agua (Aceituno-Medina *et al.* 2020). Para los experimentos se separaron hembras y machos recién emergidos y se asignaron a grupos según edad (1-5 días post emergencia) y estado reproductivo (vírgenes o copulados). La cópula se permitió en parejas durante 12, 24 y 48 h y luego se separaron los individuos para su análisis. Ambas cepas fueron proporcionadas por la planta de Moscamed ubicada en Metapa de Domínguez, Chiapas.

Extracción de hidrocarburos cuticulares. La extracción de CHCs se llevó a cabo siguiendo el método descrito por Snellings *et al.* (2018) y adaptado por Belenioti *et al.* (2022). Brevemente, se colocaron grupos de cinco individuos en viales de vidrio con 100 μ L de hexano n-hexano (HPLC grado) durante 5 minutos. Durante ese tiempo, los viales se agitaron suavemente para facilitar el lavado cuticular. Posteriormente, el extracto fue transferido a viales con insertos de vidrio y se evaporó el solvente bajo una corriente suave de nitrógeno, hasta alcanzar un volumen final de 20 μ L. El material se almacenó a -20 °C hasta el análisis. **Análisis químico por GC-MS**

Los extractos fueron analizados mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas SHIMADZU® GC-2010 Plus, equipado con una columna capilar DB-5 ms, 30 m × 0.25 mm × 0.25 µm. El programa de temperatura fue: 50 °C (1 min), incremento de 15 °C/min hasta 280 °C, mantenimiento por 10 min. El inyector operó en modo splitless a 250 °C. La identificación de compuestos (hexacoseno, pentacoseno, Z-9-tricoseno y eneicoseno) se realizó por comparación con estándares químicos y bibliotecas de espectros (NIST). **Análisis estadístico.** Las concentraciones relativas de los CHCs se analizaron mediante un modelo lineal generalizado (GLM) para evaluar los efectos de irradiación, sexo, edad y estado reproductivo. Todos los análisis se realizaron en R versión 4.X.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los compuestos de interés se encuentran el hexacoseno, pentacoseno, Z-9-tricoseno y eneicoseno. Estos hidrocarburos, presentes en diversas especies del género *Drosophila*, han sido asociados con el atractivo sexual y la inhibición o estimulación del apareamiento, dependiendo de su proporción y contexto (Snellings *et al.* 2018; Belenioti *et al.* 2022; Lima *et al.* 2023). Por ejemplo, se ha observado que cantidades elevadas de ciertos tricosenos pueden inhibir el cortejo, incluso si estos compuestos son característicos de individuos sexualmente maduros (Snellings *et al.* 2018). Este hallazgo apunta a que no solo importa la presencia de un CHC, sino su equilibrio dentro de un perfil químico complejo.

El hallazgo más relevante fue que la irradiación afecta significativamente los niveles de Z-9-tricoseno y eneicoseno, dos compuestos fundamentales para la comunicación química en *D. suzukii*. Esta alteración podría deberse a daños celulares o disrupciones en las rutas biosintéticas responsables de la producción de estos hidrocarburos. Estudios en otras especies ya habían sugerido que tratamientos con radiación pueden modificar la química cuticular, lo cual puede impactar el reconocimiento sexual y la capacidad de apareamiento (Krüger *et al.* 2018).

Esta observación tiene implicaciones importantes para programas de control mediante la Técnica del Insecto Estéril (TIE). Aunque la irradiación logra inducir esterilidad, afecta negativamente los CHCs clave, ya que los machos liberados podrían no ser tan competitivos sexualmente. Esto subraya la necesidad de balancear la dosis de irradiación para garantizar esterilidad sin comprometer los atributos de cortejo, como ya ha sido discutido en el caso de

Anastrepha ludens (Loew, 1873) y *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) en el programa Moscamed (Schwarz *et al.* 1985; Gutiérrez-Palomares *et al.* 2019). La detección específica de hexacoseno en etapas más avanzadas también refuerza la idea de una madurez química gradual. En contraste, la ausencia total de pentacoseno, pese a haber sido reportado en otras poblaciones, podría estar relacionada con diferencias genéticas, condiciones ambientales o sensibilidad analítica.

Uno de los hallazgos más relevantes fue que el pentacoseno no se detectó en ninguna muestra, a pesar de que este compuesto ha sido reportado en la especie en estudios previos (Belenioti *et al.* 2022). Esta ausencia podría deberse a diferencias metodológicas, sensibilidad del análisis, o incluso variabilidad ambiental o genética en las cepas analizadas.

Por otro lado, la presencia constante de Z-9-tricoseno y enicoseno en todas las edades y condiciones coincide con su posible papel como componentes fundamentales del perfil cuticular de *D. suzukii*, tal como ha sido descrito en trabajos sobre comunicación sexual y madurez reproductiva (Snellings *et al.* 2018). Su persistencia sugiere que estos compuestos pueden tener una función estructural o de señalización básica, presente desde los primeros días de vida adulta.

AGRADECIMIENTOS

La primera autora agradece a Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el apoyo económico para la realización de sus estudios doctorales, al Colegio de Postgraduados por el apoyo logístico. Al Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) por permitir el uso de su laboratorio de Ecología Química. A la planta MOSCAMED por facilitar el material biológico.

LITERATURA CITADA

- Aceituno-Medina M, Ordoñez A, Carrasco M, Montoya P, Hernández E. 2020. Mass rearing, quality parameters, and bioconversion in *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) for sterile insect technique purposes. *Journal of Economic Entomology* 113 (3): 1097–1104. DOI:10.1093/jee/toaa022
- Belenioti M, Roditakis E, Sofiadis M, Fouskaki M, Apostolaki M, Chaniotakis N. 2022. Effect of solvent extraction time on the hydrocarbon profile of *Drosophila suzukii* and behavioural

- effects of 9-pentacosene and dodecane. *European Journal of Entomology* 119: 132-241. DOI:10.14411/eje.2022.025
- Blomquist GJ, Bagnères AG. 2010. *Insect hydrocarbons: Biology, biochemistry, and chemical ecology*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. DOI:10.1017/CBO9780511711909
- Gutiérrez-Palomares VM, Cibrián-Tovar J, Alatorre-Rosas R, Quezada-Salinas A. 2019. Effect of irradiation on quality and fertility parameters of *Drosophila suzukii* in Mexico. *Southwestern Entomologist* 44 (3): 617–626. DOI:10.3958/059.044.0307
- Krüger AP, Schlesener DCH, Nava DE. 2018. Effects of irradiation dose on sterility induction and quality parameters of *Drosophila suzukii*. *Journal of Applied Entomology* 2: 741-746. DOI:10.1093/jee/tox349
- Lima I, Tadeo E, Remedios-Mendoza M, Martínez-Hernández MDJ, Ruiz-Montiel C. 2023. Evidence of a pheromone involved in the behaviour of *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae). *Journal of Applied Entomology* 147 (10): 990–1000. DOI:10.1111/jen.13195
- Savage B, Wang Z, Chung H, Masten S, Grieshop M. 2021. An ozonolysis-based method and applications for the non-lethal modification of insect cuticular hydrocarbons. *Journal of Chemical Ecology* 47 (7): 628-641. DOI:10.1007/s10886-021-01285-8
- Schwarz AJ, Zambada J, Orozco D, Zavala JL. 1985. Mass production of the Mediterranean fruit fly at Metapa, México. *Florida Entomologist* 68 (3): 467–477. DOI:10.2307/3495329
- Snellings Y, Herrera B, Wildemann B, Beelen M, Zwarts L, Wenseleers T, Callaerts P. 2018. The role of cuticular hydrocarbons in mate recognition in *Drosophila suzukii*. *Scientific Reports* 8: 1-10. DOI:10.1038/s41598-018-23234-5.

INTERFERENCIA DE INHIBIDORES DE LA SÍNTESIS DE LA QUITINA EN EL DESARROLLO DE *Periplaneta americana*

Diego Adrián López Carrillo^{1*}, Ricardo E. Castro Torres¹, Celina Llanderal Cázares¹, J. Concepción Rodríguez Maciel¹.

¹Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología, Montecillo, 56264 Texcoco, Estado de México, México

*Autor por correspondencia: diegoalc15@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La Entomología Urbana se ocupa del estudio y control de insectos que afectan la vida cotidiana en entornos urbanos, desde aspectos emocionales hasta médicos (Hartnack, 1939). El control de plagas urbanas como hormigas, cucarachas, chinches y termitas representa costos significativos (Rust y Su, 2012), con estimaciones anuales de entre 12 y 16 millones de dólares en Europa, o hasta 140 millones si las tasas de infestación aumentan (U.K. And Germany Bed Bug Control, 2016). Dentro de las plagas relevantes destacan las cucarachas (Orden Blattodea), de las cuales cerca de 50 especies son consideradas plaga, un número que podría incrementarse por el cambio climático y la urbanización (Appel, 1995; Brenner, 1995). En Norteamérica, se reconocen poco más de 12 especies plaga, donde destacan *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* (Gondhalekar *et al.*, 2021).

Estas especies muestran adaptaciones notables como hábitos nocturnos y una elevada capacidad reproductiva, con hasta cuatro generaciones anuales (Ross y Mullins, 1995) lo que facilita el desarrollo de resistencia a insecticidas como piretroides, carbamatos, organoclorados y organofosforados (Naqqash *et al.*, 2016). Ante esta problemática, los reguladores del crecimiento de insectos (RCI) se presentan como alternativas eficaces. Entre ellos, los inhibidores de la síntesis de quitina (ISQs) que interfieren con la muda del insecto y son valorados por su baja toxicidad en mamíferos (Merzendorfer, 2012, Joseph, 2017; Kimiaei *et al.*, 2022). Dentro de los ISQs, compuestos como diflubenzurón, novalurón, hexaflumurón y triflumurón han sido empleados con éxito (Sun, 2012), aunque los estudios sobre el efecto del diflubenzurón en cucarachas aún son escasos (Seccani *et al.*, 2018).

En este contexto, se refuerza la necesidad de investigar métodos de control eficaces y seguros para la salud humana y el medio ambiente, como el uso de inhibidores de quitina, especialmente dirigidos a las etapas inmaduras del desarrollo de los insectos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cría de cucarachas:

La cría fue establecida y mantenida en el insectario del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Las ninfas de *Periplaneta americana* fueron mantenidas en condiciones ambientales controladas, a una temperatura constante de 25 ± 1 °C y una humedad relativa del 60–70%. Los ejemplares fueron alojados en contenedores plásticos de 72 L, cuyas paredes internas superiores fueron recubiertas con una capa de vaselina para prevenir la fuga de los insectos. Cada contenedor fue provisto con una tapa ventilada que permitió una adecuada circulación de aire. Se les proporcionaron pellets comerciales para roedores (Nutricubos®) y agua *ad libitum*. Para el control del estadio de desarrollo se seleccionaron ninfas de sexto instar, las cuales fueron separadas por tamaño con ayuda de tamices y se introdujeron individualmente en las arenas experimentales.

Preparación de la dieta:

Se prepararon concentraciones de 0.1%, 1%, 5% y 10% de diflubenzurón (DFB) (Caronte, Helm), y se aplicaron sobre pellets comerciales en forma de barra, originalmente formulados para tortuga (Lomas Reptile Sticks). La impregnación se realizó por inmersión de los pellets en cada solución hasta lograr una saturación suficiente que garantizara la penetración del compuesto en el interior del sustrato. Posteriormente, los pellets tratados fueron dejados secar a temperatura ambiente (24–48 h) con el fin de reducir el exceso de humedad y minimizar así el riesgo de proliferación de hongos en las arenas experimentales. Para el grupo control, se emplearon pellets asperjados únicamente con agua destilada. La cantidad de alimento que se proporcionó a los insectos varió dependiendo del experimento.

Bioensayo para evaluar la interferencia en muda

Para los bioensayos, la arena experimental consistió en cajas plásticas de 10 litros, con 10 ninfas de *P. americana* de sexto instar cada una. Las cajas fueron acondicionadas con orificios de

5 cm de diámetro cubiertos con tela de organza para permitir una adecuada ventilación, y se aplicó una capa de vaselina en los bordes internos superiores para prevenir la fuga de los insectos. En el interior de cada caja se colocó un rollo de papel corrugado como refugio, una caja Petri con algodón humedecido como fuente de agua, y otra más para el suministro de la dieta. Se proporcionaron 15 gramos de dieta por unidad experimental, los cuales se mantuvieron disponibles hasta que todas las ninfas alcanzaran el estadio adulto. Cada tratamiento, junto con el grupo testigo, fue repetido en cuatro ocasiones (n = 4). Las arenas experimentales se mantuvieron en condiciones ambientales controladas dentro del insectario del Colegio de Postgraduados, a una temperatura constante de 25 °C y una humedad relativa de 50–60%. Se realizó un registro diario de las mudas para evaluar la eficacia del tratamiento durante el desarrollo ninfal. Las cucarachas que completaban la muda fueron fotografiadas y videogradas.

Registro de datos.

Los efectos del tratamiento con DFB fueron evaluados con base en las características morfológicas y funcionales de los adultos emergidos. Para ello, se utilizó una escala de daño, en la que se clasificaron los individuos según el grado de alteración observado tras la muda. Esta escala contempló cuatro categorías:

Cuadro 1. Escala de daño por exposición a DFB en *P. americana*

Clase	Descripción
0	Adulto normal, sin alteraciones morfológicas o de movilidad.
1	Deformaciones en alas sin afectar la movilidad general.
2	Deformaciones visibles acompañadas de pérdida de movilidad.
3	Muda con retención parcial del exoesqueleto o muerte de la ninfa

RESULTADOS PRELIMNARES Y DISCUSIÓN

Hasta el momento, los resultados preliminares muestran efectos diferenciales del DFB según la concentración utilizada en la dieta. En la concentración de 1%, no se observaron adultos normales (nivel 0), mientras que dos individuos presentaron deformaciones leves (nivel 1), 18

mostraron deformaciones visibles con pérdida de movilidad (nivel 2) y 20 registraron muda incompleta (nivel 3). En el tratamiento con 0.1%, tampoco se registraron adultos normales; tres individuos se ubicaron en el nivel 1, 21 en el nivel 2 y cuatro en el nivel 3.

En contraste, en el grupo testigo se observaron 25 adultos normales (nivel 0) y ninguna alteración registrada en los demás niveles de daño, lo que confirma la efectividad de la escala para detectar efectos atribuibles al tratamiento. En el tratamiento con 10%, se registró únicamente un individuo en el nivel 3 (muda incompleta); sin embargo, esta concentración ha inducido una alta mortalidad ninfal tras la ingestión de la dieta, lo que impidió la emergencia de adultos en la mayoría de los casos. Estas observaciones concuerdan con los resultados previos en experimentos con DFB en ninfas de *Blatella germanica* y en larvas de *Drosophila melanogaster*, donde indican que el DFB actúa sobre el receptor de sulfonilurea (SUR), bloquea la síntesis de quitina y altera el transporte de Ca^{2+} . también se manifestó en larvas *Aedes aegypti*, donde provocó fallas en la muda y deformaciones a concentraciones bajas, lo que respalda su eficacia como inhibidor del desarrollo en artrópodos (Abo-Elghar *et al.*, 2004; Montaña-Reyes *et al.*, 2019).

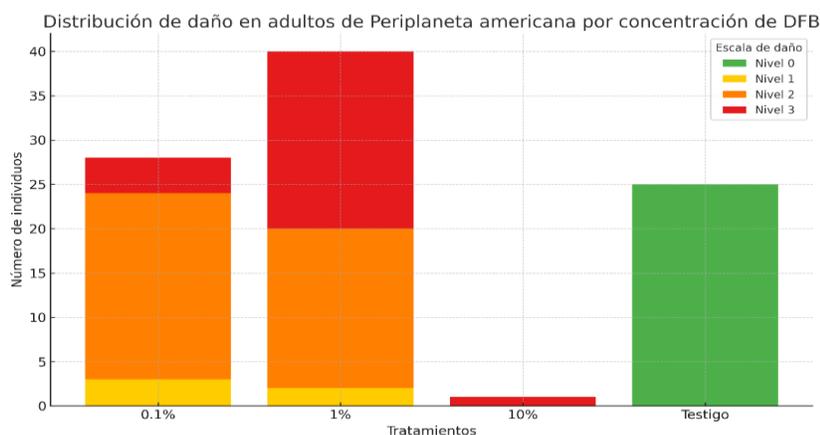


Figura 1. Distribución preliminar de adultos de *P. americana* según el nivel de daño observado tras la exposición a diferentes concentraciones de DFB en la dieta

Cabe destacar que estos resultados son preliminares, ya que aún no se han completado todas las repeticiones experimentales debido a la disponibilidad de material biológico.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECITHI) por la beca completa de maestría otorgada al primer autor con matrícula 12413014. Al consejo particular de investigación por su dedicación y asesoría durante la investigación.

LITERATURA CITADA

- Abo-Elghar GE, Fujiyoshi P, Matsumura F. 2004. Significance of the sulfonyleurea receptor (SUR) as the target of diflubenzuron in chitin synthesis inhibition in *Drosophila melanogaster* and *Blattella germanica*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 34(8): 743–752. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2004.03.009>
- Appel AG. 1995. Understanding and controlling the German cockroach. *Choice Reviews Online* 33(02): 33–0920. <https://doi.org/10.5860/choice.33-0920>
- Bell WJ, Adiyodi KG. 1982. The American cockroach. In Springer eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-5827-2>
- Brenner RJ. 1995. Economics and medical importance of german cockroaches. In *Understanding and Controlling the German cockroach*: 77–92). <https://doi.org/10.1093/oso/9780195064957.003.0004>
- Gondhalekar AD, Appel A G, Thomas GM, Romero A. 2021. A review of alternative management tactics employed for the control of various cockroach species (Order: Blattodea) in the USA. *Insects* 12(6): 550. <https://doi.org/10.3390/insects12060550>
- Hartnack H. 1939. Common household pests of North America. *Annals of the Entomological Society of America* 32(3): 655–656. <https://doi.org/10.1093/aesa/32.3.655>
- Joseph SV. 2017. Effects of insect growth regulators on *Bagrada hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology* 110(6): 2471–2477. <https://doi.org/10.1093/jee/tox264>
- Kimiaei M, Jalalizand A, Mahmoudi E. 2022. Efficacy and horizontal transmission of *Beauveria bassiana* and its synergistic activity with diflubenzuron against the house fly, *Musca domestica* L. *Biocontrol Science and Technology* 32(5): 551–563. <https://doi.org/10.1080/09583157.2022.2035318>

- Lee CY. 2019. Current challenges in urban pest management and vector control in Asia. *FAOPMA-Pest*.
https://faopma.com/Resources/FMFiles/Magazines/201904/FAOPMA_Magazine_2019_April_Page14-20_Current_Challenges.pdf
- McKinney ML. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation: The impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. OUP Academic. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0883:UBAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.0.CO;2)
- Merzendorfer H. 2012. Chitin synthesis inhibitors: old molecules and new developments. *Insect Science* 20(2): 121–138. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2012.01535.x>
- Montaño-Reyes A, Llanderal-Cázares C, Valdez-Carrasco J, Miranda-Perkins K, Sánchez-Arroyo H. 2019. Susceptibility and alterations by diflubenzuron in larvae of *Aedes aegypti*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 102(2). <https://doi.org/10.1002/arch.21604>
- Naqqash MN, Gökçe A, Bakhsh A, Merali S. 2016. Insecticide resistance and its molecular basis in urban insect pests. *Parasitology Research* 115(4): 1363–1373. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4898-9>
- Pest Control* Market size, share, growth | Forecast [2020-2027]. (2019). Retrieved February 11, 2024, from <https://www.fortunebusinessinsights.com/pest-control-market-102854>
- Robinson W. 1999. The changing status of the German cockroach in the urban environment. *Proceedings of the New Zealand Weed Control Conference* 52: 16–21. <https://doi.org/10.30843/nzpp.1999.52.11613>
- Ross MH, Mullins DE. 1995. Understanding and controlling the German cockroach. Oxford University Press 33(02): 33–0920.

-
- Rust MK, Su N. 2012. Managing social insects of urban importance. *Annual Review of Entomology* 57(1): 355–375. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100634>
- Seccacini EA, Juan L, Vassena CV, Zerba E, Alzogaray RA. 2018. Lufenuron kills deltamethrin-resistant *Blattella germanica* (Blattodea). *Revista De La Sociedad Entomológica Argentina* 77(2): 32–35. <https://doi.org/10.25085/rsea.770204>
- Sun R, Liu C, Zhang H, Wang Q. 2012. Benzoylurea chitin synthesis inhibitors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63(31): 6847–6865. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02460>
- U.K. and Germany Bed Bug Control Services Market - Persistence Market Research. (2016, December 14). Persistence Market Research. <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/uk-and-germany-bed-bug-control-services-market.asp>

CAMBIOS EN LA EXPRESIÓN GÉNICA DE *Ceratitis capitata* (DIPTERA: TEPHRITIDAE) INDUCIDOS POR AROMATERAPIA: COMPARACIÓN ENTRE MACHOS SILVESTRES Y CSG VIENNA-8.

Brenda Torres-Huerta¹, Obdulia Lourdes Segura-León^{1*}, José Salvador Meza-Hernández², Juan Cibrián- Tovar, Lauro Soto-Rojas¹

¹ Fitosanidad-Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, 56230 Texcoco, Estado de México, México.

² Programa Operativo de Moscas, Servicio Nacional De Sanidad, Inocuidad Y Calidad Agroalimentaria, Secretaría De Agricultura Y Desarrollo Rural, Camino a Cacahoatales s/n, Metapa de Domínguez, 30860, Chiapas, México.

*Autor de correspondencia: sleon@colpos.mx

INTRODUCCIÓN

La mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wiedemann), conocida como moscamed, es una plaga exótica cuarentenaria (Aluja y Mangan, 2008). Aunque México mantiene su estatus de zona libre, la presencia de esta especie en Centro y Sudamérica y el intenso flujo comercial implican un riesgo permanente de introducción en el sureste y otras regiones del país (Guzmán, 2010; SENASICA, 2020). Para prevenir el establecimiento de *C. capitata*, el programa MOSCAMED utiliza una estrategia de manejo integrada que incluye diversas tácticas de combate como la Técnica del Insecto Estéril (TIE), que consiste en la cría masiva de machos, su esterilización y liberación en campo para suprimir las poblaciones silvestres (Méndez *et al.*, 2006).

Para optimizar la TIE, se desarrolló la cepa de sexado genético (CSG) VIENNA 8 (V8), la cual integra marcadores de termosensibilidad y coloración de pupa vinculados al cromosoma Y para diferenciar hembras y machos en etapas tempranas y eliminar a las hembras durante la cría masiva. No obstante, las modificaciones genéticas, la domesticación y la irradiación presentan retos para mantener las características biológicas óptimas de los machos estériles (Sollai *et al.*, 2018). Existe un interés continuo en diseñar estrategias que aumenten la competitividad sexual de los machos V8 y mejorar la eficiencia de la TIE. Una de estas estrategias es la aplicación de la “aromaterapia” con aceites esenciales, que es la exposición sin contacto directo a volátiles de aceite de jengibre (GRO) o de cáscara de naranja (ORA), los cuales se ha reportado en diversos trabajos incrementan el llamado sexual, la tasa de apareamiento y la longevidad (Segura *et al.*, 2018).

Pese a estos efectos, los mecanismos moleculares subyacentes permanecen poco caracterizados. Se postulan dos hipótesis, un efecto de “perfume” que altera el perfil químico del exoesqueleto (Shelly *et al.*, 2004) y una activación de vías quimiosensoriales y endocrinas que

modula la sensibilidad olfativa (Nässel y Winther, 2010). El objetivo del presente trabajo es analizar el efecto de la aromaterapia con GRO y ORA, utilizados en los programas MOSCAMED de Guatemala y México, sobre la expresión génica en machos de la moscamed sexualmente maduros mediante análisis de expresión diferencial RNA-Seq, enriquecimiento funcional (GO) y similitud semántica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta y cría. Larvas silvestres de *C. capitata* se obtuvieron de frutos de café en Chimaltenango, Guatemala, y se criaron en el Centro Moscamed del Altiplano Central hasta F₁. Respecto a los machos Vienna 8 (V8), se obtuvieron 500 pupas irradiadas de la Planta Pino, Guatemala. Ambos genotipos se mantuvieron en jaulas de 30 × 30 cm (12L:12O; dieta 3:1 azúcar: proteína hidrolizada) hasta los 4-6 días de edad.

Bioensayos de aromaterapia. Grupos de 200 machos sexualmente maduros (4-6 d) de cada genotipo se expusieron entre 08:00 y 11:00 h (etapa de llamado) a 1 mL de aceite esencial de jengibre (GRO), naranja (ORA) y aire limpio (C). Tras 3 h, se colectaron 150 machos por tratamiento y se dividieron en tres réplicas de 50 machos, los cuales se preservaron en RNAlater™ para mantener integro el material genético a 4 °C por 24 h y luego a -20 °C hasta el procesamiento de las muestras.

Extracción y secuenciación. De cada réplica se disectaron 25 cabezas (pool) y el material se envió a BGI Genomics, Hong Kong, China para la extracción del ARN, la preparación de 18 bibliotecas de ADNc con el kit MGIEasy-RNA y la secuenciación pareada con la plataforma BGISEQ-500, con longitudes de 100 pb y ~4 Gb limpios por biblioteca.

Procesamiento y DEA. Se analizaron 18 bibliotecas RNA-Seq pareadas. Tras control de calidad con FastQC y MultiQC, las lecturas se depuraron con Fastp (<Q30) y se mapearon al genoma de *C. capitata* EGII (GCA_905071925.1) usando segemehl.

Los conteos por gen se obtuvieron con HTSeq-count con y un gtf proporcionado por el Laboratorio de Control de Plagas de Insectos de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) y se analizaron con DESeq2 en R. Se excluyeron genes con baja expresión y se aplicó la transformación VST para explorar la variación entre condiciones (PCA, mapas de calor y boxplots). El análisis de expresión diferencial (DEA) se realizó por genotipo (WT

y V8) para tres contrastes: GRO vs C, ORA vs C y GRO vs ORA. Se consideraron genes con expresión diferencial significativa (DEGs) aquellos con $p_{adj} \leq 0.05$ y $|\log_2FC| \geq 1$, y se visualizaron mediante volcano plots y diagramas de Venn. Las listas de DEGs por contraste y genotipo se usaron para el análisis funcional.

Enriquecimiento funcional y análisis de similitud semántica. Las proteínas codificadas por los DEGs fueron anotadas con eggNOG-mapper aplicando filtros estrictos (cobertura $\geq 60\%$, identidad $\geq 35\%$, e-value $\leq 1e-10$, evidencia experimental). El análisis de enriquecimiento de ontologías génicas (GO) se realizó con clusterProfiler usando como fondo genómico el total de genes del DEA. Se consideraron términos significativos con $p_{adjust} \leq 0.05$ y $q \leq 0.1$, y se visualizaron con dotplots los primeros 20 términos por contraste. Para facilitar la interpretación biológica, se integró un análisis de similitud semántica con REVIGO para las categorías GO procesos biológicos y función molecular, los cuales se representaron los resultados como scatterplots.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Procesamiento RNA-Seq. La secuenciación de las 18 bibliotecas pareadas produjo un total de 290.3 millones de lecturas, con una longitud de 100 pares de bases (pb). Más del 97% de las lecturas alcanzaron una precisión del 99% (Q20) y presentaron bajas tasas de duplicación. Tras eliminar adaptadores y lecturas de baja calidad (inferiores a Q30), se retuvieron más del 90% de lecturas por biblioteca con una longitud de 99pb. El mapeo en WT alcanzó 91.9–94.9%, en V8 48–55%, sugiriendo diferencias en el transcriptoma relacionadas con el genotipo.

DEA. El PCA mostró separación clara por genotipo (PC1 = 42 %) y por tratamiento (PC2 = 13 %). El mapa de calor de correlación agrupó réplicas por genotipo y luego por tratamiento, confirmando robustez. WT presentó 274 DEGs en GRO vs C, 185 genes regulados al alza (sobre) y 89 genes regulados a la baja (sub). Por otro lado, en el contraste ORA vs C, se registraron 216 DEGs (160 sobre, 56 sub) y 122 en GRO vs ORA (62 sobre, 60 sub). Respecto al genotipo V8, se registraron 135 DEGs en GRO vs C, 65 DEGs en ORA vs C y 114 DEGs, en la comparación GRO vs ORA. Los diagramas de Venn indicaron que GRO vs C compartió 26% de genes con ORA vs C en WT, mientras que en V8, se compartieron

menos genes, reflejando respuesta más específica.

Enriquecimiento GO. En el genotipo WT, la exposición a GRO resultó en la sobrerrepresentación de 99 términos GO, principalmente asociados a rutas de detoxificación de fase I (monooxigenasas P450) y fase II (UDP-glucuronosiltransferasas), catabolismo esterooidal, percepción olfativa y resistencia al estrés oxidativo ($\text{padj} \leq 10^{-3}$; FE 6–24×). Bajo aroma de ORA, WT mostró 60 términos enriquecidos vinculados a vías centrales de metabolismo energético, detoxificación de terpenoides y catabolismo hormonal ($\text{padj} \leq 10^{-3}$; FE 2–26×), así como percepción olfativa y unión a odorantes.

En la cepa V8, GRO indujo 303 términos GO comparables en detoxificación y catabolismo esterooidal a WT, con fold enrichments superiores (FE 13–32×; $\text{padj} \leq 10^{-4}$), pero sin activar vías de percepción sensorial u olfativa, indicando una pérdida de plasticidad quimiosensorial. Con ORA, V8 enriqueció 142 términos relacionados con respuesta a xenobióticos y regulación hormonal ($\text{padj} \leq 10^{-4}$; FE 7–38×), aunque sin mejoras en detección de señales químicas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada para el desarrollo de esta investigación. Al Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, por la enseñanza, recurso e instalaciones. Al Programa Operativo de Moscas y Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, por el financiamiento del proyecto y el material biológico. A Amazon Web Service (AWS) por brindar parte del recurso para el uso de sus servidores.

LITERATURA CITADA

- Aluja, M., Mangan, R.L. 2008. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status determination: critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. *Annu Rev Entomol.* 53: 473–502.
- Guzmán-Plazola, R.M. 2010. Mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wiedemann), Ficha técnica. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, Texcoco, Estado de México, México. Consultado el 10 de junio de 2024 en

<https://es.scribd.com/document/199787951/Mosca-del-mediterraneo-Ficha-tecnica-Dr-Remigio-Guzman-P-v1-3>

- Méndez-Espinoza, J. A., Estrella-Chullím, E. y Ramírez-Juárez, J. 2006. El programa MOSCAMED en la región fronteriza México-Guatemala: algunos factores asociados a su evolución y permanencia. *Ra Ximhai*, 2 (2): 435-447.
- Nassel, D.R., Winther, A.M. 2010. *Drosophila* neuropeptides in regulation of physiology and behavior. *Progress in Neurobiology*, 92(1), 42–104. doi.org/10.1016/j.pneurobio.2010.05.001
- Segura, D.F., Belliard, S.A., Vera, M.T., Bachmann, G.E., *et al.* 2018. Plant chemicals and the sexual behavior of male Tephritid fruit flies. *Annals of the Entomological Society of America*, 111(5), 239-264. doi.org/10.1093/aesa/say024
- SENASICA. 2020. Mosca Del Mediterráneo. Consultado en línea el 10 de junio de 2024 en: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/mosca-del-mediterraneo-110879%0D>
- Shelly, T.E., McInnis, D.O., Pahio, E., Edu, J. 2004. Aromatherapy in the Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae): Sterile Males Exposed to Ginger Root Oil in Prerelease Storage Boxes Display Increased Mating Competitiveness in Field-Cage Trials. *Journal of Economic Entomology*, 97(3), 846–853. doi:10.1093/jee/97.3.846
- Sollai, G., Solari, P., Crnjar, R. 2018. Olfactory sensitivity to major, intermediate and trace components of sex pheromone in *Ceratitis capitata* is related to mating and circadian rhythm. *Journal of Insect Physiology*, 110, 23–33. doi: 10.1016/j.jinsphys.2018.08.007

CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO DE BACTERIAS ASOCIADAS A LA HORMIGA *Atta mexicana* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) COMO AGENTES ANTIMICROBIANOS SOBRE BACTERIAS Y HONGOS FITOPATÓGENOS

Brenda Michael Vázquez Martín^{1*}, Juan Cibrian Tovar¹, Obdulia Lourdes Segura León¹, Luis Francisco Salome Abarca².

¹ Posgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, CP 56230. vazquez.brenda@colpos.mx; jcibrian@colpos.mx, sleon@colpos.mx, ² Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad - PREGEP-Fruticultura, Colegio de Postgraduados, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, CP 56230. luis.salome@colpos.mx. *Autor de correspondencia: vazquez.brenda@colpos.mx

INTRODUCCIÓN

Las hormigas cultivadoras de hongos del género *Atta*, particularmente *Atta mexicana*, mantienen una simbiosis con hongos del género *Leucoagaricus* y bacterias del orden *Actinomycetales*, principalmente del género *Streptomyces*, que han evolucionado para producir compuestos antimicrobianos capaces de proteger el cultivo fúngico del que dependen las colonias (Currie *et al.*, 1999; Haeder *et al.*, 2009; Maurice-Lira *et al.*, 2024). La necesidad de encontrar alternativas sostenibles para el control de enfermedades agrícolas ha motivado la exploración de nuevas fuentes de compuestos antimicrobianos. En este contexto, las asociaciones simbióticas entre hormigas del género *Atta* y microorganismos de su microbiota representan un sistema modelo de alta complejidad ecológica y biotecnológica. El presente trabajo tiene como objetivo aislar e identificar bacterias asociadas a la cutícula de obreras de *A. mexicana*, y evaluar su capacidad como agentes inhibidores de bacterias y hongos fitopatógenos de interés agrícola. Este enfoque responde a la urgente necesidad de contar con estrategias de biocontrol que reduzcan la dependencia de productos sintéticos, los cuales han generado resistencia microbiana y afectaciones ambientales severas (Vinchira-Villarraga & Moreno-Sarmiento, 2019).

Diversos estudios han demostrado que las bacterias simbiontes de hormigas de la tribu Attini pueden producir metabolitos bioactivos con actividad antifúngica y antibacteriana (Abyad, 1996; Dávila Medina *et al.*, 2013). Esta capacidad tiene potencial para ser aprovechada en el diseño de bioinsumos aplicables al manejo integrado de plagas y enfermedades. En particular, *Atta mexicana*, especie endémica de México, representa una fuente poco explorada de esta diversidad

microbiana. Los estudios realizados por Currie *et al.* (1999) y Nygaard *et al.* (2023) han evidenciado que la microbiota cuticular de estas hormigas no solo está especializada en términos filogenéticos, sino también funcionalmente adaptada a la defensa del hongo simbionte. Este sistema puede ser extrapolado como modelo para la protección de cultivos agrícolas si se logran identificar cepas con actividad específica contra patógenos comunes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron obreras de *A. mexicana* en Cuetzalan del Progreso, Puebla. Se realizó la extracción de bacterias de la cutícula, mediante lavado en solución salina estéril (NaCl 0.9%) y fosfato, seguida de siembra en medios selectivos (Agar R2 y nutritivo), bajo condiciones controladas (28 °C, 24 h). Se evaluaron distintos tratamientos, incluyendo el uso de choque térmico (70 °C por 15 min) como estrategia para seleccionar cepas termorresistentes. Los resultados indicaron que este tratamiento actuó como agente selectivo, favoreciendo el aislamiento de cepas con posibles capacidades adaptativas para ambientes hostiles (Gutiérrez-Espinoza y León-Quispe, 2018).

Además, se llevó a cabo la identificación molecular de la especie huésped mediante amplificación de la región mitocondrial COI con cebadores universales LCO1490 y HCO2198, confirmando la identidad genética de *A. mexicana* y estableciendo una base robusta para la procedencia simbiótica de las bacterias aisladas (Folmer, *et al.*, 1994).

Para evaluar el efecto inhibitorio de las bacterias aisladas, se seleccionaron tres fitopatógenos bacterianos de importancia agrícola: *Pseudomonas syringae*, *Ralstonia solanacearum* y *Agrobacterium tumefaciens* (Mansfield *et al.*, 2012). De igual manera, se evaluará la actividad de estas cepas contra hongos fitopatógenos de interés agrícola, cuya identidad se encuentra actualmente en fase de determinación. Se evaluará la actividad dual (antibacteriana y antifúngica) de los metabolitos producidos por estas cepas bacterianas. Esta fase del estudio será crítica para identificar cepas con amplio espectro de acción. Se emplearán métodos de difusión en agar (pozos o discos) y medición de halos de inhibición para cuantificar la actividad

antimicrobiana, siguiendo protocolos validados en literatura (Castillo, 2002; Dávila Medina *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han obtenido 38 cepas bacterianas puras. El uso de choque térmico permitió la recuperación de 7 cepas resistentes a altas temperaturas, lo que sugiere un posible enfoque selectivo para aislar microorganismos con potencial biotecnológico. Las cepas aisladas presentan una amplia diversidad morfológica, lo que refleja la riqueza microbiana asociada a *A. mexicana*. Estos resultados coinciden con lo reportado por Nygaard *et al.* (2023), quienes documentan una simbiosis específica entre las bacterias y las hormigas cultivadoras de hongos. Se ha comprobado la viabilidad de la metodología de aislamiento, y se espera que los bioensayos *in vitro* confirmen la capacidad inhibitoria de al menos un subconjunto de estas cepas frente a los fitopatógenos seleccionados. La futura identificación molecular permitirá asociar la actividad biológica con el perfil genético de las bacterias.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece al Colegio de Postgraduados – Campus Montecillo, al comité tutorial integrado por el Dr. Juan Cibrián Tovar, la Dra. Obdulia Lourdes Segura León y el Dr. Luis Francisco Salomé Abarca, así como a SECIHTI por la beca otorgada al estudiante para el desarrollo de la investigación.

LITERATURA CITADA

- Castillo, F. E. (2002). Efectividad *in vitro* de actinomicetos aislados de rizósfera de papa sobre *Rhizoctonia solani*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22(2), 203–207.
- Currie, C. R., Scott, J. A., Summerbell, R. C., & Malloch, D. (1999). Fungus-growing ants use antibiotic-producing bacteria to control garden parasites. *Nature*, 398(6729), 701–704.
<https://doi.org/10.1038/19519>
- Dávila Medina, M. D., Gallegos Morales, G., Hernández Castillo, F. D., Ochoa Fuente, Y. M., & Flores Olivas, A. (2013). Actinomicetos antagónicos contra hongos fitopatógenos de importancia agrícola. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(8), 1187–1196.

- Dhakal, D., Pokhrel, A. R., & Shrestha, B. (2017). Actinomycetes: A promising natural source of anticancer compounds. *BioMed Research International*, 2017, Article ID 2159591. <https://doi.org/10.1155/2017/2159591>
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., & Vrijenhoek, R. (1994). DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3(5), 294–299.
- Gutiérrez-Espinoza, C. A., & León-Quispe, J. (2018). Actinomicetos con actividad anti-Candida aisladas de hormigas cortadoras de hojas *Atta cephalotes* (Formicidae: Myrmicinae: Attini). *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(4), 590–598. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.354.3673>
- Haeder, S., Wirth, R., Herz, H., & Spiteller, D. (2009). *Streptomyces* symbionts producing candidicin help fungus-growing ants to protect their fungus garden against the pathogenic fungus *Escovopsis*. *PNAS*, 106(12), 4742–4746.
- Maurice-Lira, J. V., Romero-Nápoles, J., Pérez-Cárcamo, J., Martínez-Cerón, D. M., Flores-Maldonado, K. Y., Morales-Rodríguez, S., & Pérez-Moreno, J. (2024). Antimicrobial-producing microorganisms in fungus-farming ants: A critical review on insights into a natural biological defense with biotechnological potential. *Annals of the Entomological Society of America*, saae035. <https://doi.org/10.1093/aesa/saae035>
- Nygaard, S., Hu, H., Li, C., Schiøtt, M., Chen, Z., Yang, Z., ... & Boomsma, J. J. (2023). Reciprocal symbiosis between leaf-cutting ants and actinomycetes: Genomic insights into their antifungal defenses. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1097392. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1097392>
- Vinchira-Villarraga, D. M., & Moreno-Sarmiento, N. (2019). Control biológico: Camino a la agricultura moderna. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 21(1), 2–5. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.8086>