

# Efecto de plaguicidas sobre *Beauveria bassiana* y microbiota intestinal usados en métodos bioracionales para el control de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae)

## Effect of pesticides on *Beauveria bassiana* and gut microbiota used in biorational methods for the control of *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae)

 DANIEL SÁNCHEZ<sup>1</sup> \*  AUGUSTO CAMPOLLO-OVALLE<sup>1</sup>  
 LUIS FERNANDO RODAS-HILERIO<sup>1</sup>  ERIK DE JESUS SOLÓRZANO-GORDILLO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, Chiapas, México. [dsanchez@ecosur.mx](mailto:dsanchez@ecosur.mx), [augusto.campollo@posgrado.ecosur.mx](mailto:augusto.campollo@posgrado.ecosur.mx), [luis.rodas\(@posgrado.ecosur.mx](mailto:luis.rodas(@posgrado.ecosur.mx), [ejolorzano@ecosur.edu.mx](mailto:ejolorzano@ecosur.edu.mx)

### \* Autor de correspondencia

Daniel Sánchez, El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Antiguo Aeropuerto Km. 2.5, Colonia Centro, Tapachula de Córdova y Ordoñez, Chiapas, CP 30700, México. 52-9626289800 ext 5400, [dsanchez@ecosur.mx](mailto:dsanchez@ecosur.mx)

### Citación sugerida

Sánchez, D., Campollo-Ovalle, A., Rodas-Hilerio, L. F., & Solórzano-Gordillo, E. de J. (2024). Efecto de plaguicidas sobre *Beauveria bassiana* y microbiota intestinal usados en métodos bioracionales para el control de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 50(2), e12982. <https://doi.org/10.25100/socolen.v50i2.12982>

Recibido: 30-May-2023

Aceptado: 29-Jun-2024

Publicado: 12-Dic-2024

**Editor temático:** Carlos Espinel Correal, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA], Mosquera, Colombia.

### Revista Colombiana de Entomología

ISSN (Print): 0120-0488

ISSN (On Line): 2665-4385

<https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co>

### Open access



BY-NC-SA 4.0  
[creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Publishers: Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN (Bogotá, D. C., Colombia)  
<https://www.socolen.org.co>  
Universidad del Valle (Cali, Colombia)  
<https://www.univalle.edu.co>

**Resumen:** La implementación de métodos de control basadas en microorganismos tiene como objetivo reducir el daño que producen tanto las plagas como los plaguicidas sintéticos. Sin embargo, la interacción entre métodos bioracionales y convencionales puede causar una disminución recíproca de su eficacia. Hay reportes sobre reducciones en la patogenicidad de cepas de *Beauveria bassiana* y sobre la alteración en la microbiota intestinal de algunos insectos causados por plaguicidas. Esto es importante para el caso de las moscas de la fruta porque *B. bassiana* se usa para su control y porque la microbiota intestinal está relacionada con la calidad de machos criados para control autocida. El objetivo del presente trabajo fue analizar la toxicidad del herbicida glifosato y diversos insecticidas sobre microorganismos empleados en el control de la mosca de la fruta, *Anastrepha obliqua*: (1) el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* y (2) la microbiota intestinal de machos de *A. obliqua*. Se observó que ninguno de los plaguicidas bajo estudio produjo efectos tóxicos agudos en los microorganismos evaluados. Aunque estos resultados indican que es factible la integración de estos microorganismos en las condiciones actuales de uso de glifosato y de los insecticidas evaluados, la interacción con otras variables ambientales requiere que estos hallazgos se complementen con estudios de campo.

**Palabras clave:** control biológico, herbicida, insecticida, microorganismos, mosca de la fruta, tefritidos.

**Abstract:** The implementation of microorganism-based control methods aims to ameliorate the harm caused by pests while simultaneously reducing the unwanted effects caused by synthetic pesticides. However, the interaction between biorational and conventional methods might cause a reciprocal reduction in the efficacy of both methods. Some studies report that pesticides may cause reductions in the pathogenicity of *Beauveria bassiana* strains and changes in the gut microbiome of some insect species. This is important because *B. bassiana* is used for fruit fly control, and gut microbiome is known to influence the quality of males reared for autocidal control. The aim of this work was to analyze the toxicity of the herbicide glyphosate and some insecticides on microorganisms used in the control of the fruit fly, *Anastrepha obliqua*: (1) the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*, and (2) the gut microbiome of males of *A. obliqua*. The results showed that none of the pesticides caused acute toxicity on the evaluated microorganisms. Even though these results suggest that integrating these microorganisms under the current usage of the evaluated pesticides here is feasible, it is relevant to acknowledge that many other environmental variables might be involved. Therefore, field studies are required to complement the findings of this study.

**Keywords:** Biological control, fruit fly, herbicide, insecticide, microorganisms, tephritids.

## Introducción

El control de moscas de la fruta continúa siendo un reto que requiere de un enfoque multisistémico que considere las condiciones globales (climáticas, sociales, económicas y ambientales) que ejercen presión continua y que alteran la sustentabilidad de los agroecosistemas. Esta problemática hace imperativa la integración de nuevas tecnologías y/o estrategias que tengan un menor impacto ambiental que los métodos

usados actualmente para combatirlos. Es por ello que se están desarrollando nuevas estrategias que sean más “amigables con el medio ambiente”, debido a que utilizan a microorganismos entomopatógenos o subproductos derivados (Heimpel & Mills, 2017), en lugar de aplicar plaguicidas obtenidos mediante procesos de síntesis.

*Beauveria bassiana* es un hongo entomopatógeno usado efectivamente para el control de moscas de la fruta, tal como se ha mostrado en diversos estudios (De La Rosa et al., 2002; Dimbi et al., 2003; Marri et al., 2018; Montoya et al., 2020; Toledo et al., 2006). La aplicación de los bioinsecticidas es similar a la de los insecticidas convencionales (Hezakiel et al., 2023; Tijjani et al., 2016), lo que facilitaría su adopción por parte de los productores agrícolas para el control de moscas de la fruta. El primer paso es (1) hacer aplicaciones de una suspensión del hongo sobre el cultivo para que haga contacto con la plaga y se infecte para transmitir la infección hacia otros miembros de su especie antes de morir (transmisión horizontal), (2) usar dispositivos (por ejemplo, tubos que permiten el ingreso y la salida del insecto) que contienen el hongo y un compuesto para atraer a la plaga, la cual se infecta, transmite la enfermedad y muere (Gregg et al., 2018; Vega et al., 1995); este último método reduce el contacto del hongo con organismos no blanco.

Los microorganismos intestinales también son simbioses que pueden manipularse con fines de control biológico debido a su importancia en la homeostasis de insectos (Behar et al., 2008; Dillon & Dillon, 2003; Raza et al., 2020). Su aplicación en el control de moscas de la fruta radica en su uso para incrementar el vigor de los insectos criados en cautiverio, para que sean más competitivos cuando se liberen al aplicar la técnica del insecto estéril (Khaeso et al., 2018; Yuval et al., 2013). Utilizando una dieta enriquecida con bacterias intestinales benéficas, como las pertenecientes al género *Lactobacillus* (Deutscher et al., 2019; Shuttleworth et al., 2019), se puede mejorar el desempeño de los machos estériles, e incluso incrementar la competitividad sexual de los machos comparada con los de su contraparte silvestre.

El uso de métodos basados en *B. bassiana* y/o en bacterias intestinales contribuiría al uso de plaguicidas sintéticos en favor del control biológico, ya que tienen efecto reduciendo en polinizadores, los cuales contribuyen al incremento en el rendimiento de diversos cultivos (Tamburini et al., 2019). Durante este proceso necesariamente tiene que ocurrir la interacción entre plaguicidas sintéticos y los agentes de control biológico, potencialmente reduciendo la eficacia de estos últimos. Por ejemplo, estudios realizados con el hongo entomopatógeno *B. bassiana* revelan que algunos plaguicidas pueden reducir su viabilidad como agente de control de insectos (Anderson & Roberts, 1983; Celar & Kos, 2016; López-Manzanares et al., 2022). En este contexto es necesario realizar evaluaciones de compatibilidad (Alizadeh et al., 2007). Estos autores demostraron que el neonicotinoide imidacloprid es compatible con *B. bassiana*, pero no fue así con flufenoxuron, una bencileurea. El herbicida glifosato, ampliamente usado para el control de malezas, ha mostrado tener efecto inhibitorio sobre diversos hongos entomopatógenos, incluyendo *B. bassiana* (Morjan et al., 2002; Tkaczuk & Majchrowska-Safaryan, 2019). Del mismo modo, diversos insecticidas han mostrado su efecto negativo sobre multitud de bacterias de suelo, agua y del intestino de algunos insectos (Gressel, 2018; Regar et al., 2019; Zhang et al., 2021). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar, en condiciones de laboratorio, el efecto

del herbicida glifosato y de algunos insecticidas sobre el hongo entomopatógeno *B. bassiana*, usado para el control de moscas de la fruta, y en cepas de bacterias intestinales de machos de *A. obliqua*.

## Materiales y métodos

### Lugar y material biológico

Los experimentos se realizaron en el laboratorio de ecotoxicología de abejas de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), en la ciudad de Tapachula, Chiapas, México, entre agosto a octubre de 2021. Los microorganismos y plaguicidas evaluados se enlistan en las Tablas 1 y 2. La cepa del hongo *B. bassiana* se obtuvo por donación de Jorge Toledo Arreola (ECOSUR), quien realiza investigaciones sobre el uso de este hongo para el control de moscas de la fruta. Las 19 cepas de bacterias intestinales fueron proporcionadas por Pablo Liedo (ECOSUR), quien realiza investigaciones para mejoramiento de la cría masiva de insectos para su uso en las técnicas de insecto estéril.

### Pruebas de susceptibilidad

El hongo *B. bassiana* se cultivó en medio sólido papa dextrosa agar (PDA) enriquecido con extracto de levadura (según lo indicado por el fabricante MCD Lab, México), y adicionado con el antibiótico oxitetraciclina (50 mg/L) y el fungicida tiabendazol (0,001 g/L) para inhibir el crecimiento de bacterias y otros hongos contaminantes (Fernandes et al., 2010). Para determinar la susceptibilidad de *B. bassiana* se tomó un corte de 5 mm de diámetro del cultivo y se colocó en una placa Petri que contenía PDA adicionado con glifosato o con otros plaguicidas usados para el control de moscas de la fruta (GF-120, Malatión, Palgus) a dos concentraciones (Tabla 1), como lo describe Celar y Kos (2016). Se usó medio PDA sin ningún aditivo como control negativo (control “agua”) y tiabendazol como control positivo. Se determinó el desarrollo del hongo a las 96 h de incubación midiendo el diámetro del inóculo. Las concentraciones utilizadas en todos los plaguicidas se calcularon con base en los gramos del ingrediente activo por hectárea que sugieren los fabricantes para el control de moscas de la fruta. Las bacterias intestinales se reactivaron en caldo nutritivo (MCD Lab, México), a las 24 h se cultivaron en medio sólido Man, Rogosa y Sharpe (medio MRS, MCD Lab, México) y se expusieron a dos concentraciones (una que corresponde a la DL50 para *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) según el ingrediente activo de la formulación y otra que correspondió a 50 veces dicha concentración) de glifosato y de los insecticidas GF-120, Malatión, Palgus, Abamectina, Nuprid y Deltametrina, mediante la difusión de discos impregnados (Reller et al., 2009). Se usó agua como control negativo y el antibiótico oxitetraciclina a 50 mg/L como control positivo (Tabla 2). Se midió el halo de inhibición a las 48 h. En total se hicieron 5 réplicas por cada plaguicida y control (positivo y negativo) a cada concentración, tanto para *B. bassiana* como para las bacterias, mediante un diseño completamente aleatorizado.

### Análisis de datos

El tamaño de la colonia de *B. bassiana* se comparó en cada una de las placas Petri con plaguicida con las placas sin aditivo y con tiabendazol y se hizo el siguiente cálculo:

$$TI = \frac{tf - ti}{\text{agua} - \text{tiabendazol}}$$



De acuerdo con los resultados observados los microorganismos evaluados no son sensibles de manera aguda al glifosato ni a ninguno de los insecticidas que fueron investigados. Esto indicó de manera preliminar que tanto el hongo entomopatógeno *B. bassiana* como los microorganismos intestinales no sufrirán una reducción en su eficiencia por la presencia en el ambiente, incluso si se continúan aplicando alguno de estos plaguicidas.

El efecto de plaguicidas sobre los microorganismos se pueden agrupar en los que generan un efecto negativo en su desarrollo (Al-Ani et al., 2019), los que no ocasionan ningún efecto y los que inducen tolerancia a plaguicidas (Shahid & Khan, 2022). De hecho un mismo plaguicida puede tener diferentes efectos en diferentes microorganismos (De Lorenzo et al., 2001); en algunos casos la resistencia a plaguicidas observada en algunos microorganismos llega a tal nivel que estos pueden usarse para biorremediación de suelos altamente contaminados con plaguicidas (Randika et al., 2022).

En esta investigación se realizaron pruebas para determinar la toxicidad aguda, y no se observaron efectos negativos, por lo que se abre la posibilidad de estudiar el que algunos de los microorganismos evaluados (1) tengan la capacidad de degradar plaguicidas, (2) sean insensibles/tolerantes a los xenobióticos evaluados (3) se afecte la viabilidad, la patogenicidad, la esporulación de *B. bassiana* y la competitividad sexual de machos que son alimentados con las bacterias intestinales, debido a esto no se consideró en el presente trabajo. Por ello, el siguiente paso será realizar pruebas con la patogenicidad residual del hongo expuesto a glifosato y a los demás plaguicidas, ya que es posible que, aunque haya mostrado un desarrollo similar al del control negativo, su capacidad de provocar enfermedad haya sido afectada. Al igual que en el caso de *B. bassiana*, no se observó inhibición por glifosato ni por los demás insecticidas en las pruebas de laboratorio en microorganismos de la microbiota intestinal. Se sugiere investigar si las dosis subletales evaluadas afectan la microbiota de las moscas en experimentos *in vivo*, para confirmar la supervivencia de la cría en condiciones de laboratorio.

### Conclusiones

Bajo las condiciones en que se realizó la presente investigación no se encontró un efecto negativo de los plaguicidas sobre el desarrollo de los microorganismos evaluados.

Aunque es factible la integración de la cepa de *B. bassiana* evaluada con los simbioses intestinales en las condiciones actuales, se sugiere realizar investigaciones en condiciones de campo.

### Agradecimientos

Agradecemos el apoyo en laboratorio al Ing. Agustín Méndez Villarreal. Este estudio fue posible gracias al financiamiento del CONACYT mediante el proyecto n.º 316135 “Alternativas biorracionales para el manejo de mosca de la fruta sin agrotóxicos y su interacción con residuos de glifosato en la región del Soconusco, Chiapas”.

### Referencias

- Al-Ani, M. A. M., Hmoshi, R. M., Kanaan, I. A., & Thanoon, A. A. (2019). Effect of pesticides on soil microorganisms. *Journal of Physics: Conference Series*, 1294(7), 072007. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1294/7/072007>
- Alizadeh, A., Samih, M. A., Khezri, M., & Riseh, R. S. (2007). Compatibility of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. with several pesticides. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9(1), 31-34.
- Anderson, T. E., & Roberts, D. W. (1983). Compatibility of *Beauveria bassiana* isolates with insecticide formulations used in colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) control. *Journal of Economic Entomology*, 76(6), 1437-1441. <https://doi.org/10.1093/jee/76.6.1437>
- Behar, A., Yuval, B., & Jurkevitch, E. (2008). Gut bacterial communities in the Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) and their impact on host longevity. *Journal of Insect Physiology*, 54(9), 1377-1383. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2008.07.011>
- Celar, F. A., & Kos, K. (2016). Effects of selected herbicides and fungicides on growth, sporulation and conidial germination of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Pest Management Science*, 72(11), 2110-2117. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.4240>
- Chen, X.-M., Wang, X.-Y., Lu, W., & Zheng, X.-L. (2021). Use of *Beauveria bassiana* in combination with commercial insecticides to manage *Phauda flammans* (Walker) (Lepidoptera: Phaudidae): Testing for compatibility and synergy. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 24(2), 272-278. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.01.016>
- De La Rosa, W., Lopez, F. L., & Liedo, P. (2002). *Beauveria bassiana* as a pathogen of the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) under laboratory conditions. *Journal of Economic Entomology*, 95(1), 36-43. <https://doi.org/10.1080/09588221.2021.1996396>
- DeLorenzo, M. E., Scott, G. I., & Ross, P. E. (2001). Toxicity of pesticides to aquatic microorganisms: A review. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 20(1), 84-98. <https://doi.org/10.1002/etc.5620200108>
- Deutscher, A. T., Chapman, T. A., Shuttleworth, L. A., Riegler, M., & Reynolds, O. L. (2019). Tephritid-microbial interactions to enhance fruit fly performance in sterile insect technique programs. *BMC Microbiology*, 19(1), 287. <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1650-0>
- Dillon, R. J., & Dillon, V. M. (2003). The gut bacteria of insects: Non-pathogenic interactions. *Annual Review of Entomology*, 49(1), 71-92. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.49.061802.123416>
- Dimbi, S., Maniania, N. K., Lux, S. A., Ekesi, S., & Mueke, J. K. (2003). Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin and *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, to three adult fruit fly species: *Ceratitis capitata* (Weidemann), *C. rosa* var. *fasciventris* Karsch and *C. cosyra* (Walker) (Diptera: Tephritidae). *Mycopathologia*, 156(4), 375-382. <https://doi.org/10.1023/B:MYCO.0000003579.48647.16>
- Fernandes, É. K. K., Keyser, C. A., Rangel, D. E. N., Foster, R. N., & Roberts, D. W. (2010). CTC medium: A novel dodine-free selective medium for isolating entomopathogenic fungi, especially *Metarhizium acridum*, from soil. *Biological Control*, 54(3), 197-205. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.05.009>
- Gregg, P. C., Del Socorro, A. P., & Landolt, P. J. (2018). Advances in attract-and-kill for agricultural pests: beyond pheromones. *Annual Review of Entomology*, 63, 453-470. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035040>
- Gressel, J. (2018). Microbiome facilitated pest resistance: potential problems and uses. *Pest Management Science*, 74(3), 511-515. <https://doi.org/10.1002/ps.4777>
- Heimpel, G. E., & Mills, N. J. (2017). *Biological control*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781139029117>
- Hezakiel, H. E., Thampi, M., Rebello, S., & Sheikhmoideen, J. M. (2023). Biopesticides: A green approach towards agricultural

- pests. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. <https://doi.org/10.1007/s12010-023-04765-7>
- Khaeso, K., Andongma, A. A., Akami, M., Souliyanonh, B., Zhu, J., Krutmuang, P., & Niu, C.-Y. (2018). Assessing the effects of gut bacteria manipulation on the development of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera; Tephritidae). *Symbiosis*, 74(2), 97-105. <https://doi.org/10.1007/s13199-017-0493-4>
- Khun, K. K., Ash, G. J., Stevens, M. M., Huwer, R. K., & Wilson, B. A. L. (2021). Compatibility of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* with insecticides and fungicides used in macadamia production in Australia. *Pest Management Science*, 77(2), 709-718. <https://doi.org/10.1002/ps.6065>
- López-Manzanares, B., Martínez-Villar, E., Marco-Mancebon, V. S., & Pérez-Moreno, I. (2022). Compatibility of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* with etoxazole, spirodiclofen and spiromesifen against *Tetranychus urticae*. *Biological Control*, 169, 104892. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.104892>
- Marri, D., Gomez, D., Wilson, D. D., Billah, M., Yeboah, S., & Osa, M. (2018). Evaluation of the efficacy of a commercial formulation of *Beauveria bassiana* for the control of the invasive fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *Biopesticides International*, 12(1), 9-19. <https://pure.ug.edu.gh/en/publications/evaluation-of-the-efficacy-of-a-commercial-formulation-of-beauver>
- Montoya, P., Flores, S., Campos, S., Liedo, P., & Toledo, J. (2020). Simultaneous use of SIT plus disseminator devices of *Beauveria bassiana* enhances horizontal transmission in *Anastrepha ludens*. *Journal of Applied Entomology*, 144(6), 509-518. <https://doi.org/10.1111/jen.12766>
- Morjan, W. E., Pedigo, L. P., & Lewis, L. C. (2002). Fungicidal effects of glyphosate and glyphosate formulations on four Species of entomopathogenic fungi. *Environmental Entomology*, 31(6), 1206-1212. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-31.6.1206>
- Randika, J., Bandara, P., Soysa, H. S. M., Ruwandeepika, H. A. D., & Gunatilake, S. K. (2022). Bioremediation of pesticide-contaminated soil: a review on indispensable role of soil bacteria. *Journal of Agricultural Sciences-Sri Lanka*, 17(1), 19-43. <https://doi.org/10.4038/jas.v17i1.9609>
- Raza, M. F., Yao, Z., Bai, S., Cai, Z., & Zhang, H. (2020). Tephritidae fruit fly gut microbiome diversity, function and potential for applications. *Bulletin of Entomological Research*, 110(4), 423-437. <https://doi.org/10.1017/S0007485319000853>
- Regar, R. K., Gaur, V. K., Bajaj, A., Tambat, S., & Manickam, N. (2019). Comparative microbiome analysis of two different long-term pesticide contaminated soils revealed the anthropogenic influence on functional potential of microbial communities. *Science of the Total Environment*, 681, 413-423. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.090>
- Reller, L. B., Weinstein, M., Jorgensen, J. H., & Ferraro, M. J. (2009). Antimicrobial susceptibility testing: a review of general principles and contemporary practices. *Clinical Infectious Diseases*, 49(11), 1749-1755. <https://doi.org/10.1086/647952>
- Shahid, M., & Khan, M. S. (2022). Tolerance of pesticides and antibiotics among beneficial soil microbes recovered from contaminated rhizosphere of edible crops. *Current Research in Microbial Sciences*, 3, 100091. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100091>
- Shuttleworth, L. A., Khan, M. A. M., Osborne, T., Collins, D., Srivastava, M., & Reynolds, O. L. (2019). A walk on the wild side: gut bacteria fed to mass-reared larvae of Queensland fruit fly [*Bactrocera tryoni* (Froggatt)] influence development. *BMC Biotechnology*, 19, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12896-019-0579-6>
- Tamburini, G., Bommarco, R., Kleijn, D., van der Putten, W. H., & Marini, L. (2019). Pollination contribution to crop yield is often context-dependent: A review of experimental evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 280, 16-23. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.04.022>
- Tijjani, A., Bashir, K. A., Mohammed, I., Muhammad, A., Gambo, A., & Musa, H. (2016). Biopesticides for pests control: A review. *Journal of Biopesticides and Agriculture*, 3(1), 6-13. <https://www.mbbcollege.in/db/notes/416.pdf>
- Tkaczuk, C., & Majchrowska-Safaryan, A. (2019). The effect of herbicide use on the occurrence of entomopathogenic fungi in the soil of blackcurrant plantations. *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(2). [https://doi.org/10.15666/aecr/1702\\_30033011](https://doi.org/10.15666/aecr/1702_30033011)
- Toledo, J., Liedo, P., Flores, S., Montoya, P., Campos, S. E., & Vil-lasenor, A. (2006). *Use of Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae for fruit fly control: a novel approach* 7. International symposium on fruit flies of economic importance: from basic to applied knowledge, Salvador, Brazil. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/21518534>
- Vega, F., Dowd, P., & Bartelt, R. (1995). Dissemination of microbial agents using an autoinoculative device and several insect species as vectors. *Biological Control*, 5(4), 545-552. <https://doi.org/10.1006/bcon.1995.1064>
- Yuval, B., Ben-Ami, E., Behar, A., Ben-Yosef, M., & Jurkevitch, E. (2013). The Mediterranean fruit fly and its bacteria-potential for improving sterile insect technique operations. *Journal of Applied Entomology*, 137, 39-42. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01555.x>
- Zhang, H., Zhang, Z., Song, J., Mei, J., Fang, H., & Gui, W. (2021). Reduced bacterial network complexity in agricultural soils after application of the neonicotinoid insecticide thiamethoxam. *Environmental Pollution*, 274, 116540. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116540>

#### Origen y financiamiento

*Este trabajo surge ante la inquietud de los fruticultores de la región de estudio sobre la posibilidad de que sus estrategias de control de moscas de la fruta afecten los nuevos métodos de control biológico que desean implementar; el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología De México apoyó financieramente esta investigación.*

#### Contribución de los autores

*Daniel Sánchez: conceptualización, supervisión, metodología, curación de datos, análisis formal, adquisición de fondos, investigación, redacción, revisión y edición.*

*Augusto Campollo-Ovalle: metodología, supervisión, análisis de datos.*

*Luis Fernando Rodas-Hilerio: metodología, curación de datos, análisis de datos, visualización, redacción borrador original.*

*Erik De Jesús Solórzano-Gordillo: redacción, revisión y edición.*

#### Conflictos de intereses

*Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.*