

Control de *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae) con entomopatógenos en sorgo, en Campeche, México

Melanaphis sacchari (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae) entomopathogenic control in sorgum, in Campeche, Mexico

Noel Antonio González-Valdivia^{1*}, José Roberto Cauich-Cauich¹, Saúl Herbey Pérez-Molina¹, Miguel Arcángel Burgos-Campos¹, Enrique Arcocha-Gómez¹

RESUMEN

El pulgón amarillo de la caña de azúcar, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae), en México provoca pérdidas económicas en el sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench (Poaceae). Para su manejo predomina el control químico, aunque se explora el uso hongos entomopatógenos. En ese contexto, en el presente estudio se evaluó el efecto de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. y *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, comparados con imidacloprid y un testigo (sin tratar) sobre una población del pulgón, así como su efecto en el crecimiento, rendimiento de follaje y grano. Los análisis de varianza muestran que el crecimiento de la planta, así como el número de hojas afectadas y el rendimiento no fueron modificados por los tratamientos ($p > 0.05$), pero sí el número de hojas sanas ($F = 4.765$, $p = 0.030$) y el número de pulgones por planta ($F = 6.495$, $p = 0.012$), que obtuvieron los mejores resultados al utilizar imidacloprid, seguido por los entomopatógenos, todos superando al testigo en ambas variables (Duncan, 5% error). Se obtuvieron promedios de 1,920 a 5,250 kg ha⁻¹, y de 22,875 a 39,288 kg ha⁻¹, en grano y en follaje, considerados aceptables en el estado. El umbral de daño económico debe tolerar poblaciones superiores a los 1,000 pulgones por planta en esta zona y estación del año. El uso de entomopatógenos para manejar poblaciones de *M. sacchari* es equiparable al imidacloprid, durante la estación lluviosa en Campeche.

PALABRAS CLAVE

Control biológico, pulgón amarillo del sorgo, *Sorghum bicolor*, Neotrópico, rendimiento productivo

ABSTRACT

The appearance of the yellow sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae), in Mexico causes losses in sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench (Poaceae). In its management, chemical control predominates. The use of entomopathogenic fungi is explored and, in this context, we experimented, testing *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, compared with imidacloprid and a control (untreated), on its effects on growth, foliage and grain yield, as well as on the aphid populations. Analysis of variance shows that the growth of the plant as well as the number of leaves affected and the yield were not modified by the treatments ($p > 0.05$), but the number of healthy leaves ($F = 4.765$, $p = 0.030$) and the number of aphids per plant ($F = 6.495$, $p = 0.012$), which obtained the best results when using Imidacloprid, followed by the entomopathogens, all surpassing the control treatment in both variables (Duncan, 5% error). Averages were obtained from 1,920 to 5,250 kg ha⁻¹, and from 22,875 to 39,288 kg ha⁻¹, in grain and foliage, considered acceptable in the state. The threshold of economic damage must tolerate populations higher than 1,000 aphids per plant in this area and season. Entomopathogens use to manage *M. sacchari* populations is comparable to imidacloprid, during the rainy season in Campeche, Mexico.

KEYWORDS

Biological control, sugarcane aphids, *Sorghum bicolor*, Neotropic, productive yields

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chiná, Departamento de Ingenierías. Calle 11 s/n, entre 22 y 28, Chiná, Campeche, Campeche, México. CP. 24520.

*Autor para correspondencia: siankaan2003@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El pulgón amarillo de la caña (PAC) (*Melanaphis sacchari* Zehntner, Hemiptera: Aphididae) es una plaga de reciente aparición en América (Nibouche *et al.*, 2018). Debido a lo difícil de su control —principalmente químico—, ha causado pérdidas severas en la producción de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, Poaceae) en México (Delgado-Ramírez *et al.* 2016), donde fue reportado, en 2013, en Tamaulipas, para luego extenderse a los estados productores del país (Maya-Hernández y Rodríguez del Bosque 2014; Calero-Hortelano 2015; Berlanga-Padilla *et al.* 2016; Quijano-Carranza *et al.* 2017; Tejeda-Reyes *et al.* 2017). En Campeche, su aparición es más reciente y ha perjudicado la producción del cereal.

La actividad fotosintética puede ser afectada por la presencia o ausencia del pulgón sobre las láminas foliares del sorgo. Esto puede llegar a perjudicar la cosecha, en función del tamaño del área afectada por los pulgones: sus residuos de alimentación, heces, exuvias y mielecilla, o la fumagina asociada (INATEC 2016).

El manejo convencional descrito por Rodríguez del Bosque y Terán-Vargas (2014) ha resultado insuficiente contra el pulgón amarillo. A ello deben sumarse los peligros de su uso, pues puede ocasionar la contaminación del ambiente, así como afectar la salud humana, de animales domésticos y de la fauna silvestre, situación más grave en países emergentes o pobres (Temkin *et al.* 2018). En el caso de insectos chupadores como los áfidos, el imidacloprid ha sido recomendado por las autoridades nacionales (Calero-Hortelano 2015), pero, debido a su costo, en algunas zonas de México no lo han utilizado en sorgo (Silveira-Gramont *et al.* 2018).

Una opción de manejo de *M. sacchari* se encuentra en el empleo de hongos entomopatógenos, debido a que se ha demostrado su efectividad para el control de insectos de cuerpo blando (Rojas-Gutiérrez *et al.* 2017; Somoza-Vargas *et al.* 2018). Al respecto, se pueden usar hongos como *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. y *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, disponibles a bajo costo, fáciles de utilizar y que, una vez liberados, permanecen latentes en el área tratada para infectar a los insectos (Acuña-Jiménez *et al.* 2015; Yadav *et al.* 2016).

En una situación de incertidumbre climática como la que se presenta ahora en el mundo, se deben hacer esfuerzos para analizar la efectividad de los antagonistas biológicos en función de las estaciones del año, pues, como sugieren Coscollá (1980) y Yáñez-López *et al.* (2017), las modificaciones

climáticas pueden afectar la expresión de las enfermedades causadas por hongos, lo que también puede extenderse al efecto de los entomopatógenos. La temporada de lluvias reúne condiciones ambientales favorables para el crecimiento y reproducción de los hongos, principalmente los utilizados en el control de insectos plaga. Por tanto, es posible que en esta época los entomopatógenos actúen más eficazmente como parte del manejo de las plagas de cultivo (Sallas-Araiza y Salazar-Solís 2003).

Esta investigación tuvo como objetivo conocer el efecto de los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, sobre poblaciones de pulgón amarillo, durante la época de lluvias (junio-agosto), en condiciones de campo, en una localidad de Campeche, México. Debido a que en este periodo se presentan altas poblaciones de pulgones, se consideró que era posible evaluar la eficacia del control por estos dos hongos. Esto con la finalidad de determinar el potencial que los entomopatógenos tienen en la disminución de la presión ejercida por *M. sacchari* en el cultivo de sorgo. Adicionalmente, se estaría dando una alternativa amigable para el ambiente en el manejo de insectos plaga de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento. El estudio se estableció en la Unidad de Producción Rancho Xamantún, del Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, México (19.722233-90.417136, 34 msnm). Se llevaron a cabo recorridos previos en campo para detectar la presencia del PAC, gracias a lo cual se observó, principalmente, en pasto Johnson (*Sorghum halepense* (L.) Pers., Poaceae).

Diseño experimental. Bajo un diseño en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, se estableció el experimento con los tratamientos comerciales *Beauveria bassiana* y la cepa HMaoo5 de *Metarhizium anisopliae* (nombrada MetaKill), en ambos casos con concentraciones de 1×10^{10} conidios, adquiridos de la Unidad de Producción de Bioinsecticidas (UPBIO), del Colegio de Postgraduados, Campus Sihochac, Campeche. Como testigo comercial se empleó el insecticida neonicotinoide imidacloprid (Confidor® 20 LS, Bayer CropScience, Ciudad de México, México) y un testigo absoluto (sin tratar). El tamaño de la parcela experimental fue de 80 m² (16 m x 5 m), cultivada con sorgo de grano híbrido Ambar® (Asgrow-Monsanto, Ciudad de México, México), a alta densidad (300 mil

plantasha¹). Las parcelas experimentales estuvieron separadas por, al menos, 10 m entre sí, por franjas con barreras de maíz (*Zea mays* L., Poaceae) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae), cultivos en los cuales no se detectó la presencia de PAC.

Se efectuaron cuatro aplicaciones semanales de los entomopatógenos, con dosis de 750 g ha⁻¹, y dos aplicaciones de Imidacloprid (300 ml ha⁻¹), con un intervalo de quince días, 25 días después de la emergencia. Para la aplicación, se utilizaron tres aspersoras Jacto con depósito de 20 litros y boquilla de abanico, calibradas a 12 psi, adquiridas en Mérida, Yucatán, México. En el testigo en blanco no se aplicó control alguno.

Manejo agronómico. Se irrigó por goteo de manera complementaria, debido a la presencia de sequía al inicio de la estación. Se fertilizó edáficamente con la fórmula 18-46-00, a razón de 200 kg ha⁻¹ a la siembra. El área se mantuvo libre de plantas arvenses durante los primeros 45 días, que es el periodo crítico de competencia para el sorgo.

Variables estudiadas. Dentro de la parcela útil — formada por seis surcos centrales, de un total de ocho, con bordes externos de 50 cm—, se marcaron 10 plantas, a las cuales se visitó cada semana para contabilizar los pulgones presentes por unidad (dos hojas de la zona media por cada planta), mediante una plantilla de 2 cm², cuyo promedio estimaba la cantidad de pulgones por centímetro cuadrado de hoja. Posteriormente, este dato fue utilizado para estimar la densidad de población de pulgones por planta, en función del área foliar (AF) del sorgo. El AF según la fórmula de Stickler et al. (1961), se obtiene al multiplicar el largo y ancho de la hoja por un factor de 0.75. Además, se midió la altura y el diámetro de estas plantas, y se contabilizó el número promedio de hojas, así como de hojas sanas y afectadas por pulgón por planta. También se estimó el rendimiento de follaje y el de grano cosechado (kg ha⁻¹).

Análisis estadístico. La información fue organizada para el análisis de varianza, y, en los casos en los que se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$), se llevó a cabo la prueba de separación de medias por el método de Duncan (5% de error), en el programa SPSS v10 (Morrison 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad de *M. sacchari*. La densidad de pulgones se modificó gracias a los tratamientos evaluados. Los resultados óptimos se observaron bajo el efecto de imidacloprid ($F = 6.495$, $p = 0.012$). Los entomopatógenos *M. anisopliae* y *B. bassianano* superaron al testigo. El insecticida sistémico logra reducir la densidad de la plaga, lo que confirma su efectividad como método de control (Quijano-Carranza et al. 2017). Los hongos pudieron ver disminuida su capacidad infectiva debido a las altas temperaturas y la reducción en la humedad ambiental, ocasionadas por la sequía inicial durante el cultivo. La presencia de este evento climático pudo reducir la germinación de esporas y la colonización de los insectos por los hongos, lo que disminuyó su eficacia como agentes de control (Athanassiou et al. 2017).

También debe considerarse el posible incremento en la capacidad de arrastre que las lluvias tienen ahora, en un contexto de cambio climático que afecta aspectos del manejo agronómico en diferentes ámbitos. En este sentido, la intensidad de la lluvia en la zona ha mostrado un incremento de la lámina de agua precipitada por unidad de tiempo. Esta clase de lluvias puede causar que la aplicación de hongos, en formulaciones no preparadas para soportarla, se pierda por arrastre hasta el suelo, lo que impide su adherencia a las superficies de hojas —un mecanismo importante en su acción como agentes de biocontrol (Sandhuet al. 2012)— y, por tanto, disminuye el contacto con insectos que afectan el follaje. Así, debe idearse un procedimiento de aplicación en campo, que ayude a evitar, al mismo tiempo, el efecto de la falta de lluvias y la presencia de altas temperaturas (sequías), así como el de eventos de precipitación cada vez más intensas en la zona, para facilitar la acción de los hongos entomopatógenos sobre las plagas que es necesario controlar.

Los promedios en esta variable, así como los resultados en rendimiento observados (Cuadro 1), indican que la planta de sorgo tolera densidades de *M. sacchari* superiores al umbral económico descrito por Calero-Hortelano (2015), de 50 individuos por planta, puesto que el rango observado en esta investigación estuvo comprendido entre los promedios extremos de 456 y 11,392 individuos por planta, estimados en parcelas donde se aplicó imidacloprid y donde no se

aplicó control alguno (testigo), respectivamente. Estas altas densidades poblacionales se presentaron sin causar daños importantes al rendimiento de grano y forraje del sorgo.

Crecimiento del sorgo. Las variables del crecimiento del cultivo no mostraron diferencias significativas respecto a los cuatro tratamientos para el control del pulgón amarillo ($p > 0.05$). Al final del ciclo de producción, la altura promedio de planta estuvo comprendida entre 84.9 y 120.4 cm ($F = 1.229$, $p = 0.355$), el diámetro del tallo entre 13.0 y 13.7 cm ($F = 0.993$, $p = 0.439$) y el número de hojas por planta entre 12

y 13 ($F = 2.464$, $p = 0.129$). Asimismo, los promedios en la anchura y longitud de las hojas estuvieron comprendidos entre 4.2 y 4.5 cm de ancho ($F = 0.185$, $p = 0.904$) y entre 68.4 y 73.7 cm de longitud ($F = 0.339$, $p = 0.798$), y no difirieron entre tratamientos (Cuadro 1). Del número de hojas muestreadas en la zona media por planta, entre 4 y 5 estaban afectadas por pulgones ($F = 1.667$, $p = 0.243$), pero se observaron diferencias significativas entre el número de hojas sanas en esta misma zona de la planta ($F = 4.765$, $p = 0.030$), las cuales fluctuaron entre 8 y 9 hojas por planta (Cuadro 1, Figura 1).

Cuadro 1. Promedios y desviaciones estándar de las variables relacionadas con la aplicación de cuatro tratamientos en el control de pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari* Zehntner) en Campeche, México.

T*	Pulg	AH	LH	NH	AF	HS*	HA	Gra	Fol
T1	4,204b** (3,344)	4.3a (0.8)	72.5a (14.3)	12.1a (0.3)	236.6a (84.7)	8.0ab (0.0)	4.3a (0.5)	3,687.5a (1,401.4)	31,915.6a (6,634.6)
T2	2,811b (1,827)	4.3a (0.4)	68.4a (10.0)	12.4a (0.3)	220.6a (57.8)	8.5a (0.6)	4.0a (0.0)	2,313.8a (530.5)	27,993.8a (6,298.5)
T3	5,364b (4,550)	4.2a (0.5)	73.7a (8.2)	12.1a (0.1)	234.5a (47.2)	7.8b (0.5)	4.8a (0.5)	3,608.8a (989.5)	28,775.0a (4,519.9)
T4	690a (250)	4.5a (0.6)	71.4a (6.3)	12.5a (0.1)	240.0a (12.1)	8.5a (0.6)	4.5a (0.6)	2,850.0a (628.3)	30,478.1a (3,075.6)

*T = tratamiento, T1 = *Beauveria bassiana*, T2 = *Metarhizium anisopliae*, T3 = Testigo absoluto, T4 = Imidacloprid, Pulg = número de pulgones por planta, AH = ancho de hoja (cm), LH = longitud de hoja (cm), NH = hojas por planta, AF = área foliar (cm²), HS = hojas sanas por planta, HA = hojas afectadas por pulgón, Gra = rendimiento de grano kg ha⁻¹, Fol = rendimiento de follaje kg ha⁻¹. Entre paréntesis y abajo del promedio se ubican las correspondientes desviaciones estándar. **Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. Letras distintas indican diferencias significativas.

En la estación de lluvias, por efecto del golpe del agua y su acción directa sobre la integridad física de los insectos de cuerpo blando, tiende a reducirse la densidad de pulgones y, con ello, el daño a la hoja. La planta, entonces, puede presentar una mayor superficie libre para exponer al Sol, mejorar la eficiencia fotosintética y, consecuentemente, evitar reducciones en el rendimiento. Si bien el imidacloprid y los hongos

probados en campo no lograron evitar la afectación del follaje de manera significativa, sí consiguieron que la mayor parte de las hojas permanecieran libres del daño provocado por la alimentación del pulgón. En el caso de los hongos entomopatógenos, la humedad ambiental presente en la temporada de lluvias favorece su germinación y esporulación, así como su acción infectiva sobre los insectos (Lacey et al. 2001).

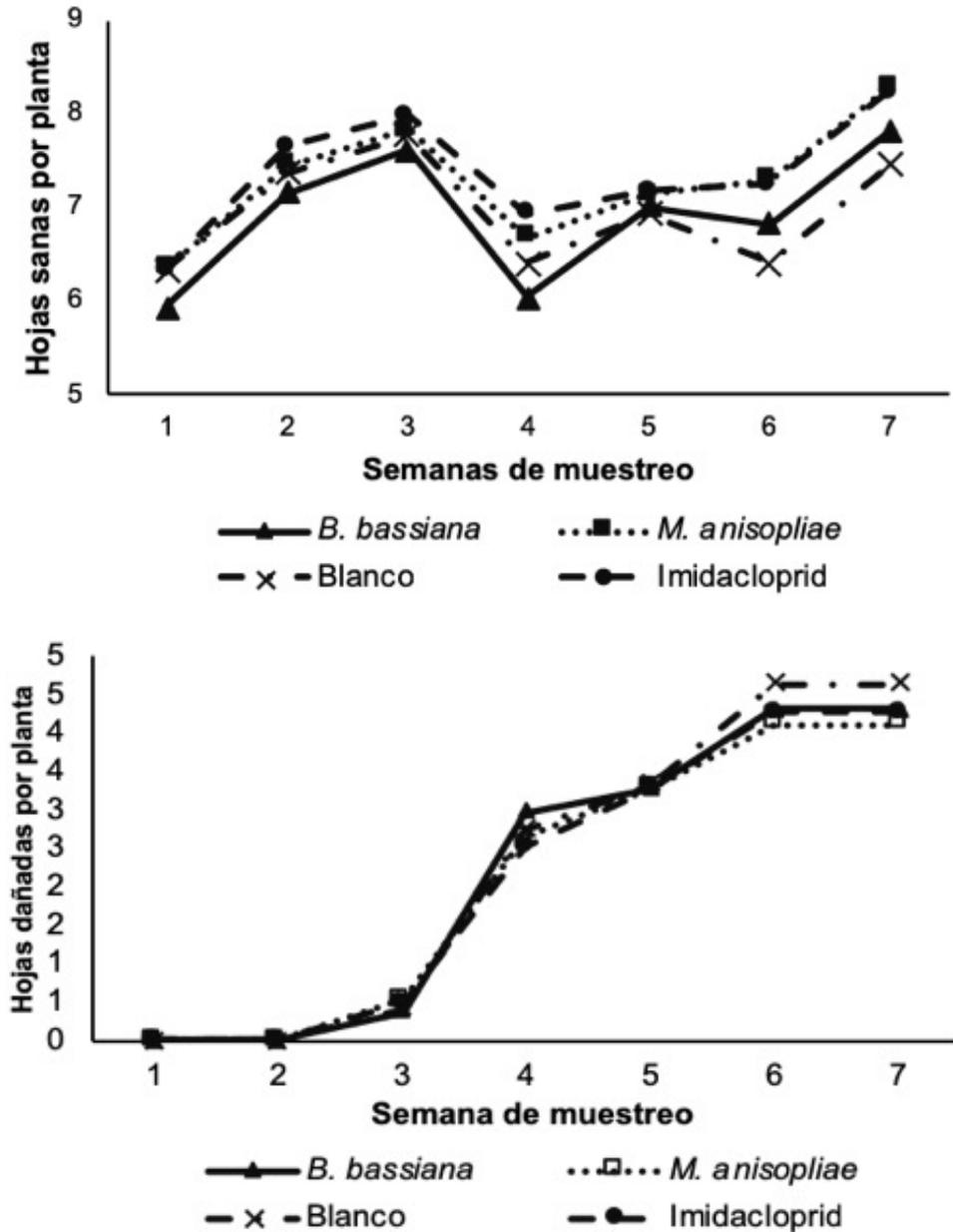


Figura 1. Comportamiento del follaje sano y dañado en sorgo en función de los tratamientos para controlar PAC (*Melanaphis sacchari* Zehntner), y un testigo sin tratar, durante la estación lluviosa en Campeche, México.

Rendimiento de grano y follaje en el sorgo. Respecto a la producción de grano registrada, los métodos de control aplicados no ejercieron efectos diferenciales en el rendimiento de follaje ($F = 0.978$, $p = 0.445$) ni en el de grano ($F = 1.536$, $p = 0.271$). Las estimaciones del follaje producido promediaron entre 27,993.8 y 31,915.2 kg ha⁻¹ (Cuadro 1) y comprendieron un rango que iba de 22,875 a 39,276 kg ha⁻¹, coincidente con el promedio nacional de 29,029 kg ha⁻¹, pero superior al obtenido por Puc-Madera et al. (2018), de 6,900 a 8,800

kg ha⁻¹, en Campeche, y por Carrillo y Ruiz (2004), en Oaxaca, de 8,000 a 16,000 kg ha⁻¹, y por debajo del máximo reportado para México, de 77,000 kg ha⁻¹ en Los Cabos, Baja California (SIAP 2018) y al potencial nacional de entre 45,000 y 50,000 kg ha⁻¹, esperado por INIFAP (2017).

El rendimiento de grano presentó un comportamiento más diverso en términos de amplitud, con rangos entre 1,920 y 5,250 kg ha⁻¹. Los promedios de rendimiento de grano coinciden con los promediados

en el ámbito estatal y nacional, que alcanzan los 2,909 y 3,840 kg ha⁻¹, respectivamente (SIAP 2018), e incluso se equiparan a los promedios de rendimiento de Tamaulipas (3,200 kg ha⁻¹), el estado con la mayor producción de grano (Rosales-Robles et al. 2014).

Los rendimientos observados en este estudio —tanto en grano como en forraje— pueden estar relacionados con la alta densidad de siembra utilizada, que superó a la densidad que usualmente se aplica en el cultivo de sorgo en Campeche, y más cercana a la recomendada para estados como Coahuila o Tamaulipas.

CONCLUSIONES

El manejo del pulgón amarillo del sorgo (*M. sacchari*), mediante una combinación de métodos, en los cuales puedan rotarse los insecticidas con el ingrediente activo imidacloprid, con los hongos entomopatógenos *M. anisopliae* y *B. bassiana*, durante la estación de lluvias en Campeche, puede ayudar a disminuir la densidad de población de pulgones y así coadyuvar a mantener la sanidad del follaje, sin reducir el rendimiento en las plantas de sorgo (*S. bicolor*), con la consecuente reducción en los impactos ambientales y los costos financieros del manejo de plagas en el cultivo de sorgo.

Con base en las densidades de población de la plaga en campo, es posible sugerir que el umbral económico debe incrementarse, y permitir una mayor densidad de áfidos en la planta, antes de iniciar prácticas de control. Finalmente, dentro de una estrategia de producción ambiental y sanitariamente más inocua, el uso de entomopatógenos se vuelve una herramienta útil para minimizar el uso de químicos potencialmente nocivos dentro del cultivo del sorgo en Campeche.

AGRADECIMIENTO

Al Tecnológico Nacional de México, por financiar este experimento mediante el proyecto “Control de pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*) mediante hongos entomopatógenos en Campeche”, registro 6424.18-P.

LITERATURA CITADA

Acuña M, García C, Rosas NM, López M, Sainz JC. 2015. Formulación de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin con polímeros biodegradables y su virulencia contra *Heliothis virescens* (Fabricius). Revista Internacional de Contaminación Ambiental 31(3): 219-226.

Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Rumbos CI, Kontodimas DC. 2017. Influence of temperature and relative

humidity on the insecticidal efficacy of *Metarhizium anisopliae* against larvae of *Ephesia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) on wheat. Journal of Insect Science 17(1): 22. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iew107>

Berlanga-Padilla AM, Ayala-Zermeño MA, Gallou A, Serna-Domínguez MG, Montesinos-Matías R, Arredondo-Bernal HC. 2016. Identificación de *Lecanicillium longisporum* asociado a *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae), en sorgo. Revista Mexicana de Micología 44: 51-54.

Calero-Hortelano ME. 2015. Manejo integrado de plagas del sorgo en Guanajuato. Campaña de Manejo Fitosanitario de Cultivos Básicos. Guanajuato, México: SAGARPA/SENASICA/CESAVERG.

Carrillo JC, Ruiz J. 2004. Producción de forraje en sorgo y mijo: variables de crecimiento. Agronomía Mesoamericana 15(1): 69-76.

Coscollá R. 1980. Incidencia de los factores climatológicos en la evolución de las plagas y enfermedades de las plantas. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 6(2): 123-139.

Delgado-Ramírez CS, Salas-Araiza MD, Martínez-Jaime OA, Díaz-García JA, Guzmán-Mendoza R, Salazar-Solís E. 2016. Consumo de *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) por *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) y *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Entomología Mexicana 3: 369-374.

[INATEC] Tecnológico Nacional. 2016. Manejo integrado de plagas. Manual del protagonista. Managua: Nicaragua: Instituto Nacional Tecnológico.

[INIFAP] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2017. Agenda Técnica Agrícola Campeche. D.F., México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Lacey LA, Frutos R, Kaya HK, Vail P. 2001. Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future? Biological Control 21(3): 230-248. <https://doi.org/10.1006/bcon.2001.0938>

Maya-Hernández V, Rodríguez-del-Bosque LA. 2014. Pulgón amarillo: una nueva plaga del sorgo en Tamaulipas. Desplegable para productores No. MX-0-310301-32-03-13-48-30. Río Bravo, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Río Bravo.

Morrison E. 1999. Introduction to SPSS. Washington D.C., United States of America: University of Washington.

Nibouche S, Costet L, Holt JR, Jacobson A, Pekarcik A, Sadeyen J, Armstrong JS, Peterson GC, McLaren N, Medina RF. 2018. Invasion of sorghum in the Americas by a new sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) superclone. PLoS ONE 13(4): e0196124. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196124>

Puc-Madera S, Burgos-Campos MA, Hernández-Gamboa AG, Tzec-Pool CA, Puertovanetti-Arroyo AE, Arcocha-Gómez E, González-Valdivia NA. 2018. Efectividad del controlador biológico *Chrysoperla carnea* Stephens sobre *Melanaphis sacchari* Zehntner y en aspectos del rendimiento del sorgo. Revista Tecnológica CEA Volumen Especial: 59-67.

- Quijano-Carranza, J.A., V. Pecina-Quintero, R. Bujanos-Muñiz, A. Marín-Jarillo & R. Yáñez-López. 2017. Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. Guanajuato, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Rodríguez-del Bosque LA, Terán-Vargas AP. 2014. Control químico del pulgón amarillo del sorgo. Ciudad Victoria, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Rojas-Gutiérrez RL, Loza-Murguía M, Vino-Nina L, Serrano-Canaviri T. 2017. Capacidad biocontroladora de *Beauveria brongniartii* (Sacc.) y *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) en el control de pulgones *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae). Journal of The Selva Andina Research Society 8(1): 48-68.
- Rosales-Robles E, Sánchez-de-la-Cruz R, Rodríguez-del-Bosque LA. 2014. Tolerancia de sorgo para grano a dos herbicidas. Revista Fitotecnia Mexicana 37(1): 89-94.
- Salas-Araiza MD, Salazar-Solís E. 2003. Importancia del uso adecuado de agentes de control biológico. Acta Universitaria 13(1): 29-35.
- Sandhu, SS, Sharma AK, Beniwal V, Goel G, Batra P, Kumar A, Jaglan S, Sharma AK, Malhotra S. 2012. Myco-Biocontrol of insect pests: Factors involved, mechanism, and regulation. Journal of Pathogens 2012: 1-10. <https://doi.org/10.1155/2012/126819>
- [SIAP] Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera. [internet]. 2018. Datos abiertos. [Cited 28 september 2018]. Disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx/gob-mx/datosAbiertos.php>
- Silveira-Gramont ML, Aldana-Madrid ML, Piri-Santana J, Valenzuela-Quintanar AI, Jasa-Silveira G, Rodríguez-Olibarría G. 2018. Plaguicidas agrícolas: un marco de referencia para evaluar riesgos a la salud en comunidades rurales en el estado de Sonora, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 34(1): 7-21. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.01.01>
- Somoza-Vargas CE, Hernández-Velázquez VM, Peña-Choras G, Torres-García G, Huerta-De la Peña A, Ortega-Martínez LD, Salazar-Magallón JA. 2018. Interaction of *Beauveria bassiana* strain HPI-019/14 and *Bacillus thuringiensis* strain GP139 for the biological control of *Bemisia tabaci* in strawberry. Bulletin of Insectology 71(2): 201-209.
- Stickler FC, Wearden S, Pauli AW. 1961. Leaf area determination in grain sorghum. Agronomy Journal 53(3): 187-188. <https://doi.org/10.2134/agronj1961.00021962005300030018x>
- Tejeda-Reyes MA, Díaz-Nájera JF, Rodríguez-Maciél C, Vargas-Hernández M, Solís-Aguilar JF, Ayvar-Serna S, Flores-Yáñez JA. 2017. Evaluación en campo de insecticidas sobre *Melanaphis sacchari* (Zehntner) en sorgo. Southwestern Entomologist 42(2):545-550. <https://doi.org/10.3958/059.042.0223>
- Temkin B, Ávila S, Martínez E. 2018. El impacto diferencial de la globalización económica y la democracia sobre las emisiones de CO2 en países ricos y pobres. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 34(1): 169-183. <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2018.34.01.15>
- Yadav R, Prasad S, Kumar-Singh S, Vijay V, Sabu T, Lama S, Kumar P, Sandesh J, Thakur A, Ramawat N. 2016. Bio-management of sugarcane aphid *Melanaphis sacchari* (Z.) in Sorghum. Plant Archives 16(2): 559-562.
- Yáñez-López R, Torres-Pacheco I, Guevara-González RG, Hernández-Zul MI, Quijano-Carranza JA, Rico-García E. 2017. The effect of climate change on plant diseases. African Journal of Biotechnology 11(10): 2417-2428.