

## Short Note [Nota corta]



**EFFECTO DE INSECTICIDAS BIORRACIONALES Y NEONICOTINOIDES EN LAS POBLACIONES DE *Bemisia tabaci* Y RENDIMIENTO DE FRUTO EN TOMATE †**

**[EFFECT OF BIORATIONAL INSECTICIDES AND NEONICOTINOIDS ON THE POPULATION DENSITY OF *Bemisia tabaci* AND FRUIT YIELD IN TOMATO]**

**Cristian de J. Góngora-Gamboa<sup>1\*</sup>, Esaú Ruiz-Sánchez<sup>1</sup>,  
Horacio S. Ballina-Gómez<sup>1</sup> and Alejandra González-Moreno<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal, Avenida Tecnológico s/n, C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México. Tel. 01 (999) 9-12-41-30 Ext. 121. Email: cristian.gongora@itconkal.edu.mx*

*\*Corresponding author*

### SUMMARY

**Background.** The whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) is a pest that causes significant losses in field and greenhouse crops worldwide. **Objective.** To evaluate the incorporation of biorational and chemical insecticides on the population density of whitefly *Bemisia tabaci*, fruit yield and fruit quality in tomato. **Methodology.** Three pest management treatments were included: Biorational (botanical insecticides and insect growth regulators), Biorational-Intermediate (botanical insecticide and chemical insecticides) and Conventional (conventional chemical insecticides). **Results.** Overall, the population density of *B. tabaci* was low from the time when the pest-exclusion floating net was removed to the sampling periods 61 to 78 days after transplant (dat). However from 92 to 108 dat, the population density of immature and adults increased dramatically. The treatment Conventional was the most effective to suppress the population density of *B. tabaci* when they were low, but when an increase in population density of *B. tabaci* occurred, the treatment Biorational-Intermediate was the most effective. The population density of eggs and nymphs on plant leaves were similar among treatments. The fruit yield and overall the bromatologic characteristics of fruits were not significantly different among treatments. **Conclusion.** The treatment Biorational-Intermediate would represent a feasible strategy to manage *Bemisia tabaci* in tomato crops.

**Keywords:** Whitefly; Biorational treatment; *Solanum lycopersicum*; Neonicotinoid.

### RESUMEN

**Antecedentes.** La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) es una plaga que causa pérdidas significativas en los cultivos de campo e invernadero a nivel mundial. **Objetivo.** Evaluar los efectos de la integración de insecticidas biorracionales y químicos en la densidad de población de la mosca blanca *Bemisia tabaci*, el rendimiento y calidad de fruto de tomate. **Metodología.** Se integraron tres tratamientos: Biorracional (insecticidas botánicos y reguladores de crecimiento), Biorracional-Intermedio (insecticidas botánicos y químicos convencionales) y Químico (insecticidas químicos convencionales). **Resultados.** En general la densidad poblacional de *B. tabaci* fue baja desde el momento de retirar la malla flotante y hasta los muestreos realizados del día 61 a los 78 días después del trasplante (ddt). Sin embargo, del día 92 al 108 ddt las poblaciones de inmaduros y adultos incrementaron substancialmente. El tratamiento Químico fue el más efectivo para suprimir poblaciones de adultos de *B. tabaci* cuando las poblaciones fueron bajas, pero cuando hubo incremento poblacional de *B. tabaci*, el tratamiento Biorracional-Intermedio fue el más efectivo. La densidad de ninfas y huevos fue similar en los tres tratamientos. El rendimiento del fruto de tomate y en general sus características bromatológicas no fueron significativamente diferentes entre tratamientos. **Conclusión.** El tratamiento Biorracional-Intermedio podría representar la mejor alternativa para manejo de *Bemisia tabaci* en el cultivo de tomate.

**Palabras clave:** Mosca blanca; Biorracional; *Solanum lycopersicum*; Neonicotinoide.

† Submitted September 3, 2019 – Accepted December 3, 2019. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.  
ISSN: 1870-0462.

## INTRODUCCIÓN

La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) es una plaga que causa pérdidas significativas en los cultivos de campo e invernadero a nivel mundial (Perring *et al.*, 2017; De Barro *et al.*, 2011). Los daños directos por alimentación y extracción de savia del floema, debilita la planta y reduce directamente el rendimiento; además por la excreción de sustancias azucaradas sobre la fruta y el follaje se desarrollan hongos saprófitos que reducen la fotosíntesis. El daño indirecto, y considerado el más importante, es por la transmisión de una amplia gama de Begomovirus (Cuellar y Morales, 2006; De Barro *et al.*, 2011; Perring *et al.*, 2017). Las infestaciones de *B. tabaci* en cultivos hortícolas pueden causar hasta 100 % de pérdidas de rendimiento cuando la transmisión de Begomovirus se da durante la primera fase de crecimiento de los cultivos (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2019). De las más de mil especies de plantas hospederas, los principales cultivos afectados de importancia económica a escala global incluyen tomate, berenjena, chile, algodón, varias especies de cucurbitáceas y muchas otras de euforbiáceas (Chen *et al.*, 2016).

Los insecticidas químicos han sido el principal control de *B. tabaci* en diversos sistemas de producción agrícola. Los insecticidas organofosforados usados en las décadas de los 70s y 80s fueron reemplazados gradualmente por piretroides en los años 80. Posteriormente, a principios de los años 90, los neonicotinoides fueron los compuestos de mayor uso para el manejo de *B. tabaci*, inclusive en la actualidad este grupo de insecticidas es ampliamente utilizado (Casida y Durkin, 2013; Bass *et al.*, 2015).

*Bemisia tabaci* ha mostrado resistencia a más de 40 insecticidas de diferentes grupos toxicológicos, incluyendo neonicotinoides, debido al uso repetido y aplicación de dosis excesivas (Yao *et al.*, 2017; Naveen *et al.*, 2017). El uso excesivo de estos productos también se ha relacionado con la contaminación del agua y el suelo (Rodríguez *et al.*, 2018), residuos en productos vegetales (Aldana-Madrid *et al.*, 2011; Yu-Feng *et al.*, 2011), disminución de poblaciones insectos benéficos (Cloyd y Bethke, 2011) y efectos adversos en la salud humana (Nicolopoulou-Stamat *et al.*, 2016; Han *et al.*, 2017).

Una alternativa para disminuir el número de aplicaciones de insecticidas químicos es el uso combinado de mallas flotantes durante las primeras etapas de crecimiento de las plantas y la incorporación de insecticidas biorracionales intercaladas con insecticidas químicos. La ventaja de los productos biorracionales es su baja toxicidad a fauna benéfica,

baja persistencia en el medio y menor impacto en insectos polinizadores (Horowitz *et al.*, 2009). Los insecticidas biorracionales son sustancias principalmente de origen natural, como los microorganismos y derivados vegetales, aunque también existen de síntesis orgánica, como los reguladores de crecimiento de insectos (González-Maldonado y García-Gutiérrez, 2012). En general, estos productos no actúan en el sistema nervioso, sino en sitios diversos, como el sistema endocrino, reproductivo, muscular, olfativo e inmune (Horowitz *et al.*, 2009).

Se han reportado diversos estudios que evalúan la integración de insecticidas biorracionales para el control de plagas en tomate. Por ejemplo, Reddy y Miller (2014) evaluaron aceite orgánico, *Beauveria bassiana*, azadiractina y *Bacillus thuringiensis* en cultivo de tomate, y observaron una disminución significativa en la población y daños por el ácaro *Tetranychus marianae* (McGregor, 1950) (Acari: Tetranychidae) y gusano del fruto *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae), así mismo este efecto se reflejó en mayor rendimiento de fruto. Adel *et al.* (2018) obtuvieron alta efectividad de los extractos botánicos de neem (azadiractina) en combinación con *B. bassiana* en los sistemas de producción de tomate. Soliman y Tarasco (2008) evaluaron polvos humectables basados en las esporas del hongo *Lecanicillium lecanii*, en combinación con avermectinas y azadiractina, y encontraron efecto significativo en la supresión poblacional de *B. tabaci* en el cultivo de tomate en invernadero. Debido a los antecedentes que los productos biorracionales pueden ser útiles en el manejo de plagas en tomate, en el presente trabajo, se evaluó la integración de malla flotante y las aplicaciones de insecticidas biorracionales y químicos (neonicotinoides) sobre la densidad poblacional de la mosca blanca *B. tabaci*, rendimiento y calidad de fruto en el cultivo de tomate.

## MATERIALES Y MÉTODOS

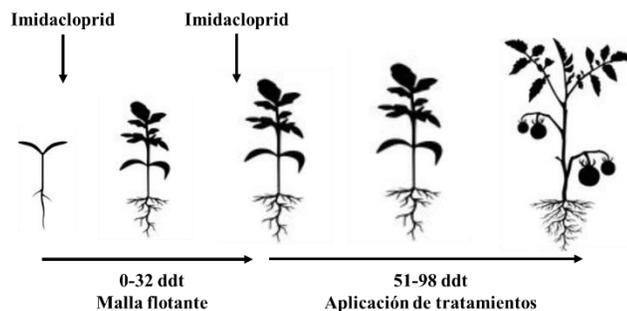
### Sitio experimental y material vegetal

El estudio se realizó en el Área de Investigación y Producción de Hortalizas del Instituto Tecnológico de Conkal (21 ° 4'N y 89 ° 31'W) en Yucatán, México. El experimento se estableció en un suelo Kárstico, con las siguientes características: pH 8.0, conductividad eléctrica: 1.4 ms cm<sup>-1</sup>, materia orgánica: 14.2%, N total: 63.9%, P: 82 mg kg<sup>-1</sup>, Na: 850 mg kg<sup>-1</sup>, K: 9000 mg kg<sup>-1</sup>, Ca: 1180 mg kg<sup>-1</sup>, Mg: 420 mg kg<sup>-1</sup>. Las condiciones ambientales durante el ciclo de crecimiento (noviembre 2018 a marzo 2019) se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Condiciones ambientales durante la temporada de cultivo de tomate en Conkal, Yucatán.**

Mes	Temp (°C) máxima	Temp (°C) media	Temp (°C) mínima	Precipitación (mm)
Noviembre	31.1	25.4	19.8	67.4
Diciembre	29.7	23.7	17.7	28.5
Enero	28.8	22.5	16.1	48.4
Febrero	33.0	25.9	18.8	42.7
Marzo	33.6	26.3	19.0	19.0

CONAGUA (2019) Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia del Centro Hidrometeorológico Yucatán 2019.



**Figura 1.** Fenología de cultivo de tomate híbrido Pony Express. Período de malla flotante y aplicación de imidacloprid a todos los tratamientos al momento del trasplante y al retirar la malla flotante.

**Diseño de parcelas y establecimiento de cultivo.**

Se obtuvieron plantas de tomate híbrido Pony Express de 30 días de edad después de haberse sembrado en charolas germinadoras. Se trasladaron en campo con una distribución de plantación de 1.2 m entre filas y 30 cm entre plantas dentro de las filas. Se cubrieron con malla flotante de polipropileno durante 32 días después del trasplante (ddt) (Figura 1). Cada parcela consistió en 3 filas de 20 plantas de tomate, para un total de 60 plantas por parcela. Se establecieron cinco repeticiones de cada tratamiento de manejo de plaga, lo cual dio como resultado un total de 15 parcelas en todo el experimento. Las parcelas de tratamiento se organizaron en un diseño en bloques completos al azar y se separaron de otras parcelas en zonas de amortiguamiento de 1.2 m para evitar la contaminación por deriva de otros insecticidas.

**Descripción y aplicación de los tratamientos.**

Los tratamientos de manejo de *B. tabaci* consistieron en la aplicación de productos individuales o combinaciones de productos como se describe en el Cuadro 2. Las aplicaciones se hicieron de forma calendarizada de acuerdo con las prácticas de los productores regionales, sin considerar el grado de infestación o umbral económico de las plagas, y considerando las recomendaciones establecidas en las etiquetas de los productos, como lo recomienda Reddy y Miller (2014). No se presentó ninguna otra especie de plaga, aunque en la zona se ha reportado

*Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) y *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae). La cantidad de mezcla de aplicación se calculó con base en 250 L ha<sup>-1</sup> para plantas pequeñas (hasta 45 ddt) y 350 L ha<sup>-1</sup> para plantas más grandes (de 45 ddt hasta la cosecha). Todos los productos se aplicaron con una aspersora de mochila motorizada (STIHL SR-430), calibrada para suministrar la cantidad deseada de mezcla insecticida por hectárea.

**Evaluación de densidad poblacional de *B. tabaci*.**

Se tomaron muestras de las densidades poblacionales de *B. tabaci* a los 61, 70, 78, 92, 101 y 108 ddt, para lo cual se seleccionaron al azar quince plantas por parcela, para un total de 75 plantas de los cinco bloques establecidos por tratamiento. Se eligió la fila central de cada parcela para las diferentes evaluaciones. Las muestras se tomaron mediante la selección aleatoria de tres hojas: uno de la parte superior, uno del centro y una del tercio inferior de la planta. Los adultos se contaron girando cuidadosamente la hoja y observando el lado abaxial. De las hojas observadas para muestreo de adultos, se separaron cinco folíolos al azar, se etiquetaron y colocaron en una bolsa de plástico, para ser llevadas al laboratorio donde se contabilizó el número de huevos y ninfas y se determinó el área foliar con un medidor de área foliar óptico estacionario (LICOR, LI-3100C, NE, USA). Los datos se reportaron como número de individuos por cm<sup>-2</sup> (Reddy y Miller, 2014).

**Cuadro 2. Descripción de los tratamientos para el manejo de *Bemisia tabaci* en tomate.**

Tratamiento	Ingrediente activo	Nombre comercial y dosis	Fecha de aplicación (días después del trasplante)
Biorracional	Imidacloprid (Neonicotinoide)	Confidor® 3 ml L <sup>-1</sup>	1, 32
	<i>Bacillus thuringiensis</i> (Microbial)	DiPel® DF 2.5 g L <sup>-1</sup>	54
	Sales potásicas (Jabón natural)	Ultralux® 4 ml L <sup>-1</sup>	58
	Piretrina natural (Botánico)	Pirekron® 0.2% 4 g L <sup>-1</sup>	64
	Extracto ( <i>Allium sativum</i> ) (Botánico)	Ajick® 2.5 ml L <sup>-1</sup>	68
	Aceite vegetal soya (Botánico)	Epa® 4 ml L <sup>-1</sup>	68, 98
	Novaluron (Regulador de crecimiento)	Rimon® 2 ml L <sup>-1</sup>	75
	Extracto de <i>Argemone mexicana</i> (Botánico)	Omega® 4 ml L <sup>-1</sup>	88, 98
Biorracional- Intermedio	Extracto de <i>Argemone mexicana</i> (Botánico)	Biodie® 4 mL L <sup>-1</sup>	88
	Imidacloprid (Neonicotinoide)	Confidor® 3 ml L <sup>-1</sup>	1, 32, 58
	Cipermetrina (Piretroide)	Fipol® 200 3 ml L <sup>-1</sup>	54
	Aceite vegetal soya (Botánico)	Epa® 4 ml L <sup>-1</sup>	54, 98
	Novaluron (Regulador de crecimiento)	Rimon® 2 ml L <sup>-1</sup>	75
	Pymetrozine (Piridinazometinas)	Plenum® 2 g L <sup>-1</sup>	88
Químico	Buprofezin (Regulador de crecimiento)	Balanka® 2 g L <sup>-1</sup>	88
	Extracto de <i>Argemone mexicana</i> (Botánico)	Omega® 4 ml L <sup>-1</sup>	98
	Imidacloprid (Neonicotinoide)	Confidor® 3 ml L <sup>-1</sup>	1, 32, 58
	Abamectina (Avermectinas)	Rotamik® 1.8% C.E. 2 g L <sup>-1</sup>	51
	Cipermetrina (Piretroide)	Fipol® 200 3 ml L <sup>-1</sup>	54
	Lambdacialotrina (Piretroide)	Karate® 2 ml L <sup>-1</sup>	75
	Pymetrozine (Piridinazometinas)	Plenum® 2 g L <sup>-1</sup>	88
Buprofezin (Regulador de crecimiento)	Balanka® 2 g L <sup>-1</sup>	88	
Dinotefuran (Neonicotinoide)	Venom® 2 g L <sup>-1</sup>	98	

### Rendimiento del fruto

Los frutos se recolectaron a partir del día 73 ddt en las filas centrales de cada parcela experimental y el rendimiento se registró solo con frutas no dañadas comercializables. Las frutas se clasificaron en primera calidad (mayor a 160 g por fruto) y de segunda calidad (menor a 160 g por fruto). El total de frutos se dividió por el número de plantas en cada parcela. El rendimiento de la fruta se reportó en kg planta<sup>-1</sup>.

### Análisis bromatológico del fruto

Para el análisis de frutos, las muestras se colectaron aleatoriamente en las unidades experimentales para formar una muestra de dos kg por tratamiento a los 73 ddt. Se seleccionaron frutos sanos y sin ningún daño, se lavaron, se cortaron y fueron secados en estufa de convección a 60 °C durante 96 horas, posteriormente fueron molidos en un molino (Ika® Werke mod Mf 10 basic), el fruto se procesó completo incluyendo las semillas. Para la determinación de la composición proximal se utilizaron los métodos oficiales de la AOAC (2000): humedad (925.09), nitrógeno (954.01), grasas (920.39) y cenizas (923.03), la fibra cruda fue determinada por el método de la bolsa de papel filtro con el analizador de fibras ANCON el cual utiliza digestión ácida con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1.25 %) y digestión alcalina con NaOH (1.25 %). Los carbohidratos totales se cuantificaron como elementos libres de nitrógeno (ELN) por diferencia (restando al 100 % el contenido

de proteína, grasas, cenizas y fibra cruda). El factor de conversión para proteínas fue de 6.25.

### Análisis estadístico

El efecto de los tratamientos sobre la densidad poblacional de adultos, ninfas, huevos de *B. tabaci*, el rendimiento y análisis bromatológico del fruto fueron evaluados por medio de Modelos Lineales Generalizados Mixtos (GLMM). Los datos fueron analizados en el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2007), mediante el uso de la familia Binomial negativo y función de enlace logaritmo. Las comparaciones *a posteriori* se realizaron con la prueba de Bonferroni,  $p < 0.05$ . Para las características fisicoquímicas del fruto del tomate se utilizó la familia Gamma y función de enlace logaritmo. El costo de los tratamientos se calculó mediante la sumatoria del precio de cada producto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Fluctuación de la población de *B. tabaci* y rendimiento de fruto en tomate.

En general las poblaciones de *B. tabaci* fueron bajas a los 61, 70 y 78 ddt. A partir de los 92 ddt, las poblaciones de *B. tabaci* incrementaron de manera considerable en todos los tratamientos (Cuadro 3). En las parcelas con tratamiento Químico la densidad

poblacional de adultos fue significativamente menor que en los tratamientos Biorracional y Biorracional-Intermedio a los 61 y 78 ddt. Sin embargo, a los 101 y 108 ddt la densidad poblacional de adultos fue mayor en el tratamiento Químico comparado con lo observado en los tratamientos Biorracional y Biorracional-Intermedio. La densidad de población de huevos y ninfas no mostró diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 3).

#### Rendimiento del fruto.

El rendimiento de fruta comercializable de primera calidad no fue diferente entre las parcelas con tratamiento Biorracional y Biorracional-Intermedio (2.42 a 2.66 kg planta<sup>-1</sup>) y aquellas con tratamiento Químico. Este comportamiento también se observó

para los frutos de segunda calidad (1.24 a 1.44 kg planta<sup>-1</sup>) (Cuadro 4).

#### Características bromatológicas de fruto

No se encontraron diferencias significativas en el contenido de fibra cruda, humedad y cenizas en los frutos de los diferentes tratamientos. El valor más alto de proteína se observó en los frutos del tratamiento Biorracional con 8.96 %, mientras que el valor más bajo se observó en los frutos del tratamiento Químico, con 7.29 % (Cuadro 5). Para el contenido de grasa en los frutos, el valor más alto se observó en el tratamiento Biorracional-Intermedio. En cuanto al contenido de carbohidratos (ELN) en los frutos, se observó que el tratamiento Químico tuvo significativamente mayor valor que los tratamientos Biorracional y Biorracional-Intermedio (Cuadro 5).

**Cuadro 3. Número promedio ( $\pm$  error estándar) de adultos, ninfas y huevos de *B. tabaci* en plantas de tomate *S. lycopersicum* bajo diferentes tratamientos de manejo de plagas.**

Tratamiento	Fechas de muestreo (días después del trasplante)					
	61	70	78	92	101	108
	Adultos hoja <sup>-1</sup>					
Biorracional	0.62 $\pm$ 0.06 b	0.65 $\pm$ 0.06 <sup>ns</sup>	1.37 $\pm$ 0.12 b	25.52 $\pm$ 1.93 b	11.62 $\pm$ 0.87 a	119.52 $\pm$ 2.85 b
Biorracional-Intermedio	0.56 $\pm$ 0.07 b	0.56 $\pm$ 0.05	1.50 $\pm$ 0.11 b	19.73 $\pm$ 1.17 a	11.27 $\pm$ 0.95 a	115.48 $\pm$ 2.51 a
Químico	0.40 $\pm$ 0.04 a	0.58 $\pm$ 0.05	0.95 $\pm$ 0.08 a	24.51 $\pm$ 1.38 b	13.22 $\pm$ 1.06 b	122.76 $\pm$ 2.60 c
	Ninfas cm <sup>-2</sup>					
Biorracional	0.07 $\pm$ 0.03 <sup>ns</sup>	0.14 $\pm$ 0.04 <sup>ns</sup>	0.24 $\pm$ 0.07 <sup>ns</sup>	7.58 $\pm$ 2.59 <sup>ns</sup>	1.94 $\pm$ 0.50 <sup>ns</sup>	3.00 $\pm$ 1.02 <sup>ns</sup>
Biorracional-Intermedio	0.05 $\pm$ 0.02	0.05 $\pm$ 0.01	0.07 $\pm$ 0.02	3.16 $\pm$ 0.68	2.20 $\pm$ 0.58	2.00 $\pm$ 0.50
Químico	0.04 $\pm$ 0.02	0.10 $\pm$ 0.03	0.19 $\pm$ 0.10	6.89 $\pm$ 2.12	1.28 $\pm$ 0.50	2.00 $\pm$ 0.75
	Huevos cm <sup>-2</sup>					
Biorracional	0.22 $\pm$ 0.09 <sup>ns</sup>	0.04 $\pm$ 0.01 <sup>ns</sup>	0.05 $\pm$ 0.02 <sup>ns</sup>	13.20 $\pm$ 3.64 <sup>ns</sup>	1.94 $\pm$ 0.51 <sup>ns</sup>	2.00 $\pm$ 0.36 <sup>ns</sup>
Biorracional-Intermedio	0.07 $\pm$ 0.04	0.03 $\pm$ 0.01	0.06 $\pm$ 0.04	7.76 $\pm$ 1.58	3.32 $\pm$ 0.76	1.81 $\pm$ 0.30
Químico	0.06 $\pm$ 0.01	0.07 $\pm$ 0.03	0.03 $\pm$ 0.01	10.67 $\pm$ 2.49	1.82 $\pm$ 0.61	1.67 $\pm$ 0.29

Medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes (Bonferroni  $p > 0.05$ ). ns: diferencia no significativa

**Cuadro 4. Rendimiento promedio ( $\pm$  error estándar) en kg planta<sup>-1</sup> de fruto de primera y segunda calidad en tomate *S. lycopersicum* bajo diferentes tratamientos de manejo de *B. tabaci*.**

Tratamiento	Frutos de primera calidad	Frutos de segunda calidad
Biorracional	2.66 $\pm$ 0.52 <sup>ns</sup>	1.38 $\pm$ 0.25 <sup>ns</sup>
Biorracional-Intermedio	2.42 $\pm$ 0.45	1.24 $\pm$ 0.23
Químico	2.46 $\pm$ 0.47	1.44 $\pm$ 0.21

ns: diferencia no significativa (Bonferroni  $p > 0.05$ )

**Cuadro 5. Características bromatológicas (medias  $\pm$  error estándar) de frutos de tomate *S. lycopersicum* bajo diferentes tratamientos de manejo de plagas.**

Tratamiento	Proteína (%)	Fibra cruda (%)	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	ELN (%)
Biorracional	8.96 $\pm$ 0.13 a	5.76 $\pm$ 0.16 <sup>ns</sup>	94.63 $\pm$ 0.11 <sup>ns</sup>	0.40 $\pm$ 0.04 <sup>ns</sup>	1.09 $\pm$ 0.03 c	83.79 $\pm$ 0.25 b
Biorracional-Intermedio	7.61 $\pm$ 0.19 b	6.06 $\pm$ 0.11	94.43 $\pm$ 0.15	0.33 $\pm$ 0.02	2.52 $\pm$ 0.05 a	83.48 $\pm$ 0.27 b
Químico	7.29 $\pm$ 0.13 b	6.03 $\pm$ 0.10	94.47 $\pm$ 0.12	0.35 $\pm$ 0.01	1.38 $\pm$ 0.05 b	84.95 $\pm$ 0.20 a

Medias dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (Bonferroni  $p > 0.05$ ). ns: diferencia no significativa

La integración de productos biorracionales en tratamientos de manejo de plagas ha sido propuesto como una alternativa viable para el manejo de *B. tabaci* en el cultivo de tomate (Reddy y Miller, 2014; Alam *et al.*, 2016; Adel *et al.*, 2018). Se considera que los insecticidas biorracionales presentan algunas ventajas, como menor toxicidad a humanos, mayor seguridad al medio y menor impacto a insectos benéficos (Yang *et al.*, 2010). En general la densidad poblacional de *B. tabaci* fue baja por un mes y medio posterior al retiro de la malla flotante. Sin embargo, en los muestreos a partir del segundo mes después del retiro de la malla flotante, las poblaciones de inmaduros y adultos incrementaron substancialmente. Este comportamiento es común debido a la mayor cobertura foliar en esta etapa del cultivo que crea un ambiente propicio para el desarrollo exitoso del ciclo de vida de *B. tabaci*. En este sentido, el tratamiento Químico fue el más efectivo para suprimir poblaciones de adultos de *B. tabaci* en períodos de baja densidad poblacional, pero cuando la densidad poblacional tuvo un incremento, el tratamiento Biorracional-Intermedio fue el más efectivo en la supresión de adultos. Además, es preciso mencionar que el costo por hectárea del tratamiento Biorracional (\$6,573.50 MXN) y Biorracional-Intermedio (\$7,312.75 MXN) fueron ligeramente menores que el del tratamiento Químico (\$8,428.25 MXN). Estos costos no incluyen el de la malla flotante usada durante el primer mes después del trasplante.

La integración de insecticidas botánicos y reguladores de crecimiento en los tratamientos biorracionales fue exitosa en la supresión de las poblaciones no sólo de adultos, sino también en las poblaciones de inmaduros. La supresión poblacional de inmaduros se logra con los productos que presentan efectos letales directos o como reguladores de crecimiento que actúan en los procesos de muda (Al-Kherb, 2011). En los tratamientos biorracionales también se integraron aplicaciones iniciales del neonicotinoide imidacloprid. Este producto actúa tanto en adultos como en inmaduros de *B. tabaci*, con mayor efecto en adultos (Van Iersel *et al.*, 2000). En concordancia con los resultados del presente trabajo otros estudios han demostrado la factibilidad del uso de tratamientos biorracionales en el manejo de *B. tabaci*. Abd-Rabou y

Simmons (2015) documentaron que los insecticidas biorracionales suprimen poblaciones de inmaduros y adultos, tanto en niveles bajos, como niveles altos de infestación. Reddy y Miller (2014) observaron disminución significativa en las poblaciones de varias plagas en el cultivo de tomate por efecto de insecticidas biorracionales.

El uso de tratamientos que integran diversos tipos de insecticidas biorracionales coadyuva en la supresión de los diferentes estadios de *B. tabaci*. Por ejemplo, la integración de reguladores de crecimiento, como la Buprofezina y el Novaluron afecta primordialmente ninfas y huevos, mientras que el uso de insecticidas botánicos y algunos químicos puede afectar tanto a inmaduros, como a adultos. Esta estrategia permite no sólo eliminar las poblaciones de adultos que pudieran representar un riesgo en la transmisión de virosis, sino también prevenir la emergencia de nuevos adultos que pudieran formar nuevas generaciones dentro del cultivo. Varios estudios han documentado la bondad de esta estrategia en la supresión poblacional de *B. tabaci* y disminución de virosis asociada (Chavan *et al.*, 2013; Martínez-Tomás *et al.*, 2015; Kashyap *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2018).

Con respecto al rendimiento de fruto, éste fue similar en los diferentes tratamientos. Lo anterior indica que la supresión de la densidad poblacional de *B. tabaci* por efecto de los tratamientos biorracionales fue de tal magnitud que es viable la producción de frutos bajo este esquema de manejo de plagas. Los rendimientos obtenidos en el presente estudio (frutos de primera y segunda calidad, 2.66 a 1.44 kg planta<sup>-1</sup>) son incluso mayores a los reportados para este tipo de tecnología de producción y genotipo utilizado, a pesar de que en la región los suelos son kársticos, muy poco profundos, pedregosos y con alto contenido de Carbonato de Calcio (Bautista *et al.*, 2003; Bautista *et al.*, 2005). En trabajos experimentales, el rango nacional de productividad de tomate va de 1.5 a 2.8 kg planta<sup>-1</sup> (García-Hernández *et al.*, 2001; López-Martínez *et al.*, 2016).

El análisis bromatológico de frutos de tomate mostró que en general tuvieron características similares. Lo

anterior sugiere que las poblaciones de *B. tabaci* presentes en el cultivo, no tuvieron impacto en la alteración fisiológica de las plantas, y en consecuencia de las características bromatológicas de fruto, pues se ha observado que densidades poblacionales altas de *B. tabaci* puede dar lugar a trastornos fisiológicos en las plantas (McKenzie y Albano, 2009), que resultan en la alteración de las características bromatológicas y bioquímicas de los frutos (Palumbo *et al.*, 2000; Perring *et al.*, 2017).

### CONCLUSIÓN

La inclusión de insecticidas biorracionales (productos botánicos y reguladores de crecimiento) en el manejo de *B. tabaci* permite disminuir las aplicaciones de insecticidas químicos convencionales en el cultivo de tomate, así mismo permite suprimir eficientemente las poblaciones de esta plaga. El costo por hectárea de los tratamientos que integraron productos biorracionales fueron ligeramente menores que el del tratamiento con insecticidas químicos. La inclusión de productos biorracionales debe implementarse aproximadamente después de dos semanas de haber retirado la malla flotante y haber realizado aplicación de insecticida neonicotinoide. La integración de estas estrategias de manejo de *B. tabaci* permite la producción de frutos con calidad similar a lo que se produce bajo un esquema de manejo de plagas con insecticidas químicos convencionales.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a los alumnos de licenciatura y maestría del proyecto Manejo Biorracional de Plagas en Tomate, Tomatillo y Sandía en el periodo 2017-2019 por su asistencia en campo y laboratorio. El estudio fue financiado por el proyecto TecNM Clave 5137.19-P.

**Conflicto de interés.** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses relacionados con esta publicación.

**Disponibilidad de datos.** Los datos están disponibles con el autor por correspondencia (cristian.gongora@itconkal.edu.mx), con previa solicitud.

### REFERENCIAS

Abd-Rabou, S., Simmons, A. M. 2015. Infestation by *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and incidence of whitefly-transmitted viruses after the application of four biorational insecticides in some crops in Egypt. *International Journal of Tropical Insect Science*. 35: 132–136. DOI 10.1017/s1742758415000168

Adel, H., Gaffar, S. A., Toman, A. 2018. Effectiveness of three bio-rational products and a traditional insecticide against *Thrips* spp. and *Bemisia tabaci* attacking tomato fields in Kafr El-Sheik Governorate, Egypt. *Agricultural Sciences* 9: 1538-1552. DOI 10.4236/as.2018.912108

Alam, M. M., Islam, M. N., Haque, M. Z., Humayun, R., Khalequzzaman, K. M. 2016. Bio-rational management of whitefly (*Bemisia tabaci*) for suppressing tomato yellow leaf curl virus. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. 41: 583-597. DOI 10.3329/bjar.v41i4.30693

Aldana-Madrid, M. L., Valenzuela-Quintanar, A. I., Silveira-Gramont, M. I., Rodríguez-Olibarría, G., Grajeda-Cota, P., Zuno-Floriano, F. G., Miller, M. G. 2011. Residual pyrethroids in fresh horticultural products in Sonora, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology* 87: 436–439. DOI 10.1007/s00128-011-0391-z

Al-Kherb, W. A. 2011. Field efficacy of some neonicotinoid insecticides on whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and its natural enemies in cucumber and tomato plants in Al-qassim Region, KSA. *Journal of Entomology*. 8: 429-439. DOI 10.3923/je.2011.429.439

Association of Official Agricultural Chemists. 2000. *Chemists (17th edition)*. Vol. 1 Kenneth Helrich (ed.). Washington, D.C.

Bass, C., Denholm, I., Williamson, M. S., Nauen, R. 2015. The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 121: 78-87. DOI 10.1016/j.pestbp.2015.04.004

Bautista, F., Batllori-Sampedro, E., Ortíz-Pérez, M. A., Palacio-Aponte, G., Castillo-González, M. 2003. Geofomas, agua y suelo en la Península de Yucatán. pp. 21-35. En: Larqué, A. y P. Colunga (Eds.). *Naturaleza y sociedad en el área maya*. Academia Mexicana de Ciencias. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.

Bautista, F., Batllori-Sampedro, E., Palacio-Aponte, G., Ortíz-Pérez, M. A., Castillo-González, M. 2005. Integración del conocimiento actual sobre los paisajes geomorfológicos de la Península de Yucatán. p. 33- 58. En: F. Bautista y G. Palacio (Eds.) *Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales*. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología. 282 p

- Casida, J. E., Durkin, K. A. 2013. Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annual Review of Entomology*. 58: 99-117. DOI 10.1146/annurev-ento-120811-153645
- Chavan, S. M., Kuma, S., Arve, S. S. 2013. Population dynamics and development of suitable pest management module against major insect pests of tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Applied Horticulture*. 15: 150-155.
- Chen, W., Hasegawa, D. K., Kaur, N., Kliot, A., Pinheiro, P. V., Luan, Stensmyr, M. C., Zheng, Y., Liu, W., Sun, H., Xu, Y., Luo, Y., Kruse, A., Yang, X., Kontsedalov, S., Lebedev, G., Fisher, T. W., Nelson, D. R., Hunter, W. B., Brown, J. K., Jander, G., Cilia, M., Douglas, A. E., Ghanim, M., Simmons, A., Wintermantel, W. M., Ling, K., Fei, Z. 2016. The draft genome of whitefly *Bemisia tabaci* MEAM1, a global crop pest, provides novel insights into virus transmission, host adaptation, and insecticide resistance. *BMC Biology* 14: 110. DOI 10.1186/s12915-016-0321-y
- Cloyd, R. A., Bethke, J. A. 2011. Impact of neonicotinoid insecticides on natural enemies in greenhouse and interiorscape environments. *Pest Management Science*. 67: 3-9. DOI 10.1002/ps.2015
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) 2019. Centro Hidrometeorológico Yucatán. Consultado en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/centro-hidrometeorologico-yucatan-merida> (17-07-2019).
- Cuellar, M. E., Morales, F. J. 2006. La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vector de virus en fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Colombiana de Entomología*. 32: 1-9.
- De Barro, P. J., Liu, S. S., Boykin, L. M., Dinsdale, A. B. 2011. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. *Annual Review of Entomology*. 56: 1-19. DOI 10.1146/annurev-ento112408-085504.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Gonzalez, L. A., Tablada, E. M., Díaz, M. del P., Robledo, C. W. 2007. Estadística para las Ciencias Agropecuarias. Córdoba, Argentina.
- García-Hernández, J. L., Troyo-Diéguez, E., Murillo-Amador, B., Flores-Hernández, A., González-Michel, A. 2001. Efecto de algunos insecticidas y un promotor de crecimiento sobre variables fisiológicas y el rendimiento de tomate *Lycopersicon esculentum* L. cv. Río Grande. *Agrochimica*. 45: 189-198
- González-Maldonado M. B., García-Gutiérrez C. 2012. Uso de biorracionales para el control de plagas de hortalizas en el Norte de Sinaloa. *Ra Ximhai*. 8: 31-45.
- Han, W., Tian, Y., Shen, X. 2017. Human exposure to neonicotinoid insecticides and the evaluation of their potential toxicity: an overview, *Chemosphere*. 192: 59-65. DOI 10.1016/j.chemosphere.2017.10.149
- Horowitz, A. R., Ellsworth, P. C., Ishaaya, I. 2009. Biorational Pest Control – An Overview. En: Ishaaya, I., Horowitz, A. R. (eds.). *Biorational Control of Arthropod Pests. Application and Resistance Management*. Springer. DOI 10.1007/978-90-481-2316-2\_1
- Kashyap, L., Sharma, D. C., Jackar, A. 2016. Efficacy of insecticides and bio-pesticides for control of greenhouse whitefly on tomatoes in greenhouses in India. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*. 32: 40-49 DOI 10.3954/1523-5475-32.1.40
- López-Martínez, J. D., Vázquez-Díaz, D. A., Esparza-Rivera, J. R., García-Hernández, J. L., Castruita-Segura, M. A., Preciado-Rangel, P. 2016. Yield and nutraceutical quality of tomato fruit produced with nutrient solutions prepared using organic materials. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 39: 409 – 414
- Martínez-Tomás, S. H., Rodríguez-Hernández, C., Pérez-Pacheco, R., Granados-Echegoyen, C., Ortiz-Hernandez, Y. D., Floreán-Méndez, F. 2015. Evaluación de tres extractos vegetales en la población de mosca blanca en el cultivo orgánico de jitomate en invernadero. *Entomología Mexicana*. 2: 371-375
- McKenzie, C. L., Albano, J. P. 2009. The effect of time of sweetpotato whitefly infestation on plant nutrition and development of tomato irregular ripening disorder. *HortTechnology*. 19: 353-359.
- Naveen, N. C., Chaubey, R., Kumar, D., Rebijith, K. B., Rajagopal, R., Subrahmanyam, B., Subramanian, S. 2017. Insecticide resistance status in the whitefly, *Bemisia tabaci* genetic groups Asia-I, Asia-II-1 and Asia-II-7 on the Indian subcontinent. *Scientific Reports*. 7: 40634. DOI: 10.1038/srep40634
- Nicolopoulou-Stamati, P., Maipas, S., Kotampasi, C., Stamatis, P., Hens, L. 2016. Chemical Pesticides and Human Health: The Urgent Need for a New Concept in Agriculture. *Frontiers in Public Health* 4:148. DOI 10.3389/fpubh.2016.00148

- Palumbo, J. C., Toscano, N. C., Blua, M. J., Yoshida, H. A. 2000. Impact of *Bemisia* whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) on alfalfa growth, forage yield, and quality. *Journal of Economic Entomology* 93: 1688-1694. DOI 10.1603/0022-0493-93.6.1688
- Perring, T. M., Stanly, P. A., Liu, T. X., Smith, H. A., Andreason, S. A. 2017. Whiteflies: biology, ecology, and management. En: *Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato*. Wakil, W., Brust, G. E., Perring, T. (Eds.). Academic Press. DOI 10.1016/B978-0-12-802441-6.00004-8
- Reddy, G. V., Miller, R. H. 2014. Biorational versus conventional insecticides—Comparative field study for managing red spider mite and fruit borer on tomato. *Crop Protection*. 64: 88-92 DOI 10.1016/j.cropro.2014.06.011
- Rodríguez, A. G. P., López, M. I. R., Casillas, Á. D., León, J. A. A., Banik, S. D. 2018. Impact of pesticides in karst groundwater. Review of recent trends in Yucatan, Mexico. *Groundwater for Sustainable Development*. 7: 20–29. DOI 10.1016/j.gsd.2018.02.003
- Ruiz-Sánchez, E., García-Ramírez, A., Reyes-Ramírez, A., Gamboa-Angulo, M., Tun-Suárez, J. M., Cristóbal-Alejo, J. 2019. Biological activity of *Bacillus thuringiensis* culture supernatant on *Bemisia tabaci* and its parasitoid *Eretmocerus eremicus*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 22: 213-218
- Santos, T. T. M., Quintela, E. D., Mascarin, G. M., Santana, M. V. 2018. Enhanced mortality of *Bemisia tabaci* nymphs by *Isaria javanica* combined with sublethal doses of chemical insecticides. *Journal of Applied Entomology*. 142: 598-609. DOI 10.1111/jen.12504
- Soliman, M. M. M., Tarasco, E. 2008. Toxic effects of four biopesticides (Mycotal, Vertalec, Vertemic and neem Azal-t/S) on *Bemisia tabaci* (Gennadius) and *Aphis gossypii* (Glover) on cucumber and tomato plants in greenhouses in Egypt. *Entomologica* 41: 195–217. DOI 10.15162/0425-1016/798
- Van Iersel, M. W., Oetting, R. D. Hall, D. B. 2000. Imidacloprid applications by subirrigation for control of silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on poinsettia. *Journal Economy Entomology*. 93: 813-819. DOI 10.1603/0022-0493-93.3.813
- Yang, X.-B., Zhang, Y.-M., Hua, L., Peng, L.-N., Munyaneza, J.E., Trumble, J.T., Liu, T.-X. 2010. Repellency of selected biorational insecticides to potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae). *Crop Protection*. 29: 1320-1324. DOI 10.1016/j.cropro.2010.06.013
- Yao F., Zheng Y., Huang X., Ding X., Zhao J., Desneux N., He Y., Weng Q. 2017. Dynamics of *Bemisia tabaci* biotypes and insecticide resistance in Fujian province in China during 2005-2014. *Scientific Reports*. 7: 40803. DOI: 10.1038/srep40803
- Yu-Feng, S., Xiao, L., Feng-Shan, R. 2011. Variability of Pesticide Residues in Vegetables from the Marketplaces in Jinan City. *Agricultural Sciences in China*. 10: 1646-1652. DOI 10.1016/S1671-2927(11)60163-6