

USO DE INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DE *Trialeurodes vaporariorum* Y EL RENDIMIENTO DEL TOMATE EN CONDICIONES DE INVERNADERO

Mario J. Chuquiñana-Caiza¹, Dorys T. Chirinos², Eliana Granja¹
y José G. Ugsha-Sabando¹

RESUMEN

El tomate es una hortaliza importante y cuando se cultiva en invernadero su rendimiento puede ser muy afectado por la mosca blanca, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). Para su control se realizan frecuentes aspersiones de plaguicidas órgano-sintéticos cuyos efectos adversos incluyen el desarrollo de resistencia y desequilibrios ecológicos. Es necesario evaluar algunas alternativas que de resultar efectivas podrían incluirse en un manejo de plagas. Durante julio-octubre 2023 se realizó un ensayo en un invernadero de 1000 m² dispuesto en tres bloques al azar para evaluar el efecto de tres dosis de los insecticidas a base de azadirachtina (600, 800 y 1000 mL·ha⁻¹), del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (50, 100 y 150 g·ha⁻¹) y de thiametoxam (300, 350 y 400 g·ha⁻¹). Se incluyó una parcela no tratada por tipo de insecticida como control para un total de 12 tratamientos que fueron analizadas mediante un diseño factorial de 3x3 + 1 (factor A: insecticidas x Factor B: dosis + testigo) en un arreglo en bloques al azar. Se contó el número de ninfas y el número de adultos de la plaga, se calculó la eficacia de control y se estimó el rendimiento del cultivo. Los resultados mostraron que azadirachtina aplicada a 1000 mL·ha⁻¹ y *B. bassiana* asperjada a 150 g·ha⁻¹ exhibieron el menor número de ninfas y adultos (3 individuos por folíolo) de *T. vaporariorum*, la mayor eficacia de control (>95 %) combinados con altos rendimientos (48,2-46,5 t·ha⁻¹). Aspersiones de azadirachtina y de *B. bassiana* podrían disminuir las poblaciones de *T. vaporariorum* y el impacto del uso inapropiado de los plaguicidas órgano-sintéticos.

Palabras claves: Bioplaguicidas, eficacia, moscas blancas, neonicotinoides

ABSTRACT

Treatments with insecticides on control of *Trialeurodes vaporariorum* and tomato yield under greenhouse conditions

Tomato is an important vegetable and when grown in greenhouses its yield can be affected by the whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). For its control, organo-synthetic pesticides are frequently sprayed, the adverse effects of which include the development of resistance and ecological imbalances. It is necessary to evaluate some alternatives that, if effective, could be included in pest management. During July - October 2023, a trial was conducted in a 1000 m² greenhouse arranged in three randomized blocks to evaluate the effect of three doses of azadirachtin-based insecticides (600, 800, and 1000 mL·ha⁻¹), of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (50, 100, and 150 g·ha⁻¹) and of thiamethoxam (300, 350, and 400 g·ha⁻¹). One untreated plot per insecticide type was included as a control for 12 treatments, which were analyzed using a 3x3 + 1 factorial design (factor A: insecticides x Factor B: dose + control) in a randomized block arrangement. The number of nymphs and the number of adults of the pest was counted, the control efficacy was calculated and the crop yield was estimated. Results showed that azadirachtin applied at 1000 mL·ha⁻¹ and *B. bassiana* sprayed at 150 g·ha⁻¹ exhibited the lowest number of nymphs and adults (3 individuals per leaflet) of *T. vaporariorum*, the highest control efficacy (>95 %) combined with high yields (44.2-46.5 t·ha⁻¹). Sprays of azadirachtin and *B. bassiana* could reduce *T. vaporariorum* populations and the impact of inappropriate use of organo-synthetic pesticides.

Keywords: Biopesticides, efficacy, neonicotinoids, whiteflies

Editora asociada: Dra. Marie González

INTRODUCCIÓN

El tomate, *Solanum lycopersicum* L. es considerado el segundo cultivo hortícola más

importante después de la papa, *Solanum tuberosum* L. (Liu et al., 2022). Originario de Suramérica se considera a Perú como su centro específico de origen de donde se extendió a

Recibido: Enero 28, 2024

Aceptado: Junio 5, 2024

¹ Universidad Técnica de Cotopaxi, Dirección de Posgrado. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.

e-mail: mario.chuquiñana8747@utc.edu.ec; eliana.granja@utc.edu.ec; jose.ugsha4298@utc.edu.ec

² Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Manabí, Ecuador.

e-mail: dorys.chirinos@utm.edu.ec (autor de correspondencia)

Mesoamérica y actualmente está distribuido en todo el mundo debido a que se adapta a una gran diversidad de condiciones climáticas (Ramírez et al., 2021). Para el año 2022, en Ecuador se produjeron 52.229 t de tomates provenientes de 1.809 ha sembradas (Ministerio de Agricultura y Ganadería-MAG, 2023).

En Ecuador, el tomate es atacado por plagas insectiles entre las que resaltan, la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) y la mosca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) (Chirinos et al., 2020). Ambas especies causan daños directos al succionar los fotoasimilados e indirectos como desordenes fisiológicos, presencia de fumagina y la transmisión de enfermedades virales (Watasabe et al., 2018; Maluta et al., 2020).

Los excrementos azucarados de las moscas blancas favorecen el desarrollo de ciertos hongos saprofitos cuyo micelio es negro, formando fumagina u hollín que disminuye el área fotosintética y desmejora la calidad del fruto (Albornoz et al., 2023; Soares et al., 2020). No obstante, la transmisión de virus es considerado el mayor daño causado por moscas blancas que vectorizan varias especies de virus principalmente pertenecientes a los géneros *Begomovirus*, *Carlavirus*, *Crinivirus*, *Ipomovirus* y *Torradovirus* (Navas et al., 2011; Lorenzo et al., 2016).

Trialeurodes vaporariorum se desarrolla mejor en invernaderos comparado con campo abierto, donde las condiciones parecen favorecer el ciclo biológico que transcurre más rápido, pudiendo completar hasta 15 generaciones en un año (Watasabe et al., 2018; Albornoz et al., 2023). Esta especie puede atacar cultivos hortícolas y plantas ornamentales incluidas en 250 géneros en 85 familias botánicas (Gamarra et al., 2014).

Una de las principales estrategias para el control de moscas blancas consiste en las aplicaciones de insecticidas órgano-sintéticos (García et al., 2014). No obstante, *T. vaporariorum* es capaz de desarrollar mecanismos de resistencia a una amplia gama de modos de acción de insecticidas, incluyendo insecticidas reguladores del crecimiento (Longhurst et al., 2013; Kapantaidaki et al., 2018). Por otro lado, el uso inadecuado de insecticidas puede generar

desequilibrios ecológicos debido a la supresión de los enemigos naturales (Oliveira et al., 2001; Zambrano et al., 2021). En Ecuador en zonas productoras de tomate de la costa y de zona andina se realizan excesivas aplicaciones de insecticidas para el control de plagas (Reinoso, 2015; Chirinos et al., 2020; Castillo y Castillo, 2021).

Es necesario probar alternativas que tiendan a reducir los efectos adversos de las aplicaciones frecuentes de insecticidas órgano-sintéticos para el control de *T. vaporariorum*. Entre éstas pueden incluirse insecticidas de origen botánico, así como insecticidas microbianos (Prijović et al., 2011; Barra et al., 2020). Basado en este objetivo, esta investigación tuvo como fin, probar el efecto de algunos tratamientos con insecticidas sobre el control de *T. vaporariorum* y sobre el rendimiento del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo durante el período julio-octubre de 2023, en la zona de San Andrés de Pilaló, ubicada a 2690 m de altitud en el cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi. La zona de vida del estudio corresponde a un bosque húmedo montano (Holdridge, 1964).

El ensayo se condujo dentro de un invernadero de 1000 m² que mantenía una temperatura de 20 ± 5°C y una humedad relativa que fluctuaba entre 60 ± 5 %. El lote se sembró con la variedad Pietro de tomate que fue plantado a 0,25 m entre plantas y 1,10 m entre hileras, lo que resultaría en una densidad de 36.000 plantas·ha⁻¹. Se dispuso en bloques completamente al azar con tres repeticiones y 12 tratamientos. Se incluyeron tres insecticidas comerciales, uno de origen botánico a base de azadirachtina, otro microbiano a base del hongo entomopatógeno, *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (Cordycipitaceae) y un tercer insecticida órgano-sintético a base thiamethoxam del grupo de los neonicotinoides. Los insecticidas fueron probados a tres dosis (bajas, medias y altas) basadas en la recomendación de sus fichas técnicas. Para cada insecticida fue incluido un testigo absoluto por repetición. Así, se evaluaron los 12 tratamientos que se listan en la Cuadro 1.

Cuadro 1. Insecticidas y dosis evaluadas en el ensayo

No.	Nombre comercial	Factor A Insecticida (i.a)	Factor B Dosis (ha ⁻¹)
1	Bio-Neem	Azadirachtina	Baja (600 mL)
2	i.a. 4 g·L ⁻¹	Azadirachtina	Media (800 mL)
3		Azadirachtina	Alta (1000 mL)
4		<i>Beauveria bassiana</i>	Baja (50 g)
5	i.a. 5 x 10 ¹⁰ conidias·g ⁻¹	<i>Beauveria bassiana</i>	Media (100 g)
6		<i>Beauveria bassiana</i>	Alta (150 g)
7		Thiamethoxam	Baja (300 g)
8	i.a. 250 g·L ⁻¹)	Thiamethoxam	Media (350 g)
9		Thiamethoxam	Alta (400 g)
10		Testigo Azadirachtina	
11	Testigo <i>B. bassiana</i>		
12	Testigo Thiamethoxam		

Al lote se le suministraron todas las labores agronómicas necesarias para el normal desarrollo del cultivo. La fertilización se realizó diariamente mediante fertirriego cuyas proporciones de fertilizantes variaron para cubrir los requerimientos de nutrientes de la planta según su desarrollo fenológico dividido en tres etapas: crecimiento vegetativo, floración y fructificación. Diariamente fueron aplicados mediante el riego los fertilizantes, hasta completar las dosis requeridas por hectárea. En el ciclo completo fueron aplicados (dosis por hectárea) 250 kg de (NH₄)₂SO₄, 176 kg de NH₄NO₃, 380 kg de KNO₃, 137 kg de NH₄H₂PO₄, 250 kg de Ca(NO₃)₂ y 312 kg de Mg(NO₃)₂. El control de malezas fue realizado manualmente una vez por semana. El cultivo fue regado mediante un sistema de goteo con descarga de 3 L·h⁻¹, dos veces al día durante 20 minutos cada riego.

En los tres bloques hubo un total de 36 parcelas experimentales de cuatro hileras de plantas y cuatro metros de largo cada una. Para asegurar existencia de poblaciones de *T. vaporariorum* semanalmente se revisaban hojas de tomate con una lupa de 30X de aumento, las cuales se hicieron notorias desde la segunda semana posterior al trasplante. A partir de entonces se iniciaron los tratamientos, los cuales fueron asperjados semanalmente hasta la décima semana post trasplante totalizando ocho aspersiones. Para evaluar el efecto de los tratamientos en cinco plantas seleccionadas al azar de las hileras centrales de las parcelas

experimentales se tomaron tres folíolos (parte alta, media e inferior de la planta). Allí se contaron durante ocho semanas (un conteo semanal) el número de ninfas y el número de adultos de *T. vaporariorum* por folíolo utilizando la lupa. El conteo inicial se realizó previo a la primera aspersión de los insecticidas para obtener las poblaciones antes de los tratamientos.

Basados en la fórmula de Henderson y Tilton (1955) para poblaciones iniciales diferentes, se determinó, la eficacia de los insecticidas (en porcentaje):

$$\% \text{ Eficacia} = [1 - (Nca \times Ntd) / (Ncd \times Nta)] \times 100$$

N = el número de ninfas o adultos.

t = parcelas tratadas.

c = parcelas control (testigos).

d = después del tratamiento.

a = antes del tratamiento.

La cosecha del tomate fue ejecutada semanalmente durante un período de tres meses, como es lo usual en la zona. En este estudio la cosecha se realizó semanalmente durante un mes con un total de cuatro cosechas comenzando 85 días después de trasplante. En las hileras centrales de cada parcela experimental se seleccionaron cinco plantas al azar y se colectaron todos los frutos y se pesaron para obtener el rendimiento. Los rendimientos por planta de las cuatro cosechas se sumaron para obtener el rendimiento de un mes, y ese rendimiento fue multiplicado por tres para calcular el rendimiento por planta durante los tres meses de cosecha. Seguidamente, se multiplicó el rendimiento (kg por planta) por la densidad de

siembra (36.000 plantas·ha⁻¹) para obtener el rendimiento estimado en kg·ha⁻¹, y posteriormente en toneladas por hectárea para cada tratamiento.

Los datos se analizaron mediante un diseño factorial 3x3 + 1 en un arreglo de bloques al azar con tres repeticiones, considerando como factores, los insecticidas (Factor A) y las dosis (Factor B), más el testigo. Fueron analizadas las variables; número de ninfas, número de adultos por folíolo y el rendimiento estimado, así como la eficacia del control de ninfas y adultos. Previo al análisis, las variables de número (ninfas y adultos) fueron transformadas utilizando la función logaritmo [$\log(x) + 1$] y la eficacia con la función raíz cuadrada [$\sqrt{x} + 1$] con el fin de ajustarlas a la distribución normal. Las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Se realizó un análisis de correlación de Spearman entre el rendimiento

estimado por hectárea y el número de ninfas y el número de adultos, y posteriormente se ejecutó un análisis de regresión logarítmica ($P \leq 0,05$) para valorar la incidencia de las densidades poblacionales de *T. vaporariorum* sobre el rendimiento del tomate. Los análisis fueron realizados utilizando el programa Infostat versión 2020 (Universidad de Córdoba, Argentina).

RESULTADOS

Número de ninfas y adultos de *Trialeurodes vaporariorum*. El número de ninfas y de adultos de *T. vaporariorum* por folíolo difirió significativamente entre los insecticidas, las dosis y la interacción insecticida por dosis según muestra el análisis de la varianza (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de F y P del análisis de la varianza del efecto de los insecticidas y dosis sobre el número de ninfas y adultos por folíolo de *Trialeurodes vaporariorum*

Fuente de Variación	Ninfas		Adultos	
	F	P	F	P
Modelo	18,53	0,0001*	69,32	0,0001*
Insecticida (I)	27,29	0,0001*	170,91	0,0001*
Dosis (D)	50,31	0,0001*	121,43	0,0001*
I x D	7,03	0,0018*	26,76	0,0001*
Bloque	0,99	0,3938 ns	0,65	0,5337 ns

*: significativo; ns: no significativo

Cuadro 3. Número promedio de ninfas y adultos por folíolo de *Trialeurodes vaporariorum* según los insecticidas y dosis evaluadas

Factores	Ninfas	Adultos
Insecticidas		
Azadirachtina	3,85 c	3,34 c
<i>Beauveria bassiana</i>	4,85 b	5,52 b
Thiamethoxam	5,52 a	7,38 a
Dosis		
Baja	6,05 a	7,43 a
Media	4,49 b	4,84 b
Alta	3,68 c	3,96 c
Media	9,12	11,49
CV	5,57	4,69
R ²	0,92	0,98

Medias con distinta letra por columna y factor difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

De los insecticidas evaluados, azadirachtina exhibió el menor número de ninfas y adultos de *T. vaporariorum* ($P \leq 0,05$; Cuadro 3). Asimismo, las

dosis más altas utilizadas redujeron significativamente los individuos (ninfas y adultos) de *T. vaporariorum* ($P \leq 0,05$; Cuadro 3).

Al analizar la interacción insecticida por dosis se observa que el menor número de ninfas ($P \leq 0,05$) fue detectado en las parcelas tratadas con la dosis alta de azadirachtina ($1000 \text{ mL} \cdot \text{ha}^{-1}$) sin diferencias con las asperjadas con la dosis alta de *B. bassiana* ($150 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$) y con la dosis media de azadirachtina ($800 \text{ mL} \cdot \text{ha}^{-1}$) (Figura 1). En esos tratamientos, las ninfas oscilaron en 3 a 4 individuos por folíolo. Por su parte *B. bassiana*

asperjado a la dosis baja ($50 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$) no logró reducir el número de ninfas del aleirodido. El número promedio de adultos siguió una similar tendencia al número de ninfas. Las parcelas asperjadas con la dosis alta de azadirachtina mostraron densidades de ninfas significativamente inferiores seguido de las detectadas en la dosis alta de *B. bassiana*. En estos tratamientos los adultos variaron entre 2 a 3 individuos por folíolo (Figura 1).

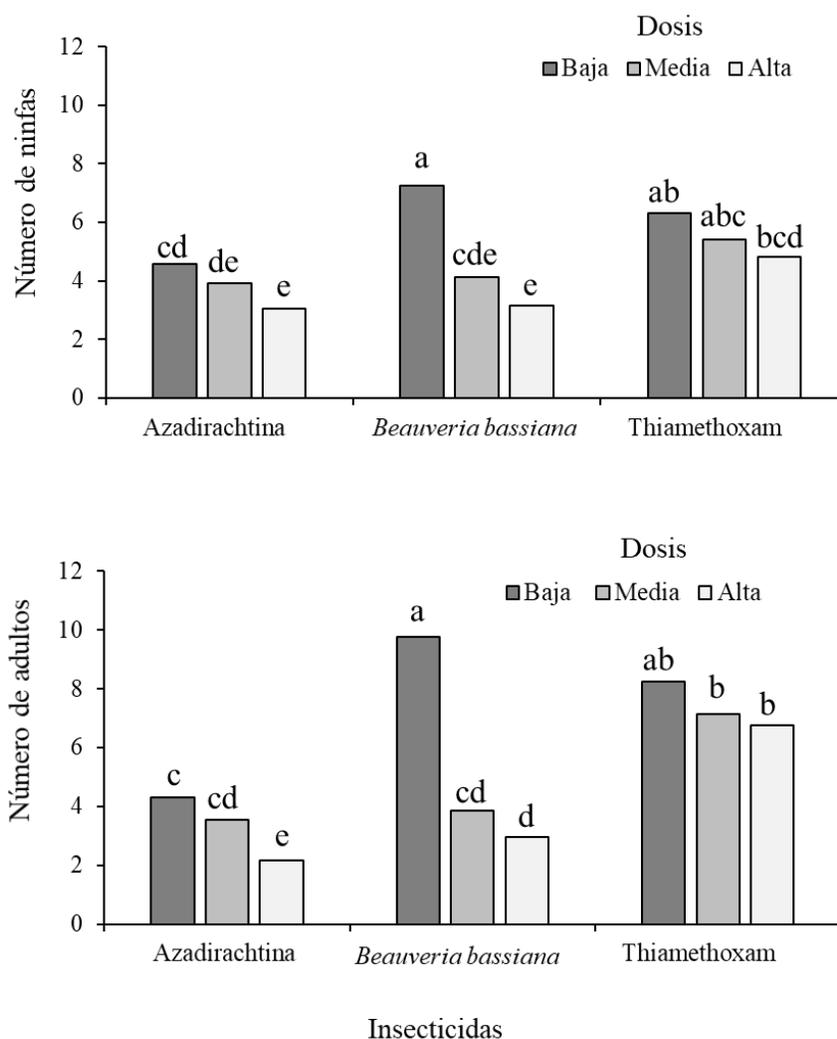


Figura 1. Promedio del número de ninfas y adultos por folíolo de *Trialeurodes vaporariorum* observados para la interacción insecticidas x dosis. Medias con distinta letra por columna difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Eficacia de los tratamientos. La eficacia en el control de ninfas solo mostró diferencias para el factor dosis (Cuadro 4) en el que la dosis alta

difirió de las dosis baja y media (Cuadro 5). No obstante, la eficacia en el control de adultos fue significativamente diferente para los factores

insecticidas y dosis y su interacción (Cuadro 4). Azadirachtina y la dosis más alta mostraron la mayor eficacia en el control de ninfas (Cuadro 5). En cuanto a la interacción insecticida por dosis ($P \leq 0,05$), la mayor eficacia en el control de

adultos la mostraron azadirachtina (98,23 %) y *B. bassiana* (97,90 %) aplicados a la dosis alta y *B. bassiana* (97,30 %) asperjado a la dosis media, mientras que *B. bassiana* (76,87 %) asperjada a dosis baja exhibió la menor eficacia (Cuadro 6)

Cuadro 4. Valores de F y P del análisis de la varianza del efecto de insecticidas y dosis sobre la eficacia en el control de ninfas y adultos de *Trialeurodes vaporariorum*

Fuente de Variación	Eficacia en Ninfas		Eficacia en Adultos	
	F	P	F	P
Modelo	3,03	0,0223 *	23,36	0,0001 *
Insecticida (I)	2,84	0,0880 ns	23,22	0,0001 *
Dosis (D)	5,65	0,0139 *	16,94	0,0001 *
I x D	2,62	0,0739 ns	38,01	0,0001 *
Bloque	1,40	0,2742	0,61	0,5545

*: significativo; ns: no significativo

Cuadro 5. Eficacia en el control de ninfas y adultos de *Trialeurodes vaporariorum* según los insecticidas y dosis evaluadas

Factores	% Eficacia ninfas	% Eficacia adultos
Insecticidas		
Azadirachtina	95,43 ns	95,36 a
<i>Beauveria bassiana</i>	92,76	90,86 b
Thiamethoxam	91,31	88,44 b
Dosis		
Baja	89,97 b	85,88 b
Media	93,76 ab	94,04 a
Alta	95,78 a	94,73 a
Media	93,17	91,55
CV	4,00	2,44
R ²	0,65	0,94

Medias con distinta letra por columna difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

Cuadro 6. Eficacia en el control de ninfas y adultos de *Trialeurodes vaporariorum* para la interacción insecticida x dosis

Tratamiento (ha ⁻¹)	% Eficacia ninfas (ns)	% Eficacia adultos
Azadirachtina 600 mL	94,87	92,77 abc
Azadirachtina 800 mL	95,00	95,57 ab
Azadirachtina 1000 mL	96,43	98,23 a
<i>Beauveria bassiana</i> 50 g	85,13	76,87 d
<i>Beauveria bassiana</i> 100 g	96,37	97,30 a
<i>Beauveria bassiana</i> 150 g	96,77	97,90 a
Thiamethoxam 300 g	89,90	87,90 c
Thiamethoxam 350 g	89,90	88,00 c
Thiamethoxam 400 g	94,13	89,43 bc

Medias con distinta letra por columna difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

ns: no significativo

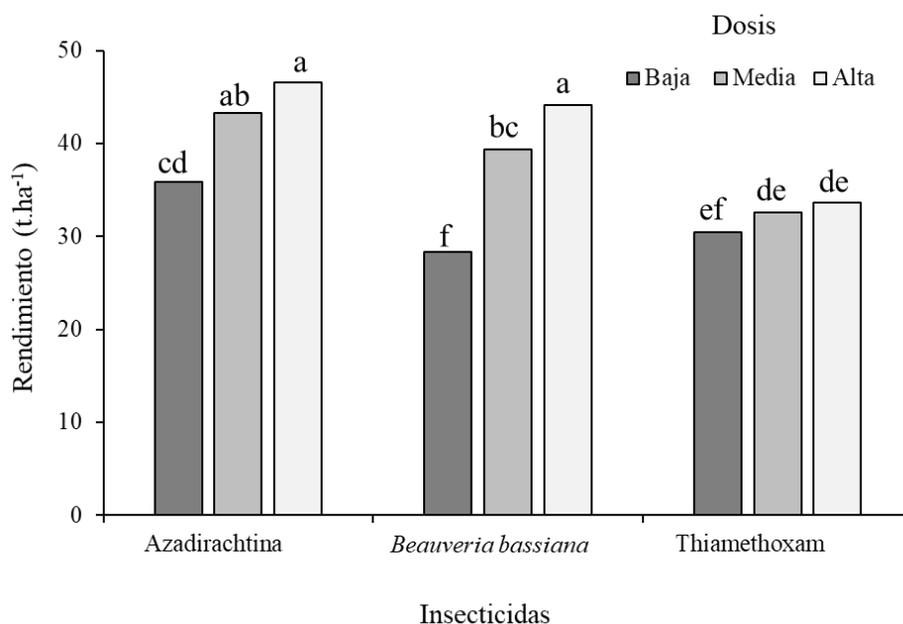
Cuadro 7. Valores de F y P del análisis de la varianza para el rendimiento del tomate

Fuente de variación	F	P
Modelo	53,45	0,0001*
Insecticida (I)	111,08	0,0001*
Dosis (D)	117,37	0,0001*
I x D	18,97	0,0001*
Bloque	0,86	0,4408

*: significativo

Cuadro 8. Rendimiento estimado del tomate según los insecticidas y dosis evaluadas

Factores	Rendimiento (t·ha ⁻¹)
Insecticidas	
Azadirachtina	41,88 a
<i>Beauveria bassiana</i>	37,31 b
Thiamethoxam	33,22 c
Dosis	
Baja	31,56 c
Media	38,74 b
Alta	41,11 a
Media	33,72
CV (%)	4,08
R ²	0,97

Medias con distinta letra por factor difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)**Figura 2.** Rendimiento estimado del tomate para la interacción insecticida x dosis. Medias con distinta letra difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

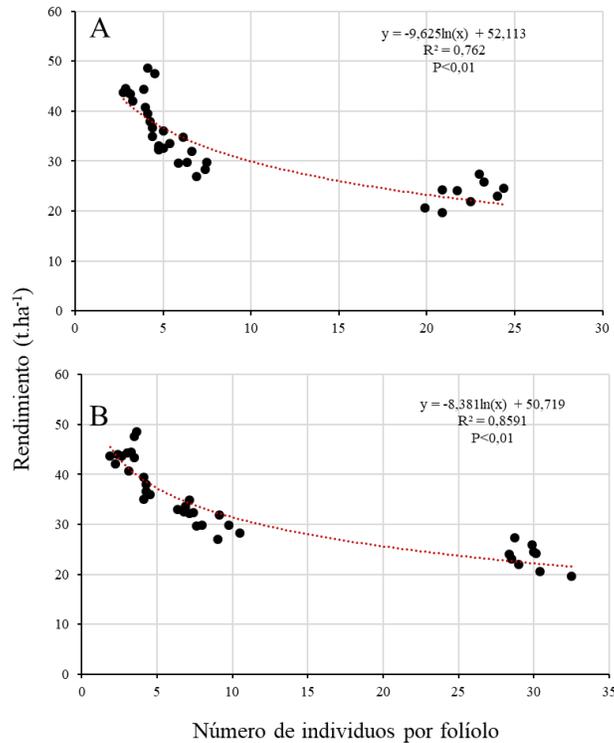


Figura 3. Ecuaciones de regresión logarítmicas calculadas con A: ninfas y B: adultos (eje X) de *Trialeurodes vaporariorum* y el rendimiento estimado (eje Y) en el cultivo de tomate

Rendimiento. Los rendimientos estimados mostraron diferencias asociadas a los insecticidas, dosis y a su interacción (Cuadro 7). En las parcelas tratadas con azadirachtina y cuando se utilizó la dosis más alta se obtuvieron rendimientos significativamente superiores (Cuadro 8). Por su parte, azadirachtina y *B. bassiana* asperjados a las dosis altas mostraron los mayores rendimientos, mientras que los rendimientos significativamente inferiores fueron encontrados en las dosis bajas de *B. bassiana* y thiamethoxam (Figura 2).

Los rendimientos estimados oscilaron entre 28,4 y 46,5 t·ha⁻¹ (Figura 2). Los mayores rendimientos se observaron en las parcelas tratadas con la dosis alta de azadirachtina sin diferencias con las asperjadas con la dosis alta y media de *B. bassiana* y azadirachtina, respectivamente.

Densidades poblacionales de *Trialeurodes vaporariorum* y el rendimiento. Los rendimientos estimados resultaron negativamente correlacionados tanto con el número de ninfas ($r = -0,92$, $P \leq 0,0001$) como con el número de adultos ($r = -0,95$, $P \leq 0,0001$), lo que sugiere que

densidad poblacional de esta plaga tuvo efectos adversos sobre la producción de tomate. Esto además es corroborado por las ecuaciones de regresión calculadas (Figura 3).

Con altos coeficientes de determinación para ninfas y adultos, el rendimiento del tomate disminuyó con el incremento de las densidades poblacionales de la plaga. Esta reducción fue más severa cuando se observaron 20 ninfas o 30 adultos por folíolo en el que el rendimiento decreció en aproximadamente 50 % comparado los rendimientos más altos observados en el estudio.

De las dos fases de desarrollo, la fase adulta (eje X, Figura 3B) explica mejor la variación del rendimiento (Y) pues se obtuvo una determinación de más de 85 %, mientras que las densidades de las ninfas explican un 76 % de la variación del rendimiento con la ecuación calculada. La ecuación obtenida para adultos [$Y = -8,381 \cdot \ln(x) + 50,719$], estimó el rendimiento en 31,2 t con 10 individuos por folíolo, lo que implicaría una reducción de aproximadamente el 30 % del rendimiento más alto obtenido en esta investigación.

DISCUSIÓN

En cuanto a ninfas y adultos de *T. vaporariorum*, estos resultados mostraron las menores densidades en las dosis altas de los tratamientos con azadirachtina y *B. bassiana*, aunado a una eficacia en el control que superó el 95 % (amplitud: 95-98 %). La acción de azadirachtina y *B. bassiana*, sobre *T. vaporariorum* ha sido estudiada en condiciones de laboratorio, invernadero y campo con resultados similares y contrastantes a los obtenidos en esta investigación.

Un estudio que probó dos concentraciones de azadirachtina y dos de *B. bassiana* determinó que azadirachtina en dosis de 1 % alcanzó una eficacia de 92,2 y 87 %, mientras que *B. bassiana* a dosis de 0,2 % tuvo una eficacia de 94,6 y 87,1 %, en el control de ninfas y adultos de *T. vaporariorum*, respectivamente. Estos resultados, aunque ligeramente inferiores a los obtenidos en esta investigación concuerdan con la eficacia en control que estos plaguicidas ejercen sobre esta plaga (Prijović et al., 2011).

Una investigación evaluó varios insecticidas, entre estos azadirachtina, detectando una eficacia de 69,4 y 74,1 % en el control de ninfas y adultos, respectivamente (Kashyap et al., 2016), lo que es inferior a lo observado en esta investigación. Malekan et al. (2016) detectaron una alta susceptibilidad de *T. vaporariorum* a aplicaciones de *B. bassiana*, insecticida que redujo significativamente el número de ninfas con un efecto más acentuado sobre las ninfas de los últimos estadios. Kim et al. (2014) encontraron actividad insecticida de *B. bassiana* sobre *T. vaporariorum* con un control que varió entre 45 a 83 % lo que está por debajo de lo obtenido en esta investigación. No obstante, basados en la reducción poblacional detectada, estos investigadores sugieren que *B. bassiana* tiene potencial para el control de esta plaga y disminuir así el uso de plaguicidas químicos.

Un ensayo conducido en invernadero para el control de *T. vaporariorum* probó cepas de *B. bassiana* colectadas en campos de tomate (Gebramariam et al., 2022). Una de las cepas logró reducir el número de ninfas y adultos de 26,8 y 20,6, respectivamente a 8,8 y 11,2 individuos por hoja, lo que resultó similar a lo obtenido en esta investigación. Otro estudio

evaluó el efecto de plantas inoculadas con cepas de *B. bassiana* para el control de *T. vaporariorum* mostrando la disminución del número de ninfas con una de las cepas inoculadas. Dado que además se observó que la inoculación mejoró los parámetros de crecimiento de la planta se concluyó que la acción epífita y endófito de *B. bassiana* podría ser promisorio en el control de esta plaga (Barre et al., 2020).

Por otro lado, en este experimento, thiamethoxam, un insecticida sistémico recomendado para el control de insectos succionadores mostró una eficacia que varió entre 88 y 94 % dependiendo de las dosis evaluadas con rendimientos que oscilaron entre 30 y 33 t·ha⁻¹ lo que resultó inferior a lo observado con azadirachtina y *B. bassiana*. Esto contrasta con lo obtenido en un ensayo de campo que mostró una alta efectividad de thiamethoxam que superó la eficacia obtenida con azadirachtina en el control de las poblaciones de *T. vaporariorum* (Sachin et al., 2016). El control de *T. vaporariorum* en la zona de estudio está basado en frecuentes aspersiones de thiamethoxam y otros neonicotinoides. El uso indiscriminado de estos productos ha conllevado al desarrollo de mecanismos de resistencia por parte de la plaga, lo que ha implicado la pérdida de efectividad de estos insecticidas. Algunos estudios han demostrado la resistencia de *T. vaporariorum* a neonicotinoides como el thiametoxam y el imidacloprid en varias regiones del mundo (Karatolos et al., 2010; Longhurst et al., 2013; Kapantaidaki et al., 2018; Erogan et al., 2021).

Aunque los tratamientos probados mostraron una eficacia de al menos 80 %, el rendimiento estimado es una variable que puede complementar la información acerca de la efectividad de un tratamiento con insecticida. Así, en algunos de los tratamientos que mostraron eficacias de control entre 76 y a 89 % (tanto en ninfas como adultos), los rendimientos estimados estuvieron por debajo de 35 t·ha⁻¹. Quedó demostrada en esta investigación la asociación negativa entre el incremento de las densidades poblacionales (número de ninfas y adultos) de *T. vaporariorum* y el rendimiento. Con base a la ecuación de regresión de adultos se estimó que con 10 individuos por folíolo, el rendimiento del cultivo disminuyó en aproximadamente 30 % con relación al rendimiento más alto encontrado.

El rendimiento del tomate en las provincias andinas productoras de tomate en Ecuador para el año 2022 alcanzó un promedio de 33,8 t·ha⁻¹ y el nacional de 28,87 t·ha⁻¹ (MAG, 2022). Los rendimientos aquí obtenidos en las parcelas en las que hubo mayor control fue superior al reportado para el país e inferior al estimado en las parcelas donde hubo menos eficacia, así como en las parcelas testigos.

De los insecticidas probados, azadirachtina (dosis de 1000 mL·ha⁻¹) y *B. bassiana* (dosis de 150 g·ha⁻¹) mostraron los mejores resultados, debido al bajo número de ninfas y adultos (3 individuos por folíolo), la mayor eficacia (>95 %) en el control de ninfas y adultos de *T. vaporariorum* combinado con altos rendimientos de cultivo del tomate (44,2-46,5 t·ha⁻¹). Estos hallazgos hacen promisoría la inclusión de estos plaguicidas de origen botánico y microbiano, en programas de manejo de *T. vaporariorum* que contribuyan al menos en parte a la disminución de la utilización de insecticidas de alto impacto ambiental.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación sugieren la posibilidad del uso de azadirachtina y de *B. bassiana* para el control de *T. vaporariorum* dentro de un programa de manejo sostenible de plagas, debido a la eficacia en el control de ninfas y adultos combinado con los mayores rendimientos estimados en esos tratamientos. Esto contribuiría con la disminución del impacto negativo del uso inapropiado de plaguicidas órgano-sintéticos.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Manabí por el cofinanciamiento a la presente investigación a través del proyecto No. PYTAUTO1639-2019-FIAG0002.

LITERATURA CITADA

1. Albornoz, M.V., M.F. Flores, E. Calderón, S.A. Bahamondes y J.A. Verdugo. 2023. Reproductive behavior of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) relative to different host plants in an intensive tomato crop region of Chile. *Horticulturae* 9(6): 697.
2. Barra-Bucarei, L., M.G. González, A.F. Iglesias, G.S. Aguayo, M.G. Peñalosa y P.V. Vera. 2020. *Beauveria bassiana* multifunction as an endophyte: Growth promotion and biologic control of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) in tomato. *Insects* 11(9): 591.
3. Castillo-Pérez, B. y V. Castillo-Bermeo. 2021. Uso de plaguicidas químicos en tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de invernadero y campo en Loja, Ecuador. *CEDAMAZ* 11(1): 22-41.
4. Chirinos, D. T., R. Castro, J. Cun, J. Castro, S. Peñarrieta Bravo, L. Solis y F. Geraud-Pouey. 2020. Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria* 21(1): 1-16.
5. Erdogan, C., A. S. Velioglu, M. O. Gurkan, I. Denholm y G. D. Moores. 2021. Detection of resistance to pyrethroid and neonicotinoid insecticides in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Crop Protection* 146: 105661.
6. FAOSTAT. 2023. Food and agriculture data. Datos Sobre Alimentación y Agricultura. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
7. Gamarra, H., P. Carhuapoma, J. Kreuze y J. Kroschel. 2014. Greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). Workshop Report Adaptation to Pest Risks under Future Climates in Africa. Kampala, Uganda. pp. 25-26.
8. García, V., A. Soto y T. Bacca. 2014. Efecto insecticida de productos alternativos en *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista Colombiana de Entomología* 40(2): 143-147.
9. Gebramariam, A., E. Mekuriaw y F. Assefa. 2022. Effects of myco-entomopathogens on bio-control of *Trialeurodes vaporariorum*, endophytic colonization of tomato, and

- compatibility with selected pesticides. Research Square (preprint). pp. 1-20. <https://n9.cl/91onp> (consulta de junio 3, 2024).
10. Henderson, C. F. y E. W. Tilton. 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 48(2): 157-161.
 11. Holdridge, L.R. 1964. Life Zone Ecology. Ed. Tropical Science Center. 124 p. <https://n9.cl/bk0ex>
 12. Kapantaidaki, D.E., E. Sadikoglou, D. Tsakireli, V. Kampanis, M. Stavrakaki, C. Schorn et al. 2018. Insecticide resistance in *Trialeurodes vaporariorum* populations and novel diagnostics for *kdr* mutations. *Pest Management Science* 74(1): 59-69.
 13. Karatolos, N., I. Denholm, M. Williamson, R. Nauen y K. Gorman. 2010. Incidence and characterisation of resistance to neonicotinoid insecticides and pymetrozine in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science* 66(12): 1304-1307.
 14. Kashyap, L. y D. C. Sharma. 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(1): 40-49.
 15. Kim, C.S., J.B. Lee, B.S. Kim, Y.H. Nam, K.S. Shin, J.W. Kim et al. 2014. A technique for the prevention of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) using the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* M130. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 24: 1-7.
 16. Liu, W., K. Liu, D. Chen, Z. Zhang, B. Li, M. M. El-Mogy et al. 2022. *Solanum lycopersicum*, a model plant for the studies in developmental biology, stress biology and food science. *Foods* 11: 2402.
 17. Longhurst, C., J. M. Babcock, I. Denholm, K. Gorman, J. D. Thomas y T. C. Sparks. 2013. Cross-resistance relationships of the sulfoximine insecticide sulfoxaflor with neonicotinoids and other insecticides in the whiteflies *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum*. *Pest Management Science* 69(7): 809-813.
 18. Lorenzo, M. E., G. Grille, C. Basso y O. Bonato. 2016. Host preferences and biotic potential of *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in tomato and pepper. *Arthropod-Plant Interactions* 10: 293-301.
 19. Malekan, N., B. Hatami, R. Ebadi, A. Akhavan y R. Radjabi. 2015. Evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Lecanicillium muscarium* on different nymphal stages of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* in greenhouse conditions. *Biharean Biologist* 9(2): 108-112.
 20. Maluta, N.K.P., J.R.S. Lopes, E. Fiallo-Olivé, J. Navas-Castillo y A.L. Lourenção. 2020. Foliar spraying of tomato plants with systemic insecticides: effects on feeding behavior, mortality and oviposition of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and inoculation efficiency of Tomato chlorosis virus. *Insects* 11(9): 559.
 21. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 2023. Boletín situacional, cultivo de tomate riñón. <https://n9.cl/c82wv>
 22. Navas-Castillo, J., E. Fiallo-Olivé, S. Sánchez-Campo. 2011. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. *Annual Review of Phytopathology* 49: 219-248.
 23. Oliveira, M.R.V., T.E. Henneberry y P. Anderson. 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection* 20(9): 709-723
 24. Prijović, M., Drobnjaković, T., Marčić, D., Perić, P., Petronijević, S., y Stamenković, S. 2011. Efficacy of insecticides of natural origin in whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) control in tomato. In: V Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes 960. pp. 359-364.
 25. Ramírez-Ojeda, G., E. Peralta, E. Rodríguez-Guzmán, J. Sahagún-Castellanos, J. Chávez-Servia, T. Medina-Hinojosa et al. 2021. Edaphoclimatic descriptors of wild tomato species (*Solanum* Sect. *Lycopersicon*) and closely related species (*Solanum* Sect. *Juglandifolia* and Sect. *Lycopersicoides*) in South America. *Frontiers in Genetics* 12: 748979.
 26. Reinoso, J. 2015. Diagnóstico del uso de

- plaguicidas en el cultivo de tomate riñón en el Cantón Paute. *Maskana* 6(2): 147-154.
27. Sachin, U.S., M.S. Kumari y S. Kumari. 2016. Bio-efficacy of selected insecticides against adult whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) under field condition of Chikkamagaluru taluk. *Journal of Experimental Zoology India* 19: 1069-1075.
28. Soares, M.A., G.A. Carvalho, M.R. Campos, L.C. Passos, M.M. Haro, A.V. Lavoit et al. 2020. Detrimental sublethal effects hamper the effective use of natural and chemical pesticides in combination with a key natural enemy of *Bemisia tabaci* on tomato. *Pest Management Science* 76(11): 3551-3559.
29. Watanabe, L.F.M., V.H. Bello, B.R. De Marchi, M.M.P. Sartori, M.A. Pavan y R. Krause-Sakate. 2018. Performance of *Bemisia tabaci* MEAM 1 and *Trialeurodes vaporariorum* on Tomato chlorosis virus (ToCV) infected plants. *Journal of Applied Entomology* 142(10): 1008-1015.
30. Zambrano, N.D., W. Arteaga, J. Velasquez y D.T. Chirinos. 2021. Side effects of lambda cyhalothrin and thiamethoxam on insect pests and atural enemies associated with cotton. *Sarhad Journal of Agriculture* 37(4): 1098-1106.