

Uso de extractos botánicos para el control de pulgón (*Myzus persicae*: Aphididae) y mosca blanca (*Bemisia tabaci*: Aleyrodidae) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*: Solanaceae), en Ecuador

Use of botanical extracts to control the aphid (*Myzus persicae*: Aphididae) and whitefly (*Bemisia tabaci*: Aleyrodidae) in pepper crop (*Capsicum annuum*: Solanaceae), in Ecuador

Mayra Carolina Vélez-Ruiz^{1‡} , Richard Jordan Meza-Vera¹ ,
Fernando Abasolo-Pacheco¹  y Pablo Israel Álvarez-Romero² 

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Vía Quevedo-El Empalme km 7, Campus “La María”. EC120501 Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

[‡] Autora para correspondencia (mvelez@uteq.edu.ec)

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales. Panamericana Sur km 1 ½. EC060155 Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

Editor de Sección: Dr. Fernando Abasolo Pacheco

RESUMEN

Los extractos botánicos son ampliamente usados para el control de plagas en la agricultura, sin embargo, muy poco se conoce sobre su efecto en el control del pulgón verde (*Myzus persicae*) y mosca blanca (*Bemisia tabaci*). *M. persicae* y *B. tabaci* son especies altamente perjudiciales para el cultivo de pimiento debido al hábito chupador que poseen y por ser vectores de enfermedades. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto insecticida de extractos de ruda (*Ruta graveolens*), cebolla (*Allium cepa*), flor de muerto (*Tagetes* sp.) y menta (*Mentha pulegium*) como alternativa ecológica para el control del pulgón verde y mosca blanca en el cultivo de pimiento. Plántulas de pimiento fueron trasplantadas en campo y distribuidas utilizando el diseño de bloques al azar con cinco tratamientos (T1: extracto de ruda; T2: extracto de cebolla; T3: extracto de flor de muerto; T4: extracto de menta; T5: testigo (Imidacloprid) y tres repeticiones. Los parámetros evaluados fueron: porcentaje de incidencia, densidad y fluctuación poblacional de *M. persicae* y *B. tabaci* en el cultivo de pimiento, así como, su efecto en las variables agronómicas y productivas. El uso de extractos botánicos de ruda, cebolla, flor de muerto y

menta redujeron la incidencia y densidad poblacional de *M. persicae* y *B. tabaci* en el cultivo de pimiento, sin embargo, la acción insecticida de ruda y flor de muerto fueron significativamente más evidentes para *B. tabaci* ($P < 0.05$). La fluctuación poblacional de *M. persicae* y *B. tabaci* fue alterada al utilizar extractos botánicos. La aplicación de extractos de ruda, cebolla, flor de muerto y menta no influyó en el peso y diámetro del fruto o en el rendimiento del cultivo ($P > 0.05$); por lo que su uso debe ser considerado en los programas de manejo y control agroecológico de estas plagas.

Palabras clave: control, hemípteros, *Ruta graveolens*, *Tagetes* sp.

SUMMARY

Botanical extracts are widely used for the control and management of pests in agriculture. However, very little is known about their effect on the control of green aphid (*Myzus persicae*) and whitefly (*Bemisia tabaci*). *M. persicae* and *B. tabaci* are species that are highly detrimental to the pepper crop due to their sucking habit and because they are disease vectors. This study aimed to evaluate the insecticidal effect of

Cita recomendada:

Vélez-Ruiz, M. C., Meza-Vera, R. J., Abasolo-Pacheco, F. y Álvarez-Romero, P. I. (2022). Uso de extractos botánicos para el control de pulgón (*Myzus persicae*: Aphididae) y mosca blanca (*Bemisia tabaci*: Aleyrodidae) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*: Solanaceae), en Ecuador. *Terra Latinoamericana*, 40, 1-11. e1454. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1454>

extracts of rue (*Ruta graveolens*), onion (*Allium cepa*), marigold (*Tagetes* sp.), and mint (*Mentha pulegium*) as an ecological alternative for the control of green aphids and whiteflies in pepper crop. Pepper seedlings were transplanted in the field and distributed using a randomized block design with five treatments (T1: rue extract; T2: onion extract; T3: marigold extract; T4: mint extract; T5: control (Imidacloprid) and three replications. The parameters evaluated were the percentage of incidence, density, and population fluctuation of *M. persicae* and *B. tabaci* in the pepper crop, as well as its effect on the agronomic and productive variables. The use of botanical extracts of rue, onion, marigold, and mint reduced the incidence and population density of *M. persicae* and *B. tabaci* in pepper crops. However, the insecticidal action of rue and marigold were significantly evident for *B. tabaci* ($P < 0.05$). The population fluctuation of *M. persicae* and *B. tabaci* was altered by using botanical extracts. The application of extracts of rue, onion, marigold, and mint did not influence the weight and diameter of the fruit, nor affect the pepper crop ($P > 0.05$). Therefore, its use should be considered in management programs and agroecological control of these pests.

Index words: control, hemipterans, *Ruta graveolens*, *Tagetes* sp.

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, el uso de insecticidas representa la principal alternativa para el control de plagas (Chirinos *et al.*, 2020). Los pesticidas se utilizan con el objetivo de mejorar la calidad y obtener un alto rendimiento de los cultivos, sin embargo, algunos pesticidas se aplican a los cultivos durante todo el periodo de crecimiento y, a veces, en la etapa de fructificación; otros se utilizan para proteger el producto después de la cosecha, y estos son absorbidos por los vegetales, que resultan nocivos cuando es consumido por humanos (Donkor *et al.*, 2016).

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es considerado una hortaliza de gran importancia económica para Ecuador y el mundo (Franco-Ruiz, Veliz, Solís y Celi, 2021). En Ecuador el pimiento es cultivado a pequeña, mediana y grande escala, alcanzando una producción de 5 500 toneladas en 1 700 hectáreas sembradas (Reyes-Pérez, Luna, Reyes, Zambrano y Vázquez, 2017). Sin embargo, la presencia de plagas afecta

los rendimientos, así como la calidad del pimiento (Franco-Ruiz *et al.*, 2021).

Entre los principales organismos plaga del cultivo de pimiento encontramos a los áfidos *Aphis gossypii* Glover y *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae), a la mosca blanca *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae), y ácaros como *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Acari: Tarsonemidae) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (Sinaie, Sadeghi-Namaghi y Fekrat, 2019; Chirinos *et al.*, 2020; Martínez *et al.*, 2021).

Los daños que ocasionan los pulgones, mosca blanca y ácaros en el pimiento se deben al tipo de aparato bucal que poseen, tienen la capacidad de succionar la sabia de hojas, flores y frutos; producen manchas cloróticas, manchas oscuras o rojas, amarillamiento, abscisión prematura de las hojas infestadas, estrés hídrico; marchitamiento, reducción del crecimiento, maduración irregular del fruto, por lo que, la calidad y el rendimiento de los cultivos es afectado (Xue, Wang, Bi, Li y Liu, 2010; Mao y Zeng, 2013; Fonte, Garcerá, Tena y Chueca, 2019). Adicionalmente, muchas especies de las antes mencionadas son consideradas importantes vectores de virus en el cultivo de pimiento y otras hortalizas (Castresana y Puhl, 2018; Allegrucci *et al.*, 2020; Fortes, Fernández y Moriones, 2020).

La falta de técnicas de manejo y control de insectos plaga y otros artrópodos en el cultivo de pimiento ha provocado el continuo y excesivo uso de moléculas insecticidas como carbamatos, organofosforados, neonicotinoides y piretroides (Castresana y Puhl, 2018; Chirinos *et al.*, 2020). La preocupación sobre los problemas ambientales y de salud asociados a los plaguicidas sintéticos que actualmente son usados en la agricultura, ha conducido a una intensa búsqueda para encontrar alternativas adicionales que sean seguras y eficaces en el control de plagas (Hernández-Moreno *et al.*, 2013).

Entre los métodos de control de insectos-plaga se encuentra el uso de insecticidas botánicos (Rahman, Biswas, Barman y Ferdous, 2016; Rioba y Stevenson, 2020). Los insecticidas botánicos pueden responder a la necesidad de compuestos más seguros para proteger plantaciones del ataque de una amplia gama de plagas (Addor, 1995; Hernández-Moreno *et al.*, 2013). Las plantas superiores o vasculares contienen gran diversidad de compuestos químicos que incluyen: alcaloides, esteroides, fenoles, saponinas, resinas, aceites esenciales, varios ácidos orgánicos y otros

compuestos (Said y Pashte, 2015). Estos grupos de compuestos, pueden ocasionar la mortalidad de la plaga, causar repelencia, afectar el crecimiento y desarrollo del insecto, tener efectos antialimentares y otras alteraciones en su comportamiento y fisiología (Pino, Sánchez y Rojas, 2013; Gholamzadeh-Chitgar y Pourmoradi, 2017).

Aunque la eficacia para los extractos botánicos ha sido comprobada para el control de varios artrópodos plagas, en Ecuador se desconoce el potencial insecticida que existe en los extractos de especies como ruda (*Ruta graveolens*), cebolla (*Allium cepa*), flor de muerto (*Tagetes* sp.) y menta (*Mentha pulegium*). En este sentido, el objetivo principal del presente estudio fue evaluar el efecto insecticida de extractos botánicos en el control de *M. persicae* y *B. tabaci* en el cultivo de pimiento, así como, sobre sus características agronómicas y de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en el campus experimental “La María” (Universidad Técnica Estatal de Quevedo), localizada en el cantón Mocache, km 7 de la vía Quevedo-El Empalme (Coordenadas geográficas: 79° 32' O y 01° 05' S). El sitio de estudio se encuentra a una altitud de 75 m y presenta temperatura media y precipitación anual de 23.3 °C y 2256.4 mm respectivamente.

Diseño del Experimento

Para el siguiente estudio se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones. El experimento fue desarrollado en un área de 120 m², dividido en 15 parcelas experimentales de 8 m², dejando entre parcela una distancia de 1 m, para minimizar efectos de borde. Los tratamientos evaluados fueron: aplicación de extracto de ruda (T1), extracto de cebolla (T2), extracto de flor de muerto (T3), extracto de menta (T4) en dosis de 1 L extracto 19 L⁻¹ de agua y la aplicación de insecticida sintético (IMIDALAQ SC; Imidacloprid, suspensión concentrada 350 g de ingrediente activo L⁻¹; Sinochem Ningbo Ltd., Zhejiang, China) en dosis de 0.05 L 20 L⁻¹ de agua.

Manejo del Cultivo de Pimiento

Para el estudio, se utilizó el híbrido Quetzal, (pimentón tipo Marconi, Seminis, San Luis, Misuri, Estados Unidos). La siembra de la semilla se realizó en bandejas de plástico de 128 celdas con 250 gramos/celda de sustrato a base de fibra de coco (Sarduy, Díaz, Castellanos, Soto y Pérez, 2016). Diariamente se revisó el crecimiento y desarrollo de las plantas de pimiento que se encontraba en el almacigo. La siembra en el sitio definitivo se realizó una vez que las plantas alcanzaron treinta días de edad; se utilizó el distanciamiento de siembra de 0.80 m entre hilera y 0.40 m entre planta (25 plantas parcela⁻¹). Previo al trasplante se preparó el terreno y verificó las condiciones nutricionales del suelo a través del análisis químico. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis químico de suelo y los requerimientos nutricionales del cultivo de pimiento, se optó por la utilización de los fertilizantes edáficos: urea, superfosfato triple y muriato de potasio fraccionado en tres aplicaciones. El riego de las plantas de pimiento se realizó de acuerdo a la necesidad hídrica del cultivo verificando la capacidad de campo y punto de marchitez. El control de malezas se realizó manualmente.

Preparación de Extractos Botánicos

La elaboración de los extractos botánicos fue realizada utilizando la metodología de López-Sariego, Urbano y López (2015). Para la elaboración de extractos de *R. graveolens* y *M. pulegium* se utilizaron 100 g de hojas respectivamente, para *Tagetes* sp. se utilizaron 100 g de flores y para el extracto de cebolla se utilizó 10 g del bulbo. Posterior a ello, la cantidad obtenida fue sumergida de forma independiente en 1 L de agua destilada contenida en una olla de aluminio. La mezcla fue sometida a 80 °C durante un periodo de 20 minutos, se dejó en reposo y con ayuda de un tamiz se realizó el proceso de filtrado para eliminar residuos.

Aplicación de Extractos Botánicos

Los extractos botánicos fueron aplicados sobre el follaje de las plantas de pimiento a los 10, 20, 35, 50 y 65 días posteriores al trasplante. Para las aplicaciones se utilizó una bomba a mochila (Jacto, 20 L) equipada con boquilla tipo cónica. Debido a que los

extractos vegetales son fácilmente degradables a altas temperaturas, lluvias y luz ultra violeta, se adicionó a la solución preparada el coadyuvante a base de lecitina de soya (Lecithin Silicon Max, Inducampo, Guayaquil, Ecuador) (100 ml L⁻¹ de agua) con el objetivo de mejorar la penetración de los extractos en la planta y evitar su evaporación (Castresana y Puhl, 2018).

Variables Evaluadas

Porcentaje de incidencia de *M. persicae* y *B. tabaci*.

Posterior a la identificación taxonómica de las especies *M. persicae* y *B. tabaci* se procedió a monitorear las parcelas de estudio. Fue posible verificar el porcentaje de incidencia de *M. persicae* y *B. tabaci* utilizando la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\# \text{ de plantas atacadas por insectos / tratamiento}}{\# \text{ de plantas totales / tratamiento}} \times 100 \quad (1)$$

Para cada parcela evaluada se verificó el porcentaje de incidencia dos días antes y dos días después de la aplicación de cada tratamiento (extractos botánicos o insecticida).

Densidad poblacional de *M. persicae* y *B. tabaci*.

La densidad poblacional de *M. persicae* y *B. tabaci* fue determinada utilizando la metodología propuesta por Castresana y Puhl (2018). Se registró el número total de insectos observados en el envés de cuatro hojas ubicadas en el estrato medio de la planta. Fueron evaluadas 15 plantas seleccionadas aleatoriamente por cada una de las parcelas. Para identificar la densidad poblacional de *M. persicae* y *B. tabaci* en los diferentes tratamientos se consideró el número total de individuos observados dos días antes y dos días después de cada aplicación de los tratamientos.

Fluctuación poblacional de *M. persicae* y *B. tabaci*.

Durante un periodo de tres meses se estimó la densidad poblacional de *M. persicae* y *B. tabaci*, lo que permitió; verificar el comportamiento de las poblaciones de las dos especies con respecto al tiempo y aplicación de los diferentes tratamientos (extractos botánicos e insecticida). La evaluación de fluctuación poblacional se realizó dos días antes y dos días después de cada aplicación de los tratamientos.

Evaluación de variables agronómicas y productivas del pimiento. En la última etapa vegetativa del cultivo de pimiento se realizó la evaluación de las variables

agronómicas y productivas. La altura de la planta se midió una vez que comenzó el periodo de cosecha. La medición de la variable altura se realizó desde el nivel del suelo hasta la base de la última hoja de la planta (cm), fueron evaluadas 15 plantas seleccionadas aleatoriamente por cada parcela. Durante el tercer periodo de cosecha se seleccionaron 10 frutos al azar por cada parcela para evaluar el peso (g). Para obtener el peso del fruto se utilizó una balanza electrónica (Camry, Modelo EK9450). Adicionalmente, se registró el diámetro del fruto (cm) utilizando un calibrador manual. La longitud del fruto (cm), fue verificada midiendo desde la base del fruto hasta el ápice utilizando una cinta métrica. El rendimiento del cultivo de pimiento por cada parcela se calculó a partir del peso de los frutos cosechados y de la densidad de siembra (Elizondo y Monge, 2016).

Análisis estadísticos. La fluctuación de la población de *M. persicae* y *B. tabaci* fue analizada descriptivamente; mientras que, la densidad poblacional y el porcentaje de incidencia fueron sujetos al análisis no paramétrico de Kruskal Wallis. Para comparar los tratamientos se utilizó la prueba pareada Post-hoc de Dunn. Las variables de altura de planta, peso del fruto, diámetro del fruto, longitud del fruto y rendimientos fueron evaluadas utilizando el análisis de varianza y comparadas sus medias con el test de Tukey ($P < 0.05$). La normalidad y heterogeneidad de las varianzas de los datos obtenidos fueron verificados utilizando el test de Shapiro-Wilk's y Bartlett's. El programa RStudio (2020) fue utilizado para realizar los análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de incidencia de *M. persicae* evaluado en parcelas tratadas con extractos de ruda (*R. graveolens*), cebolla (*A. cepa*), flor de muerto (*Tagetes* sp.), menta (*M. pulegium*) e insecticida (IMIDALAC SC) (testigo) indicaron que no existe diferencias entre los tratamientos ($H= 4.4$; $df= 4$; $P = 0.335$) (Figura 1).

El potencial insecticida de extractos de ruda, flor de muerto, cebolla y menta ha sido previamente verificado en una variedad de insectos plaga (Kumar, Mishra, Malik y Satya, 2011; Santos *et al.*, 2016; Ghramh *et al.*, 2020), su uso puede causar repelencia, deterrencia, mortalidad o de forma general afectar aspectos fisiológicos y comportamentales de los

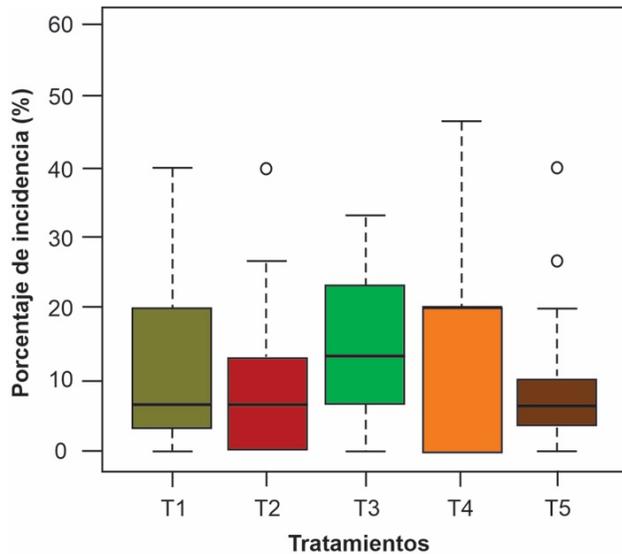


Figura 1. Porcentaje de incidencia de *M. persicae* en plantas de pimiento después de la aplicación de extractos botánicos de *Ruta graveolens*, T1 = *Allium cepa*; T2 = *Tagetes* sp.; T3 = *Mentha pulegium*; T4 = insecticida; T5 = testigo.

Figure 1. Percentage incidence of *M. persicae* in pepper after the application of botanical extracts of *Ruta graveolens*, T1 = *Allium cepa*; T2 = *Tagetes* sp.; T3 = *Mentha pulegium*; T4 = insecticide; T5 = control.

insectos (Ghabbari *et al.*, 2018; Pang *et al.*, 2019; Fabrick, Yool y Spurgeon, 2020). Para *M. persicae*, el uso de extracto de *Allium*, *Ruta* y *Mentha* tiene efectos repelentes (Ikeura, Kobayashi y Hayata, 2012; Czerniewicz, Chrzanowski, Sytykiewicz, Sprawka y Leszczyński, 2016; Castresana y Puhl, 2021), mientras que, el aceite de *Tagetes* reduce la población de *M. persicae* (Tomova, Waterhouse y Doberski, 2005; Madanat, Al Antary y Zarqa, 2016). Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que, el uso de extractos botánicos e insecticida reducen el porcentaje de incidencia del pulgón *M. persicae*.

En contraste, el porcentaje de incidencia de *B. tabaci* evaluado en plantas de pimiento tratadas con extractos botánicos e insecticida presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($H= 19.7$; $df= 4$; $P < 0.05$) (Figura 2). La utilización de extractos botánicos de *R. graveolens*, *Tagetes* sp. y *M. pulegium*, redujo el porcentaje de incidencia de mosca blanca. Los resultados obtenidos coinciden con estudios en donde indican que el uso de extractos de *R. graveolens*, *Tagetes patula* y *Mentha* spp., tienen actividad insecticida contra *B. tabaci* en cultivos agrícolas como el tomate, frejol, sésamo respectivamente (Iram,

et al., 2014; Rodríguez-Montero, Berrocal, Campos y Madriz, 2020; Fabrick *et al.*, 2020).

Al utilizar extracto de *A. cepa*, la incidencia de mosca blanca fue mayor (82%) con respecto a los otros tratamientos. Los resultados de este estudio indicaron que, *B. tabaci* es menos susceptible al extracto de *A. cepa*, coincidiendo con trabajos realizados por Hilje y Mora (2006); Saleem, Khan, Rehman y Mustafa (2018) y Abbas *et al.*, (2020).

Al analizar la densidad poblacional de *M. persicae* expuestos a extractos botánicos y al tratamiento con insecticida se evidenció que, no existe diferencias significativas en la densidad de *M. persicae* entre los tratamientos evaluados ($H= 6.4$; $df= 4$; $P = 0.159$) (Figura 3). El uso de extractos botánicos e insecticida redujo la densidad poblacional de los pulgones. No en tanto, para *B. tabaci* se observaron diferencias entre los tratamientos ($H= 16.7$; $df= 4$; $P < 0.05$) (Figura 4), notándose que, el extracto de *A. cepa* fue el tratamiento con la mayor densidad poblacional obtenida entre los

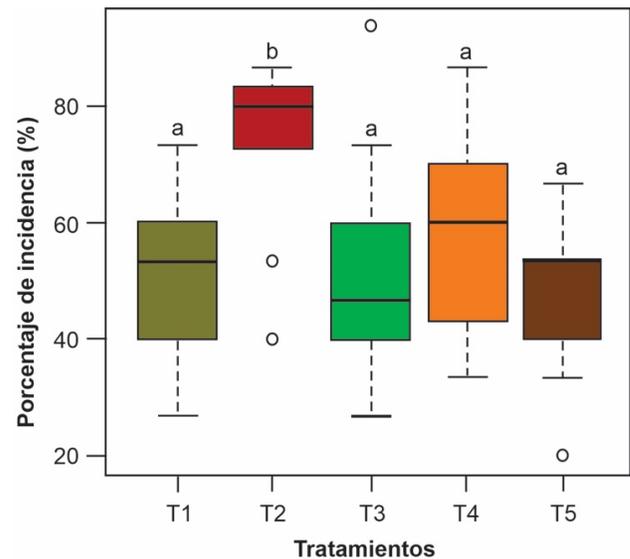


Figura 2. Porcentaje de incidencia de *B. tabaci* en plantas de pimiento después de la aplicación de extractos botánicos de *Ruta graveolens*, T1 = *Allium cepa*; T2 = *Tagetes* sp.; T3 = *Mentha pulegium*; T4 = insecticida; T5 = testigo. Letras diferentes sobre el box plot indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Dunn ($P < 0.05$).

Figure 2. Percentage incidence of *B. tabaci* in pepper after the application of botanical extracts of *Ruta graveolens*, T1 = *Allium cepa*; T2 = *Tagetes* sp.; T3 = *Mentha pulegium*; T4 = insecticide; T5 = control. Different letters on the box plot indicate significant differences according to Dunn's test ($P < 0.05$).

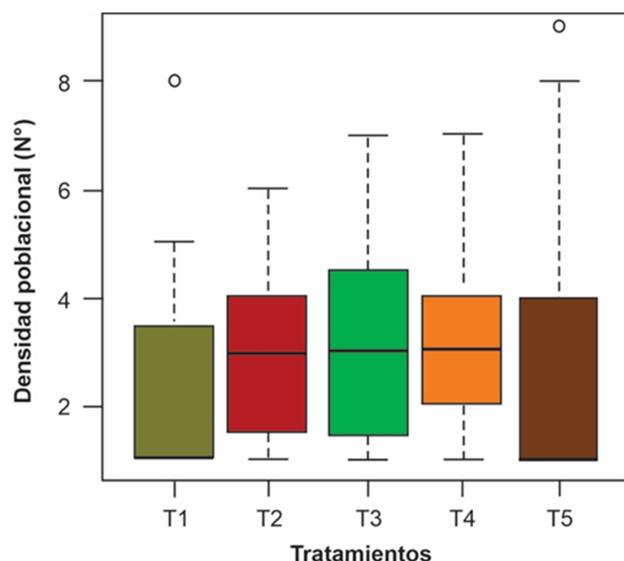


Figura 3. Densidad poblacional de *M. persicae* en plantas de pimiento después de la aplicación de extractos botánicos de *Ruta graveolens*, T1 = *Allium cepa*; T2 = *Tagetes* sp.; T3 = *Mentha pulegium*; T4 = insecticida; T5 = testigo.

Figure 3. Population density of *M. persicae* in pepper after the application of botanical extracts of *Ruta graveolens*, T1 = *Allium cepa*; T2 = *Tagetes* sp.; T3 = *Mentha pulegium*; T4 = insecticide; T5 = control.

tratamientos. Los resultados de densidad poblacional están directamente relacionados con los obtenidos y discutidos previamente en la variable porcentaje de incidencia.

El comportamiento de la fluctuación poblacional de la especie *M. persicae* en el cultivo de pimiento antes y después de la aplicación de extractos botánicos se muestra en la Figura 5, mientras que, para *B. tabaci* es indicada en la Figura 6. La población del pulgón *M. persicae* durante la primera evaluación osciló entre 39 a 52 individuos/tratamiento. Posterior a la aplicación de los extractos e insecticida hubo una notable reducción en su población, la cual, fue constante hasta la última evaluación realizada. Aunque no se encontraron diferencias en la densidad poblacional de los pulgones expuestos a los tratamientos ($P > 0.05$), se evidenció que, en especial, el uso de extracto de *A. cepa* redujo la cantidad de pulgones cada vez que se aplicó el extracto sobre las plantas de pimiento (Figura 5).

Los bulbos de cebolla (*A. cepa*) contienen varios compuestos químicos, como aceites esenciales, cicloalilina, metilalilina, dihidroalilina y otros compuestos como flavonoides, fenoles, terpenoides, antocianinas y aminoácidos (Adnani, Rahmah,

Fitrianingsih y Setiawan, 2020), los cuales estarían relacionados con los efectos de repelencia sobre una diversidad de especies de insectos en la que podemos incluir a *M. persicae* (Ikeura *et al.*, 2012).

En el caso de *B. tabaci* la población muestreada inicial fue de 35 a 69 individuos/tratamiento, después de la primera aplicación de los tratamientos únicamente se evidenció reducción de la población al utilizar extracto de *M. pulegium* e insecticida. En la siguiente evaluación se notó que la población de mosca blanca era menor comparada con la evaluación inicial, pero al hacer uso nuevamente de los extractos e insecticida la población se redujo drásticamente con excepción del tratamiento en el que se usó extracto de *A. cepa*. En las siguientes evaluaciones se comprobó que, la reducción de la población de mosca blanca fue más evidente utilizando extracto de *Tagetes* sp., *R. graveolens* e insecticida (Figura 6).

La flor de muerto (*Tagetes* sp.), contiene compuestos que producen antibiosis, efectos antialimentares o repelentes en diversas especies de insectos. El uso de

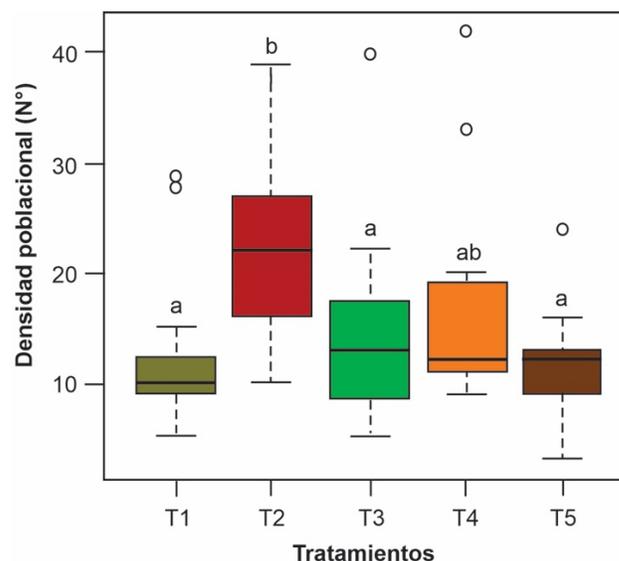


Figura 4. Densidad poblacional de *B. tabaci* en plantas de pimiento después de la aplicación de extractos botánicos de *Ruta graveolens*, T1 = *Allium cepa*; T2 = *Tagetes* sp.; T3 = *Mentha pulegium*; T4 = insecticida; T5 = testigo. Letras diferentes sobre el box plot indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Dunn ($P < 0.05$).

Figure 4. Population density of *B. tabaci* in pepper after the application of botanical extracts of *Ruta graveolens*, T1 = *Allium cepa*; T2 = *Tagetes* sp.; T3 = *Mentha pulegium*; T4 = insecticide; T5 = control. Different letters on the box plot indicate significant differences according to Dunn's test ($P < 0.05$).

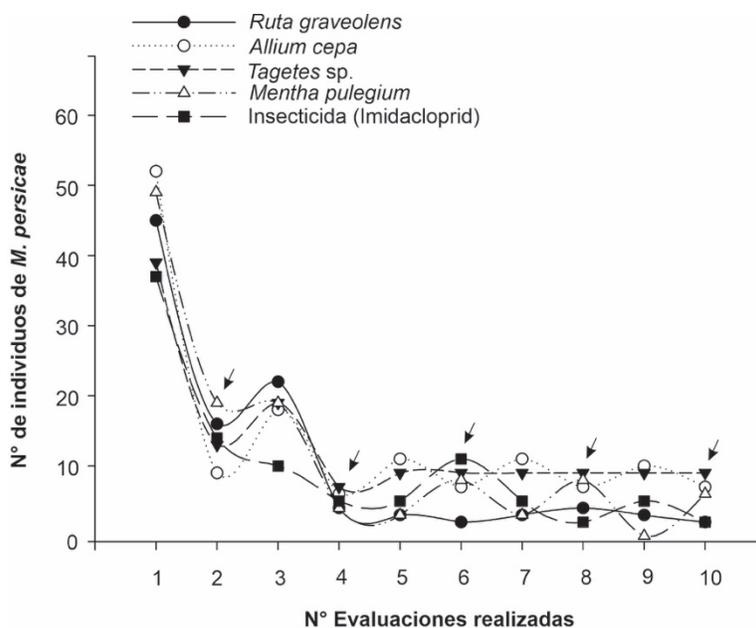


Figura 5. Fluctuación poblacional de *M. persicae* en plantas de pimiento antes y después de la aplicación de extractos botánicos e insecticida. Flechas sobre las curvas indican evaluaciones dos días después de la aplicación del extracto o insecticida.

Figure 5. Population fluctuation of *M. persicae* in pepper before and after the application of botanical extracts and insecticide. Arrows on the curves indicate evaluations two days after the application of the extract or insecticide.

extractos de *Tagetes* aplicados sobre *B. tabaci* tiene efectos directos sobre el comportamiento (repelencia o deterrencia alimentaria) pero también puede causar mortalidad (Fabrick *et al.*, 2020). Las plantas de *R. graveolens* tienen glucósidos (rutina), lactonas aromáticas, glucósidos de antocianinas, alcaloides, metilcetonas, flavonoides, rutilina, rutacridona y terpenos (α -pineno, limoneno, cineol) (Barbosa *et al.*, 2011). *R. graveolens* tiene efectos sobre la mortalidad de *B. tabaci* (Barbosa *et al.*, 2011, Romero, Morales, Pino, Cerneli y González, 2015; Rodríguez-Montero *et al.*, 2020).

Los extractos botánicos evaluados contienen moléculas insecticidas que permiten el control de *B. tabaci*. Sin embargo, es necesario realizar nuevas investigaciones para identificar las moléculas específicas causantes de toxicidad en *B. tabaci*, así como sus modos de acción con el objetivo de evaluar su potencial como alternativas a los plaguicidas sintéticos convencionales.

Con relación a las variables agronómicas y productivas del pimiento se evidenció que existen

diferencias significativas entre los tratamientos para la variable de altura de planta ($F_{4.218} = 5.35$; $P = 0.005$) y longitud del fruto ($F_{4.45} = 16.65$; $P < 0.001$). El tratamiento en el que se utilizó insecticida obtuvo el valor más alto en la variable altura (59.64 cm), mientras que, los valores más altos de longitud del fruto se obtuvieron para el tratamiento en el que se utilizó insecticida y flor de muerto. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables: peso de fruto ($F_{4.45} = 0.46$; $P = 0.755$); diámetro del fruto ($F_{4.45} = 1.22$; $P = 0.314$) y rendimiento del cultivo de pimiento ($F_{4.8} = 0.58$; $P = 0.687$) (Cuadro 1).

Los extractos de plantas pueden ser considerados como bioestimulantes que permiten la regulación/modificación de los procesos fisiológicos en las plantas para estimular el crecimiento, mitigar las limitaciones inducidas por el estrés y aumentar el rendimiento (Sheren, El-Hamied y El-Amary, 2015; Yakhin, Lubyanov, Yakhin y Brown, 2017).

De acuerdo a los resultados obtenidos, el uso de extractos vegetales no influyó en las variables productivas del cultivo de pimiento. Ligeras diferencias

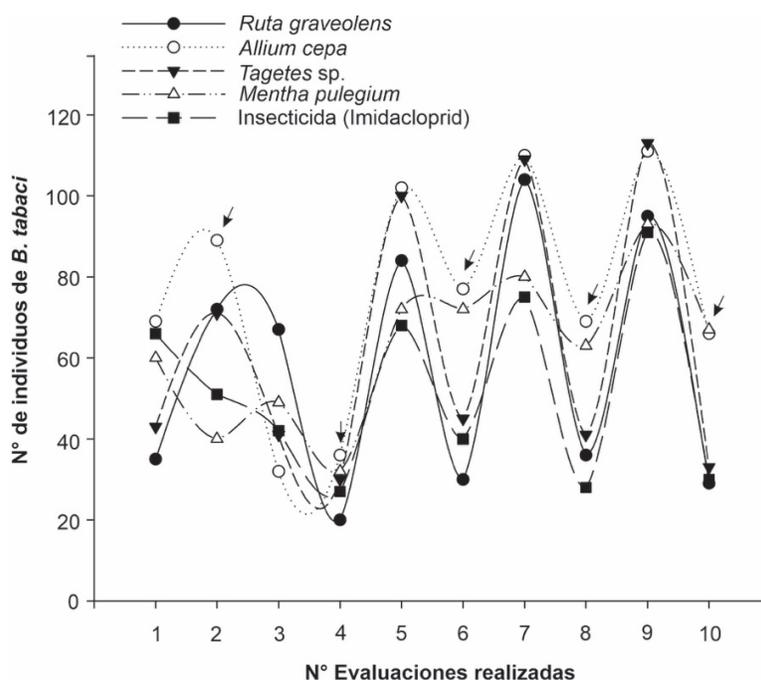


Figura 6. Fluctuación poblacional de *B. tabaci* en plantas de pimiento antes y después de la aplicación de extractos botánicos e insecticida. Flechas sobre las curvas indican evaluaciones dos días después de la aplicación del extracto o insecticida.

Figure 6. Population fluctuation of *B. tabaci* in pepper before and after the application of botanical extracts and insecticide. Arrows on the curves indicate evaluations two days after the application of the extract or insecticide.

Cuadro 1. Variables agronómicas y productivas del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) expuesto a extractos botánicos e insecticida. Table 1. Agronomic and productive variables of the pepper crop (*Capsicum annuum*) exposed to botanical extracts and insecticide.

Características agronómicas	Altura de planta	Peso de fruto	Diámetro de fruto	Longitud de fruto	Rendimiento
Tratamientos	cm	g	cm	cm	kg ha ⁻¹
1 Extracto de ruda	59.11 ± 0.95 a b	94.80 ± 3.01 a	4.70 ± 0.35 a	12.43 ± 0.92 b	26 780.40 ± 894.56 a
2 Extracto de cebolla	59.06 ± 1.12 a b	94.80 ± 1.81 a	4.64 ± 0.27 a	12.26 ± 0.87 b	26 766.90 ± 325.93 a
3 Extracto de flor de muerto	59.05 ± 0.85 a b	95.40 ± 2.37 a	4.78 ± 0.39 a	13.50 ± 1.03 a	27 119.70 ± 240.62 a
4 Extracto de menta	58.52 ± 1.74 b	94.40 ± 1.58 a	4.59 ± 0.39 a	11.86 ± 0.37 b	26 664.30 ± 1834.13 a
5 Testigo (aplicación de insecticida)	59.64 ± 0.86 a	95.80 ± 3.61 a	4.90 ± 0.33 a	14.38 ± 0.61 a	27 573.30 ± 1457.82 a
Promedio	59.08	95.04	4.72	12.89	29 981.33
CV%	1.95	2.72	7.40	6.20	3.16

Letras diferentes en los valores obtenidos indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($P < 0.05$). CV% = coeficiente de variación. Different letters in the values obtained indicate significant differences according to Tukey's test ($P < 0.05$). CV% = coefficient of variation.

fueron observadas entre los tratamientos los cuales podrían estar asociados a los propios compuestos químicos del extracto botánico utilizado. Por lo tanto, estudios adicionales son necesarios para confirmar la influencia de extractos de ruda, cebolla, flor de muerto y menta en las variables de crecimiento y producción del pimiento.

CONCLUSIONES

El uso de extractos botánicos de *R. graveolens*, *A. cepa*, *Tagetes* sp. y *Mentha pulegium*., aplicados en el cultivo de pimiento permitió la reducción de la incidencia y densidad poblacional del pulgón (*Myzus persicae*) y mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Sin embargo, el extracto de *R. graveolens* y *Tagetes* sp. mostraron mayor eficiencia en el control de *B. tabaci*, por el contrario, el extracto de *A. cepa* mostró menor eficiencia en el control de esta especie. El análisis de fluctuación poblacional de individuos de *M. persicae* y *B. tabaci* permitió comprobar que la aplicación de extractos botánicos reduce la población especialmente de *B. tabaci*. La aplicación de extractos botánicos de *R. graveolens*, *A. cepa*, *Tagetes* sp. y *Mentha pulegium* no influyen en el peso, diámetro y rendimiento del fruto comparado con el tratamiento testigo (insecticida), su aplicación constituye una alternativa para sustituir el alto uso de insecticidas como el Imidacloprid por sustancias inocuas para el ser humano y otros organismos que conforman el agroecosistema. Los resultados obtenidos confirman que el uso de extractos botánicos especialmente de ruda (*R. graveolens*) y flor de muerto (*Tagetes* sp.) representan una opción agroecológica para el control de *M. persicae* y *B. tabaci* en el cultivo de pimiento y debe ser considerada su aplicación dentro de los programas de manejo integrado es estas especies plaga.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

No aplicable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

FONDOS

Fondo Competitivo de Investigación Científica y Tecnológica (FOCICYT) 7ma Convocatoria, a través del proyecto PFOC7-20-2020.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, metodología, análisis de datos, escritura y revisión: M.C.V.R. Conceptualización, metodología, análisis estadístico, escritura y revisión: R.J.M.V. Metodología, análisis estadístico, escritura y revisión: F.A.P. Escritura y revisión: P.I.A.R. Escritura, preparación del borrador original, revisión y edición: M.C.V.R.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por el apoyo otorgado a través del Fondo Competitivo de Investigación Científica y Tecnológica (FOCICYT) 7ma Convocatoria (Proyecto PFOC7-20-2020).

LITERATURA CITADA

- Abbas, W., Rehman, S., Rashid, A., Kamran, M., Atiq, M., & ul Haq, M. E. (2020). Comparative efficacy of different plant extracts to manage the cotton leaf curl virus disease and its Vector (*Bemisia tabaci* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 33(1), 22-26. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2020/33.1.22.26>
- Addor, R.W. (1995). Insecticides. En: C. R. A. Godfrey (Ed.). *Agrochemicals from Natural Products* (pp. 1-63). New York, NY, USA: Marcel Dekker Inc.
- Adnani, B., Rahmah, Z., Fitrianiingsih, A. A., & Setiawan, A. M. (2020). Potential test of ethanol extract from onion (*Allium cepa* L.) leaves as a repellent to *Aedes Aegypti*. *Journal of Islamic Medicine*, 4(1, 2), 65-75.
- Allegrucci, N., Velazquez, M. S., Russo, M. L., Vianna, M. F., Abarca, C., & Scorsetti, A. C. (2020). Establishment of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* as an endophyte in *Capsicum annuum* and its effects on the aphid pest *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Revista de Biología Tropical*, 68(4), 1084-1094. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i4.41218>
- Barbosa-Silva, F., Leite-Demolin, G. L., Alves-Monteze, S., Nascimento-Fonseca, A., D'Ávila-de Abreu, V., & da Costa-

- Alves, C. (2011). Insecticide effects of *Ruta graveolens*, *Copaifera langsdorffii* and *Chenopodium ambrosioides* against pests and natural enemies in commercial tomato plantation. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33(1), 37-43. <https://doi.org/10.4025/actasciagr.v33i1.5900>
- Castresana, J. E., & Puhl, L. (2018). Eficacia de insecticidas botánicos sobre *Myzus persicae* (Sulzer) y *Aphis gossypii* (Clover) (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo cubierta. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 136-146. <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7344>
- Castresana, J., & Puhl, L. (2021). Botanical formulations for the ecological management of *Myzus persicae* (Sulzer) and *Aphis gossypii* (Clover) (Hemiptera: Aphididae) and their side effects on parasitoids. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 38(1), 50-61 <https://doi.org/10.22267/rcia.213801.144>
- Chirinos, D. T., Castro, R., Cun, J., Castro J., Peñarrieta-Bravo, S., Solis, L., & Geraud-Pouey, F. (2020). Insecticides and agricultural pest control: the magnitude of its use in crops in some provinces of Ecuador. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Mosquera (Colombia)*, 21(1), e1276.
- Czerniewicz, P., Chrzanowski, G., Sytykiewicz, H., Sprawka, I., & Leszczyński, B. (2016). Aphicidal and deterrent activity of phenolic acid extracts from some herbal plants towards *Myzus persicae* Sulz. and *Rhopalosiphum padi* L. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(12), 5714-5721.
- Donkor, A., Osei-Fosu, P., Dubey, B., Kingsford-Adaboh, R., Ziwu, C., & Asante, I. (2016). Pesticide residues in fruits and vegetables in Ghana: a review. *Environmental Science Pollution Research*, 23, 18966-18987. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7317-6>.
- Elizondo-Cabalcaeta, E., & Monge-Pérez, J. E. (2016). Caracterización morfológica de 12 genotipos de Chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivados en invernadero en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 29(3), 60-72. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i2.3194>.
- Fabrick, J. A., Yool, A. J., & Spurgeon, D. W. (2020). Insecticidal activity of marigold *Tagetes patula* plants and foliar extracts against the hemipteran pests, *Lygus hesperus* and *Bemisia tabaci*. *Plos One*, 15(5), e0233511. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233511>.
- Fonte, A., Garcerá, C., Tena, A., & Chueca, P. (2019). CitrusVol Validation for the Adjustment of Spray Volume in Treatments against *Tetranychus urticae* in Clementines. *Agronomy*, 10(32), 1-24. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010032>
- Fortes, I. M., Fernández-Muñoz, R., & Moriones, E. (2020). Host Plant Resistance to *Bemisia tabaci* to control damage caused in tomato plants by the emerging crinivirus tomato chlorosis virus. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.585510>.
- Franco-Ruiz, A., Veliz-Prado, K., Solis-Bowen, L., & Celi-Soto, A. (2021). Identificación de la entomofauna presente en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en el sector Lodana del cantón Santa Ana, Ecuador. *Manglar*, 18(4), 397-402. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.051>
- Ghabbari, M., Guarino, S., Calca, V., Saiano, F., Sinacori, M., Baser, N., ... Verde, G. L. (2018). Behavior-modifying and insecticidal effects of plant extracts on adults of *Ceratitis capitata*. *Journal of Pest Science*, 91, 907-917. <https://doi.org/10.1007/s10340-018-0952-6>
- Gholamzadeh-Chitgar, M., & Pourmoradi, S. (2017). An evaluation of the effect of botanical insecticide, palizin in comparison with chemical insecticide, imidacloprid on the black citrus aphid, *Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe and its natural enemy, *Aphidius colemani* Viereck. *Journal of Plant Protection Research*, 57(2), 101-106. <https://doi.org/10.1515/jppr-2017-0013>
- Ghramh, H. A., Ibrahim, E. H., Kilnay, M., Ahmad, Z., Alhag, S. K., Khan, K. A., ... Asiri, F. M. (2020). Silver nanoparticle production by *Ruta graveolens* and testing its safety, bioactivity, immune modulation, anticancer, and insecticidal potentials. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2020, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2020/5626382>
- Hernández-Moreno, D., Soffers, A. E. M. F., Wiratno., Falke, H. E., Rietjens, I. M. C. M., & Murk, A. J. (2013). Consumer and farmer safety evaluation of application of botanical pesticides in black pepper crop protection. *Food and Chemical Toxicology*, 56, 483-490. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2013.01.033>
- Hilje, L., & Mora, G. A. (2006). Promissory botanical repellents/deterrents for managing two key tropical insect pests, the whitefly *Bemisia tabaci* and the mahogany shootborer *Hypsipyla grandella*. In M. Rai, & M. Carpinella (Eds.). *Naturally occurring bioactive compounds. Advances in phytomedicine*. Vol. 3, Chapter 15 (pp. 379-403). Amsterdam, Holland: Elsevier
- Iram, A., Khan, J., Aslam, N., ul-Haq, E., Javed, H., Irfan, M., ... Aslam, S. (2014). Efficacy of plant derived oils and extracts against whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) on sesame crop. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 27(3), 250-254.
- Ikeura, H., Kobayashi, F., & Hayata, Y. (2012). Repellent effect of herb extracts on the population of the wingless green peach aphids, *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Agricultural Science*, 4(5), 139-144. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v4n5p139>
- Kumar, P., Mishra, S., Malik, A., & Satya, S. (2011). Insecticidal properties of Mentha species: A review. *Industrial Crops and Products*, 34(1), 802-817. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.02.019>
- López-Sariego, M. C., Urbano, J. M., & López-Martínez, N. (2015). Efectos alelopáticos de extractos acuosos de arvenses sobre la germinación de trigo duro y *Lolium rigidum*. *XV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología. La Malherbología y la transferencia tecnológica* (pp. 21-28). Sevilla, España: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. ISBN: 9788460827757
- Madanat, H. M., Al Antary, T. M., & Zarqa, M. (2016). Toxicity of six ethanol plant extracts against the green peach aphid *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae). *Fresenius Environmental Bulletin*, 25, 706-718.
- Mao, J., & Zeng, F. (2013). Plant-mediated RNAi of a gap gene-enhanced tobacco tolerance against the *Myzus persicae*. *Transgenic Research*, 23, 145-152. <https://doi.org/10.1007/s11248-013-9739-y>
- Martínez, M. A., Baños, H. L., Cuellar, L., del Toro, M., Sánchez A., Miranda, I., & Duarte, L. (2021). Diversidad y grupos funcionales de artrópodos en pimiento (*Capsicum annuum* L.) a campo abierto y casas de cultivo. *Revista de Protección Vegetal*, 36(1), 1-9.
- Pang, X., Feng, Y. X., Qi, X. J., Wang, Y., Almaz, B., Xi, C., & Du, S. S. (2019). Toxicity and repellent activity of essential oil from

- Mentha piperita* Linn. leaves and its major monoterpenoids against three stored product insects. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 7618-7627. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07081-y>
- Pino, O., Sánchez, Y., & Rojas, M. M. (2013). Plant secondary metabolites as an alternative in pest management: Background, research approaches and trends. *Revista de Protección Vegetal*, 28(2), 81-94.
- Rahman, S., Biswas, S. K., Barman, N. C., & Ferdous, T. (2016). Plant extract as selective pesticide for integrated pest management. *Biotechnological Research*, 2(1), 6-10.
- Reyes-Pérez, J. J., Luna-Murillo, R. A., Reyes-Bermeo, M. R., Zambrano-Burgos, D., & Vázquez-Moran, V. F. (2017). Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annuum* L.) y su impacto en el rendimiento y sus componentes. *Centro Agrícola*, 44(4), 88-94.
- Rioba, N. B., & Stevenson, P. C. (2020). Opportunities and scope for botanical extracts and products for the management of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) for smallholders in Africa. *Plants*, 9(2), 1-17. <https://doi.org/10.3390/plants9020207>
- Rodríguez-Montero, L., Berrocal-Jiménez, A., Campos-Rodríguez, R., & Madriz-Martínez, M. (2020). Determinación de la actividad biocida de extractos vegetales para el combate de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Tecnología en marcha*, 33(3), 117-129. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i3.4373>
- Romero, R., Morales, P., Pino, O., Cerneli, M., & González E. (2015). Actividad insecticida de seis extractos etanólicos de plantas sobre mosca blanca, *Revista Protección Vegetal*, 30(1), 11-16.
- RStudio. (2020). *RStudio User's Guide. Version: Integrated Development for R*. RStudio. Boston, MA, USA: RStudio Team.
- Said, P. P., & Pashte, V. V. (2015). Botanicals: The Protectants of Stored Grains Pests. *Trends in Biosciences*, 8(15), 3750-3755.
- Saleem, T., Khan, M. A., Rehman, A., & Mustafa, A. (2018). Evaluation of different plant extracts in reducing *Bemisia tabaci* and urdbean leaf crinkle virus (ulcv) disease incidence on greengram. *Pakistan Journal of Phytopathology*, 30(1), 07-10. <https://doi.org/10.33866/phytopathol.030.01.0373>
- Santos, P. C., Santos, V. H. M., Mecina, G. F., Andrade, A. R., Fegueiredo, P. A., Moraes, V. M. O., ... Silva, R. M. G. (2016). Insecticidal activity of *Tagetes* sp. on *Sitophilus zeamais* Mots. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, 2(4), 31-38.
- Sarduy-Díaz, M., Díaz-Aguila, I., Castellanos-González, L., Soto-Ortiz, R., & Pérez-Rodríguez, Y. (2016). Sustratos y soluciones nutritivas para la obtención de plántulas de pimiento y su influencia en la producción en cultivos protegido. *Centro Agrícola*, 43(4), 42-48.
- Sheren, A., El-Hamied, A., & El-Amary, E. I. (2015). Improving growth and productivity of "Pear" trees using some natural plants extracts under north Sinai conditions. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 8(1), 1-9.
- Sinaie, S., Sadeghi-Namaghi, H., & Fekrat, L. (2019). Effects of elevated CO₂ and water stress on population growth of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), on sweet pepper under environmentally controlled conditions. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22, 96-102. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.12.007>
- Tomova, B. S., Waterhouse, J. S., & Doberski, J. (2005). The effect of fractioned *Tagetes* oil volatiles on aphid reproduction. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 115, 153-159.
- Xue, M., Wang, CH. X., Bi M. J., Li Q. L., & Liu T. X. (2010). Induced defense by *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in tobacco against *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 39(3), 883-891. <https://doi.org/10.1603/EN09307>
- Yakhin, O. I., Lubyaynov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7(2049), 1-32. <http://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>