

# Eficacia de insecticidas botánicos sobre *Myzus persicae* (Sulzer) y *Aphis gossypii* (Clover) (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo cubierta

## Effectiveness of botanical pesticides on *Myzus persicae* (Sulzer) and *Aphis gossypii* (Clover) (Hemiptera: Aphididae) in greenhouse pepper crops (*Capsicum annuum* L.)

JORGE EDUARDO CASTRESANA<sup>1, 2, 3</sup>  
LAURA PUHL<sup>2</sup>

**Cultivo de pimiento.**

Foto: J.E. Castresana



### RESUMEN

Una gran variedad de artrópodos plaga causan, a nivel mundial, perjuicios en cultivos hortícolas. *Myzus persicae* (Sulzer), *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae) son las principales plagas de artrópodos que afectan a cultivos de pimiento bajo cubierta. El propósito de este estudio fue determinar la efectividad de cuatro productos botánicos diferentes como una alternativa ecológica para el control de pulgones en cultivo protegido de pimiento en Concordia, Argentina. Se probaron formulaciones de extractos/aceites vegetales a base de: aceite esencial de canela *Cinnamomum verum* (J. Presl.) [AE canela]; aceite esencial de cuasia *Quassia amara* (L.) [AE cuasia], aceite de neem *Azadirachta indica* (A. Juss.) [M neem] y extracto de ajo *Allium sativum* (L.) [M ajo]. Cabe aclarar que éstos dos últimos contienen a su vez otros extractos/aceites esenciales que fueron comparados con un testigo absoluto (agua). Se realizó una distribución de acuerdo con un diseño totalmente aleatorio con tres repeticiones. Los tratamientos se aplicaron directamente sobre el follaje con mochila manual iniciándose 1 semana después del trasplante y luego, semanalmente, hasta finalizar el ensayo. Posteriormente, se evaluó el número promedio total de pulgones por hoja. Estos resultados mostraron que el tratamiento con aceite de neem (en mezcla M neem) registró un número de pulgones menor comparado con el resto de los tratamientos y testigo absoluto. Sin embargo, el mayor número de pulgones parasitados (momias) fue observado en las hojas tratadas con el aceite esencial de cuasia (AE cuasia).

<sup>1</sup> Estación Experimental Agropecuaria INTA Concordia y Estación Yuquerí, Concordia (Argentina). ORCID Castresana, J.E.: 0000-0002-3596-1173

<sup>2</sup> Facultad de Agronomía, Cátedra de Modelos Cuantitativos Aplicados, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires (Argentina). ORCID Puhl, L.: 0000-0002-0172-9974

<sup>3</sup> Autor para correspondencia. castresana.jorge@correo.inta.gov.ar

**Palabras clave adicionales:** pulgones, extractos, aceites esenciales, ajo, neem.

## ABSTRACT

A wide variety of arthropod pests that cause damage in agricultural crops can be found worldwide. The cotton aphids *Aphis gossypii* (Glover) and *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) are the most significant arthropod pests, which affect greenhouse pepper crops. This research was carried out to determine the effectiveness of three distinct plant products used as an alternative biological aphid pest control in a greenhouse pepper crop in Concordia, Argentina. The effectiveness was determined by testing three formulas of essential plant oils or extracts, derived from cinnamon essential oil *Cinnamomun verum* (J. Presl.) [Cinnamon EO], Quassia essential oil *Quassia amara* (L.) [Quassia EO], neem oil *Azadirachta indica* (A. Juss.) [M neem] and garlic *Allium sativum* (L.) [M garlic]. It has to be noted that the latter two formulas contained other extracts/essential oils, which were compared to the absolute control (water). For that purpose, this research was carried out with a completely randomized design and replicated three times. The applications were made by means of a backpack sprayer, straight onto the foliage. The first application was made 1 week after the plant transplanting and afterward on a weekly basis until the end of the study. Subsequently, the total average number of aphids (adults and nymphs) on every leaf was recorded. The results showed that the treatment with neem oil (with M neem) recorded a lower number of aphids, as compared to the other treatments, including the absolute control. However, a significant number of parasitized aphids (mummies) were found on leaves treated with Quassia essential oil (Quassia EO).

**Additional key words:** aphids, extracts, essential oils, garlic, neem.

Fecha de recepción: 22-09-2017 Aprobado para publicación: 30-01-2018

## INTRODUCCIÓN

Los áfidos, comúnmente llamados “pulgones”, se han convertido en un gran problema en cultivos protegidos (Van Blom, 2008). En lo que se refiere a la producción de Entre Ríos, se han establecido las siguientes especies de pulgones: *A. gossypii* (Glover) (pulgón del algodón), y *M. persicae* (Sulzer) (pulgón verde del duraznero) debido a que el ambiente bajo cubierta brinda las condiciones óptimas para su desarrollo.

Esta circunstancia dio como resultado un rápido incremento de sus poblaciones (Fig. 1), lo cual provocó graves pérdidas de rendimiento en la producción causadas por daños que causan dos tipos de efectos: (1) daño directo, generado por la succión de fotosintatos por adultos y ninfas (Quisenbery y Xinzhi, 2007) y (2) daño indirecto, como resultado de la acción de un hongo, conocido comúnmente como “fumagina” desarrollado por la eliminación de sustancias ricas en hidratos de carbono generadas por ninfas y adultos

(SENASICA, 2014). Esta sustancia no sólo debilita a la planta por reducir su capacidad fotosintética, sino que produce la defoliación en forma parcial o total (Fig. 2), deja sin protección al fruto y genera un alto riesgo al quemado (golpe de sol).

Existe un daño indirecto aún más grave que el antedicho que es la capacidad de transmitir diferentes virus en diversos cultivos, incluyendo el pimiento (Nault, 1997) (Fig. 3), con excepción del virus del mosaico del tabaco (TMV) y virus X de la papa (PVX) transmitido sólo por contacto (Smith, 1972).

Con el propósito de evitar pérdidas de rendimiento en los cultivos de pimiento bajo cubierta en la provincia de Entre Ríos, se han utilizado a lo largo de los años insecticidas de síntesis química para controlar plagas, predominando los insecticidas de amplio espectro (organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides) (CASAFE, 2013). Este manejo



**Figura 1. Colonia de pulgones. Foto: J.E. Castresana.**



**Figura 2. Defoliación de planta de pimiento por daño de pulgón. Foto: J.E. Castresana.**



**Figura 3. Planta de pimiento con síntomas de virus. Foto: J.E. Castresana.**

indiscriminado de insecticidas generó un modo de producción dependiente de una constante intervención humana dentro de todos los ambientes agrícolas, ya que produce inestabilidad en estos sistemas hortícolas, especialmente en los “protegidos” que presentan un alto disturbio ecológico (Rodríguez y Vendramim, 2008).

Los insecticidas botánicos se formulan con algunas partes o ingredientes activos de las plantas, algunas de éstas las cuales se mencionan en la tabla 1, conjuntamente con los que producen sus grupos funcionales. Dichos insecticidas ofrecen una alta eficacia, un menor costo, biodegradabilidad y seguridad, comparados con los insecticidas de síntesis química poseen ya que éstos últimos tienen alta residualidad en el medio ambiente y producen efectos tóxicos sobre los organismos no blanco, incluidos los seres humanos a quienes les provocan enfermedades no identificadas como consecuencia de la bioacumulación (Leng *et al.*, 2011).

Algunos extractos vegetales (EVs) y aceites esenciales (AEs) pueden utilizarse como plaguicidas debido a su bajo riesgo y menor efecto nocivo para el humano, tanto en cultivos a campo como aquellos bajo cubierta (Regnault-Roger *et al.*, 2012). Dichos aceites presentan en su composición, fundamentalmente, monoterpenos (C-10) – los cuales representan el 90% de las mezclas – y sesquiterpenos (C-15), que caracterizan el aroma y determinan la bioactividad, propias de la planta origen (Batish *et al.*, 2008). Asimismo, cabe destacar que la variedad de compuestos que contienen estos extractos o aceites esenciales ofrecerían dos ventajas adicionales, como: (1) múltiples modos de acción como antialimentario, inhibidores de la muda, inhibidores de la respiración, inhibidores de la ovoposición, ovidas, disuasivos, atractivos y repelentes (Celis *et al.*, 2008) y (2) reducción del desarrollo de la resistencia como se observa en la tabla 1.

El propósito de este estudio fue evaluar la efectividad de diferentes productos botánicos como una alternativa ecológica de control de pulgones *A. gossypii* y *M. persicae* en cultivo de pimiento bajo cubierta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue realizado en un invernadero perteneciente al módulo hortícola de la Estación Experimental INTA Concordia, ubicado en la localidad de Concordia, situado en las coordenadas 31°22'22.16" S y 58°7'5.42" W a 396 msnm, departamento de



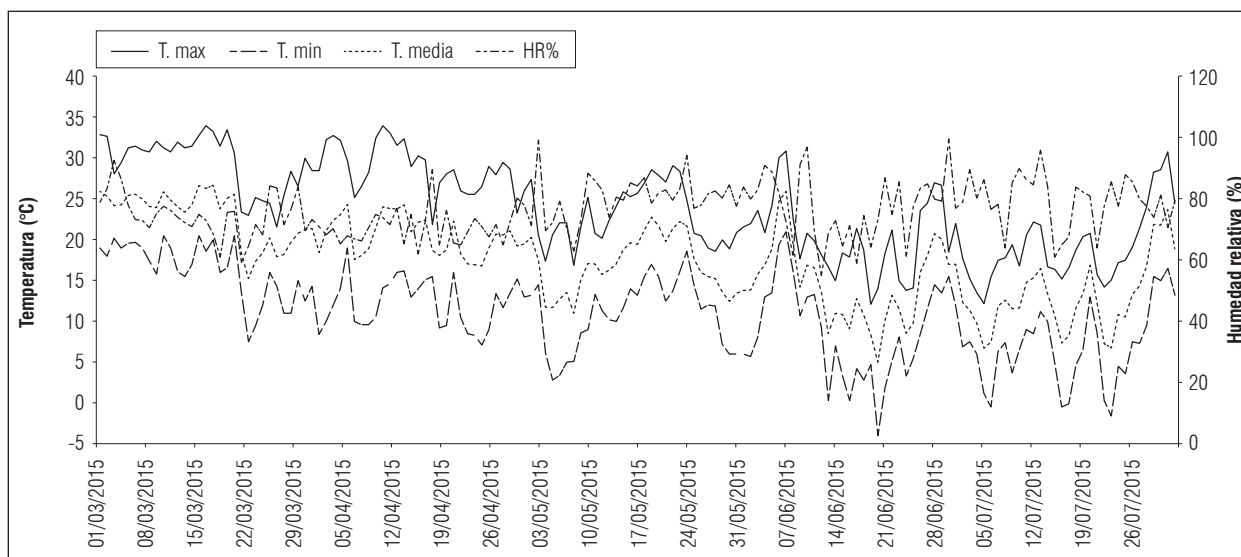
**Tabla 1. Plantas con ingredientes activos para controlar plagas, basado en Yong-Lak y Hun-Hyung (2016).**

Planta	Nombre vulgar	Presentación	Grupos funcionales	Efectos	Referencia
<i>Azadirachta indica</i> (A. Juss.)	Neem	Aceite	Alcaloides, carotenoides, flavonoides, cetonas, compuestos fenólicos, esteroides y triterpenos como compuestos bioactivos azadiractina, gedunin, isomargolonone, margolone, margolonone, nimbidina, nimbindina, nimbolide, y salanina	Fungicida, bactericida, insecticida-repelente y larvicida	Imran <i>et al.</i> (2010)
<i>Allium sativum</i> (L.)	Ajo	Extracto	Mono-, di-, trisulfuro de dialilo	Fungicida, bactericida, repelente, larvicida	Chung <i>et al.</i> (2007)
<i>Ruta graveolans</i> (L.)	Ruda	Extracto	Alcaloides furoquinólicos, arborina, arboritina, rutamina, graveolina, graveolina, rutacridona, furoquinolina, dictamina, metilacridona. Flavonoides rutina y quercetina	Fungicida, insecticida-nematicida	Ratheesh <i>et al.</i> (2009)
<i>Tagetes erecta</i> (L.)	Flor de muerto	Extracto	Dihidroxiacetona, $\alpha$ -felandreno, limoneno, o-cimeno, también los isómeros de $\beta$ -ocimeno, tagetona, y tagetenona	Fungicida, bactericida, insecticida-repelente, larvicida y nematicida	Sadia <i>et al.</i> (2013)
<i>Cinnamomum verum</i> (L.)	Canela	Aceite esencial	Acetato de cinamilo, aldehído cinámico, eugenol, isoeugenol 2-vinilfenol eugenol, éter metil cumarina.	Fungicida, bactericida, acaricida.	Mello <i>et al.</i> (2012)
<i>Quassia amara</i> (L.)	Cuasía	Aceite esencial	Cuasía, neocuasina, betacarbolinos, cuasinasina, cuasimarina, beta, quassialactol, quassinol, hidroxiquassina, esteroides ( $\beta$ -sitostenona, $\beta$ -sitosterol) y alcaloides	Insecticida	Cáceres <i>et al.</i> (1995)

Concordia, provincia de Entre Ríos, Argentina. El invernadero consta de una estructura metálica tipo macrotúnel con una superficie total de 240 m<sup>2</sup> orientación este-oeste con las siguientes dimensiones: 8 m de frente por 30 m de lateral, con una altura de 2,2 m en los laterales y 3,5 m en la parte central.

#### Condiciones climáticas de la zona de muestreo

En la figura 4 se visualizan los valores medios de temperatura y humedad relativa en el periodo del ensayo.



**Figura 4. Datos meteorológicos registrados por la estación meteorológica situada en la EEA INTA Concordia, durante el periodo del ensayo de marzo de 2015 hasta julio 2015 (valores de temperatura máxima, mínima y media y de humedad relativa).**

## Manejo del cultivo de pimiento

A los fines de este estudio, se utilizó el híbrido de pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.), híbrido comercial Paloma (Seminis). El día 9 de febrero de 2015 se realizó la siembra de las semillas en bandejas de plástico de 72 celdas y se regó con *Trichoderma viride/harzianum* a una dosis de 200 mL m<sup>-3</sup> junto con *Bacillus subtilis* a una dosis de 200 mL m<sup>-3</sup> para el control del mal de los almácigos (“damping off”) y de esta manera se obtuvo una planta sana hasta su trasplante el día 23 de marzo de 2015. Simultáneamente al desarrollo de los almácigos, se preparó el terreno con la técnica de biosolarización para su posterior trasplante, el que se efectuó en el momento que la planta alcanzara aproximadamente 40 d de edad con un marco de plantación de 1,20 m entre líneas y 0,40 m entre plantas. Las plantas se condujeron con malla espaldera.

Una semana después del trasplante se comenzó con el riego y la fertilización, según las necesidades del cultivo. A los fines de la fertirrigación, se utilizó el fertilizante líquido orgánico Nutrire®, que fue suministrado semanalmente. Luego, se observó que determinadas plagas y enfermedades se encontraban en un umbral tal de intervención que se decidió realizar un tratamiento fitosanitario con producto biorracional a base de azadiractina (NeemAza-T/S®) 0,4%, oleato de potasio (Hydralene®) 2% mediante monitoreos semanales sobre las plagas, a saber: trips (*Frankliniella occidentalis* Pergande), arañuela roja (*Tetranychus urticae* Koch), araña blanca (*Poliphagotarsonemus latus* Banks), pulgones (*Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Aphis gossypii* (Glover), *Myzus persicae* (Sulzer)), mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius) y para el control de enfermedades como en el caso de la oidiopsis en el pimiento (*Leveillula taurica*) y podredumbre gris (*Botrytis cinerea*) se utilizó el extracto del árbol de té (Timorex®) a un dosis de 0,5%.

El pulgón fue el insecto plaga que más se registró. Se determinó la llegada a su umbral cuando alcanzó un promedio de más de ocho (ninfas + adultos) por hoja

(Polack y Mitidieri, 2005), en cuyo momento se debe realizar un control. Sin embargo, para impedir daños al cultivo ocasionados por otras plagas, se siguió el protocolo de monitoreo propuesto por Polack y Mitidieri (2005) y se decidió realizar dos aplicaciones de los productos biorracionales mencionados anteriormente para su control. Para el caso de las enfermedades en el cultivo, la única que se presentó en algunas parcelas fue la oidiopsis, la cual fue controlada eficazmente utilizando el protocolo ya descripto.

Para este estudio realizado en invernadero se construyeron cinco camellones con las siguientes dimensiones de 0,50 m de ancho y 28 m de largo, cada uno compuesto por tres parcelas donde se dispusieron 15 plantas. Las parcelas fueron delimitadas con una bordura o zonas de transición compuesta por cinco plantas con la finalidad de aislarlas. Se contó con un total de 15 parcelas homogéneas.

Con respecto al diseño experimental del ensayo, se trata de un diseño totalmente aleatorio con cinco tratamientos y tres repeticiones (parcelas), que se describen en la tabla 2. Los distintos tratamientos se distribuyeron en las parcelas en forma aleatoria. La efectividad del control de los pulgones y sus parasitoides por medio de insecticidas botánicos fue evaluada sobre la base de lecturas realizadas a través de monitoreos directos (hojas de pimiento) para obtener las siguientes variables: (a) número de adultos (ápteros + ninfas) de pulgones monitoreados en las hojas pimiento y (b) número de pulgones parasitados (mormias) en las hojas de pimiento.

Se realizaron las aplicaciones de EVs (*A. sativum*, *R. graveolans* y *T. erecta*) y AEs (*A. indica*, *C. verum*, *Q. amara*) simultáneamente con los monitoreos en las distintas parcelas. En total se realizaron 15 aplicaciones durante el ciclo con un intervalo de 7 a 10 d, de marzo a julio de 2015. Las aplicaciones de los productos naturales se efectuaron mediante pulverizador de mochila dorsal simétrico SP manual marca

**Tabla 2. Tratamientos evaluados para el control de plagas.**

Producto	Nombre	Dosis	Aplicación
Aceite esencial de cuasia	cuasia	0,35%	Dirigida a la parte aérea de la planta
Mezcla de aceites vegetales ( <i>neem</i> , <i>canela</i> ) y extracto vegetal ( <i>tagetes</i> )	M neem	0,35%	
Mezcla de extractos vegetales ( <i>ajo</i> , <i>ruda</i> )	M ajo	0,50%	
Aceite esencial de canela	canela	0,15%	
Testigo absoluto (agua)			

(Guarany®) equipada con boquilla cónica. La presión en la pulverización fue de 5 atmósferas con una descarga de líquido de  $600 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$ . La decisión de elegir varias empresas para lograr estos productos botánicos tuvo como finalidad mantener la calidad de las aplicaciones a lo largo del ensayo.

Dado que los productos botánicos son fácilmente degradables a la exposición de altas temperaturas, luz ultravioleta y a la evaporación, es necesario considerar la adición de un coadyuvante a base de lecitina de soja (Lecithin Max®) 0,2% con la finalidad de mejorar las características de adherencia, penetración y la antievaporación, el que fue provisto por la empresa Fragaría S.R.L (Villa Cañas, Santa Fe, Argentina). El momento de la aplicación de los distintos productos naturales fue durante la caída del sol en cuyas horas se registró menor insolación. Asimismo, los tratamientos se evaluaron a través de 15 monitoreos, con un intervalo de 7 a 10 d. Cabe aclarar que, con anterioridad a la aplicación de los tratamientos, en cada parcela se registró el número promedio de pulgones totales (adultos ápteros + ninfas) y pulgones parasitados (momias llenas). Todos los EVs fueron elaborados por el Laboratorio Basel (Warnes, Lanus Oeste, Buenos Aires) excepto el extracto vegetal de ajo Renap 100, que fue suministrado por la Empresa Messina Marinucci S.A. (Maipú, Mendoza, Argentina) y los aceites esenciales que fueron suministrados por el Laboratorio Euma S.A. (San Isidro, Buenos Aires, Argentina).

A fin de determinar la población de pulgones en el cultivo de pimiento, se registró el número total de pulgones (adultos ápteros + ninfas) en el envés de cuatro hojas del estrato medio de la planta. En cada parcela se eligieron cinco plantas en forma aleatoria.

En cada parcela se recolectaron semanalmente 20 hojas con pulgones parasitados (momias). Las hojas fueron elegidas del estrato medio de la planta, en cada hoja se registró el número de individuos parasitados (momias llenas), en laboratorio mediante la ayuda de una lupa estereoscópica de 10 a 40 x de magnificación, ya que las momias llenas brindan información de parasitismo a campo (Fig. 5).

Las variables descriptas anteriormente fueron evaluadas mediante un Análisis de Varianza con Medidas Repetidas a lo largo de todo el ciclo del cultivo de pimiento en el tiempo, ya que las hojas de pimiento fueron observadas repetidas veces en el periodo de tiempo que abarcó el ensayo para las mismas parcelas. De este modo, las observaciones entre una

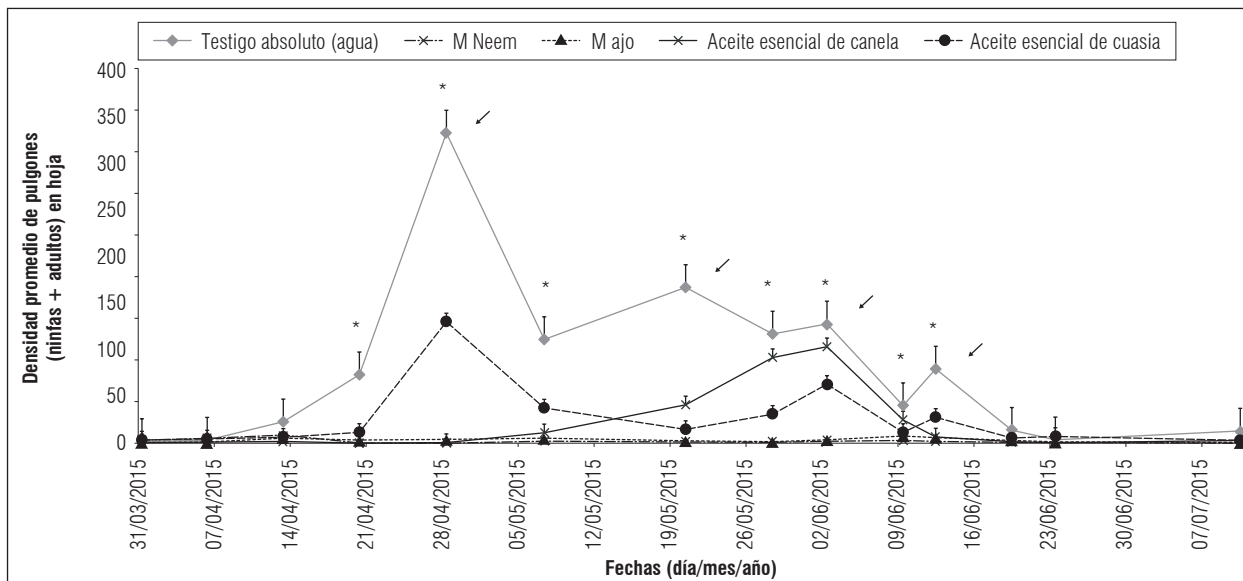


**Figura 5. Hoja de pimiento con pulgones parasitados. Foto: J.E. Castresana.**

fecha y las subsiguientes no son independientes, con lo cual resultó necesario modelar una estructura de auto correlación temporal de los errores para cumplir los supuestos del ANOVA (independencia de las observaciones). Este análisis permitió determinar si, se presentan diferencias significativas entre las medias de los distintos tratamientos, diferencias en el tiempo y efecto significativo de la interacción del tiempo con el tratamiento en cada una de las variables respuesta medidas. Estos tres factores fueron considerados efectos fijos. Debido a que la variable respuesta (número de pulgones) no se ajustó a una distribución Normal, ésta fue transformada para el análisis mediante la función raíz cuadrada. El ajuste del modelo y las pruebas de hipótesis asociadas se realizaron con el programa InfoStat/Profesional (2014). En cada uno de los casos que se detectaron efectos significativos se realizaron las pruebas *a posteriori* con un test LSD Fisher para la comparación de medias. Se estableció un nivel de significación del 5% para todo el ensayo ( $\alpha=0,05$ ).

## RESULTADOS

La figura 6 ilustra el número promedio de pulgones (adultos ápteros + ninfas) por hoja en las distintas fechas de muestreo a lo largo del ensayo para cada tratamiento. Las únicas especies de pulgones registradas de importancia son los pulgones, *M. persicae* y *A. gossypii* y aparecieron en el cultivo a partir del 31 de marzo de 2015.



**Figura 6. Densidad promedio de pulgones (ninfas + adultos) por hoja de pimienta monitoreados en el periodo del ensayo. Los asteriscos (\*) muestran diferencias estadísticas significativas entre los dos tratamientos, según la prueba de LSD Fischer ( $P \leq 0,05$ ). Las flechas indican la fecha de aplicación de tratamiento de control con productos biorracionales.**

Al inicio del ensayo se observó que el número promedio de pulgones/hoja registrados fue por debajo del umbral de daño, es decir ocho pulgones (ninfas + adultos) por hoja en todos los tratamientos (Fig. 6). A partir del 6 de abril se produjo un ligero incremento en la población de pulgones por hoja en todos los tratamientos, en los cuales se registró un pico de población en la fecha de muestreo 28 de abril (329,36 pulgones/hoja) en el tratamiento testigo absoluto como así también para el tratamiento AE cuasia (129 pulgones/hoja) mientras que en el resto de los tratamientos permaneció un número de pulgones por debajo del umbral de daño. En la siguiente fecha de muestreo 20 de mayo, el tratamiento testigo absoluto (165,49 pulgones/hoja) fue el único que nuevamente mostró un pico importante mientras que los tratamientos AE canela (40,89 pulgones/hoja) y AE cuasia (14,78 pulgones/hoja) registraron un número de pulgones por hoja menor que el primero. A continuación, en la fecha de muestreo 2 de junio se pudo observar un pico en los tres tratamientos testigo absoluto (126,80 pulgones/hoja), AE canela (102,56 pulgones/hoja) y AE cuasia (62,76 pulgones/hoja), para finalmente, registrarse en la fecha 12 de junio un último pico en el tratamiento testigo absoluto (78,96 pulgones/hoja) y AE cuasia (27,64 pulgones/hoja). Bajo estas circunstancias, cabe señalar que cada vez que se llegó a un pico se realizaron aplicaciones con productos biorracionales a todas y cada una de las parcelas que, en algunos casos, dieron como resultado un descenso de

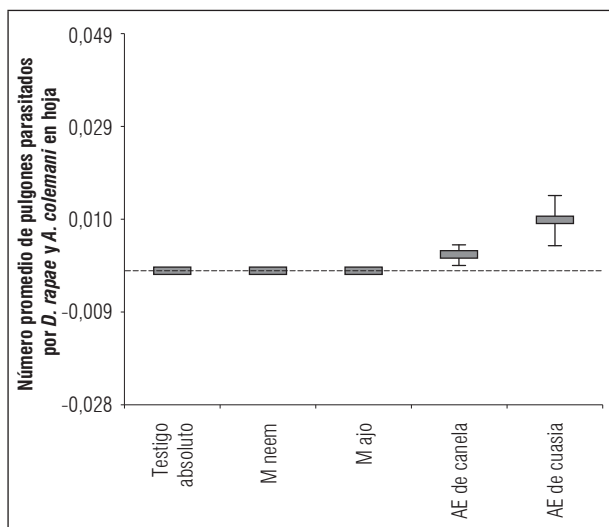
la cantidad de pulgones/hoja que evitó la mortalidad de plantas. El análisis de varianza del número de pulgones monitoreados en el período del ensayo sobre hojas de pimienta determinó un efecto significativo de la interacción entre el tiempo (fechas) y los tratamientos ( $F_{\text{tratamiento} \times \text{fecha}} = 3,97$ ;  $df = 52$ ;  $P < 0,0001$ ;  $F_{\text{tratamiento}} = 55,33$ ;  $df = 13$ ;  $P < 0,0001$ ;  $F_{\text{fecha}} = 8,58$ ;  $df = 14$ ;  $P < 0,0001$ ), situación que puede visualizarse claramente en la figura 6. Lo expuesto indica que el efecto de las formulaciones aplicadas no es independiente de las fechas de muestreo. La prueba *a posteriori* de diferencias entre medias de tratamiento para cada una de las fechas puede visualizarse con los asteriscos en la figura 6. En general se trata de diferencias del tratamiento testigo absoluto con M neem y M ajo.

**Tabla 3. Resultados de test de comparación de medias ajustadas de número de pulgones por hoja (media  $\pm$  error estándar) para cada uno de los tratamientos evaluados.**

Tratamiento	Medias
Testigo absoluto (agua)	73,27 $\pm$ 8,40 a
Aceite esencial de cuasia	24,86 $\pm$ 8,22 b
Aceite esencial de canela	19,59 $\pm$ 8,14 bc
M ajo	4,47 $\pm$ 8,04 bc
M neem	2,84 $\pm$ 7,94 c

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de LSD ( $P \leq 0,05$ ).





**Figura 7. Número promedio de pulgones parasitados por *Aphidius colemani* y *Diaeretella rapae* en hojas de pimiento a lo largo del periodo del ensayo.**

En todas las fechas de muestreo fueron identificados los parasitoides *Aphidius colemani* (Holiday) y *Diaeretella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae) (R. Paz, comunicación personal). Con respecto al parasitismo, se puede asegurar que este fue bajo en el transcurso de todo el ensayo debido a su escasa presencia y frecuencia (Fig. 7). Sin embargo, el parasitismo por *Aphidius colemani* y *Diaeretella rapae* fue significativamente mayor durante el período del ensayo en el tratamiento con AE de cuasia ( $F_{\text{tratamiento}} = 3,25$ ;  $df = 4$ ;  $P \leq 0,0128$ ) (Fig. 8). La prueba *a posteriori* Tukey confirmó que las parcelas tratadas con AE de cuasia tuvieron un número promedio significativamente mayor ( $0,011 \pm 0,0025$  pulgones parasitados/hoja) que el resto de los tratamientos.

## DISCUSIÓN

Con respecto a la fluctuación poblacional de pulgones, los resultados observados en este estudio evidenciaron que, de los cinco tratamientos evaluados durante todo el ciclo del cultivo, sólo en dos tratamientos M neem y M ajo se registró un menor número de individuos por debajo del umbral de daño, tal como se visualiza en la figura 6. Este resultado tuvo lugar como consecuencia, por un lado, por una mayor acción repelente o antialimentaria (comprobada luego del monitoreo sobre las hojas y no apreciarse restos de pulgones muertos) y, por otro lado, por su acción insecticida (comprobada luego de varios monitoreos sobre las hojas tratadas y advertir la presencia de restos de pulgones muertos).



**Figura 8. Parasitoides de pulgones y pulgones parasitados (momias). Foto: J.E. Castresana.**

En el estudio se observó que las plantas tratadas con extractos/aceites esenciales de vegetales presentaron en todo momento un menor número promedio de pulgones (adultos y ninfas) con respecto al testigo absoluto, lo cual indicó un efecto antialimentario en los pulgones.

Por consiguiente, es evidente que, si bien todos los extractos/aceites vegetales poseen sustancias que causan efecto antialimentario en los adultos y ninfas de *M. persicae* y *A. gossypii*, la variedad de principios activos que ellos contienen hace muy difícil especificar la sustancia que ocasiona dicho efecto (Walker y Perring, 1994).

En cuanto al tratamiento M neem, compuesto por aceite de neem (*Azadirachta indica*), aceite esencial de canela (*C. verum*) y extracto de copete (*Tagetes erecta*), su aplicación presentó un efecto disuasivo a la dosis aplicada (0,35%). Este efecto podría surgir como resultado de varios compuestos químicos producidos por extractos y aceites esenciales vegetales con actividad repelente antialimentario o insecticida, tal como puede observarse en la tabla 1. Estos resultados están avalados por estudios realizados por (Andrade *et al.*, 2012), quienes expresaron que el principal componente del aceite de neem (Azadiractina) produce una serie de efectos en los insectos, principalmente antialimentaria, crecimiento deficiente, problemas de fecundidad, defectos en la muda, anomalías morfológicas y alteraciones en el comportamiento.

Continuando con el segundo componente de la mezcla, es decir, el AE de canela, Cheng *et al.* (2009) investigaron los componentes químicos de los AEs de hojas



de seis especies de *Cinnamomun* (canela) y mostraron su acción larvicida sobre tres especies de mosquitos (*Aedes albopictus*, *Culex quinquefasciatus* y *Armigeres sulbabatus*) con diferencias significativas en la mortandad de los insectos durante las 24 y 48 h, debido al principio activo trans-cinamaldehído existente en el AE de canela, ya que posee capacidad larvicida y de repelencia hacia adultos de *A. aegypti* y *C. quinquefasciatus* (Prajapati *et al.*, 2005). Asimismo, otras investigaciones previas que incluían cinamaldehído (aceite esencial de canela, *Cinnamomun verum*) realizadas por Hilje (2001) determinaron que una pequeña dosis de 0,1% (v/v) sobre adultos de *Bemisia tabaci* provocaban un efecto gago y ovidisuasivo.

Por último, en cuanto al componente restante de la mezcla el extracto de tagetes (*Tagetes erecta*), Lovato (2012) demostró que las soluciones etílicas de *T. minuta* tienen efecto insecticida, derivados de bitienilo y del alfa-tertienilo. En definitiva, la poca cantidad de pulgones vivos en las hojas de pimiento presupone que, aún aquellos que inicialmente hayan elegido la planta tratada en algún momento, estuvieron en contacto con estos compuestos naturales que produjeron un efecto antialimentario que provocó su muerte.

Para el tratamiento con M ajo compuesto por EV de ajo (*Allium sativum*) y EV de ruda (*Ruta graveolans*), su aplicación presentó un efecto disuasivo a la dosis aplicada (0,50%). Este efecto podría surgir como resultado de varios compuestos químicos producidos por estos extractos y aceites esenciales vegetales con actividad repelente antialimentario o insecticida, tal como se observa en la tabla 1. La mayor parte de la actividad biológica de los *Allium* se debe a las sustancias volátiles derivadas de aminoácidos azufrados, los cuales son emitidos durante la descomposición celular (Jaillais *et al.*, 1999). En tanto el aceite de *Allium sativum* como uno de sus componentes alil-isotiocianato demostraron aumentar la mortandad de las cucarachas alemanas adultas *Blattella germanica* (Tunaz *et al.*, 2009).

En relación con el extracto de ruda *R. graveolans*, si bien tiene efectos adversos sobre nematodos (larvicida y adulticida), también se le reconoce propiedades farmacológicas como la anticonceptiva, herbicida, citotóxica, fungicida y antiinflamatoria (Ratheesh *et al.*, 2009).

En resumen, los tratamientos M ajo y M neem mantuvieron el mismo comportamiento, registrándose un

número promedio de pulgones vivos en las hojas de pimiento por debajo del umbral de daño.

En lo que concierne a los pulgones parasitados (momias) por hoja, los resultados obtenidos en este ensayo mostraron que, en las plantas tratadas con AE de cuasia, el número de momias por hoja fue  $(0,01 \pm 0,0025)$  significativamente mayor que en los otros tratamientos (Fig. 7). Esta observación fue corroborada con los resultados obtenidos de (Ocampo, 1995) quien demostró que el EV de cuasia no afecta a los insectos benéficos, como las abejas polinizadoras (Apidae) y las vaquitas depredadoras (Coccinellidae). Sin embargo, se debe aclarar que en este caso se utilizó el AE de cuasia, que tal como fue explicado anteriormente, no tuvo un efecto significativo en disuadir a los pulgones de colonizar las hojas ni en los parasitoides de pulgones, lo que produce un mayor número de pulgones parasitados (momias). Asimismo, en el tratamiento con AE de canela se obtuvo un efecto disuasivo similar. En lo que respecta a las plantas en el tratamiento testigo absoluto, en el que se pulverizó con agua, hubo escasos registros de pulgones parasitados. En consecuencia, se puede inferir que la ubicación de las parcelas intercaladas cerca de las parcelas de los tratamientos donde se aplicaban las mezclas M ajo y M neem pudo haber permitido la llegada de sustancias volátiles que pudieron haber modificado su comportamiento de atracción y búsqueda de los parasitoides a las colonias de pulgones. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Reddy y Gerrero (2004), quienes estudiaron los compuestos volátiles liberados por plantas atacadas por insectos herbívoros que favorecen la atracción de uno o más enemigos naturales específicos, sirviendo de esta manera como una de las diversas opciones de defensa. Cabe mencionar que, en general, en todos estos tratamientos aplicados a lo largo del periodo del ensayo se ha registrado un muy bajo número promedio de los pulgones parasitados.

## CONCLUSIONES

Los tratamientos M neem y M ajo resultaron ser los más eficaces en mantener las poblaciones de pulgones por debajo del umbral de daño.

En todos los tratamientos, ya sean con anterioridad o posterioridad, la aplicación se presentó en forma espontánea la fauna benéfica (depredadores y parasitoides). Sin embargo, el tratamiento con AE de cuasia fue el que registró mayor número de pulgones parasitados (momias).

La utilización de productos botánicos es una alternativa que, utilizada en el contexto de un manejo integrado de plaga (MIP) en pimiento, disminuye el impacto adverso de los insecticidas sintéticos en los productos hortícolas, destinados a certificación orgánica, ya que contribuye a la obtención de un sistema productivo ecológicamente sustentable.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al INTA por su apoyo económico, bajo el marco de los siguientes proyectos: (1) Proyecto específico INTA - PNHFA 1106082 "Tecnología apropiada para la sustentabilidad con énfasis en sistemas hortícolas con énfasis en cultivos protegidos"; (2) REDAE Red de Agroecología - INTA. (3) Proyecto Regional con Enfoque Territorial INTA - PRETERIOS 1263305 "Contribuir al desarrollo socio económico del noreste de Entre Ríos en un marco de competitividad, salud ambiental y equidad social". También queremos expresar el agradecimiento a los auxiliares técnicos Mario Vergara e Iván Villagra por su colaboración en tareas de campo y a la traductora pública Mónica Castresana por su colaboración en la edición y corrección del texto.

**Conflicto de intereses:** el manuscrito fue preparado y revisado con la participación de los autores, quienes declaran no tener algún conflicto de interés que coloquen en riesgo la validez de los resultados aquí presentados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, L. H., J.V. Oliveira, M.O. Breda, E.J. Marques e I.M.M. Lima. 2012. Efeitos de inseticidas botânicos sobre a taxa instantânea de crescimento populacional de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em algodão. *Acta Scient. Agron.* 34(2), 119-124.
- Batish, D.R., H.P. Singh, R.K. Kohli y S. Kaur. 2008. Eucalyptus essential as natural pesticide. *For. Ecol. Manag.* 256, 2166-2174. Doi: 10.1016/j.foreco.2008.08.008
- Cáceres, A., T. Mejia, R.A. Ocampo y R. Villalobos. 1995. *Quassia amara* L. ex Blom (Simaroubaceae). Revisión bibliográfica. pp. 159-178. En: Ocampo, R.A. (ed.). Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Informe Técnico No. 267. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CASAFE. 2013. Guía de productos fitosanitarios. En: <http://www.casafe.org/publicaciones/guia-de-productos-fitosanitarios>; consulta: junio de 2015.
- Celis, A., C. Mendoza, M. Pachón, J. Cardona, W. Delgado y L. E. Cuca. 2008. Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agron. Colomb.* 26 (1), 97-106.
- Cheng, S., J. Liu, C. Han, Y. Hsui, W. Chen y S. Chang. 2009. Insecticidal activities of leaf essential oils from *Cinnamomum osmophleum* against three mosquito species. *Bioresource Technol.* 100(1), 457-464. Doi: 10.1016/j.biortech.2008.02.030
- Chung, I., S. Kwon, S. T. Shim y K. Kyung. 2007. Synergistic antiyeast activity of garlic oil and allyl alcohol derived from alliin in garlic. *J. Food Sci.* 72, M437-M440. Doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00545.x
- Hilje, L. 2001. Avances hacia el manejo sostenible del complejo *Bemisia tabaci*-geminivirus en tomate, en Costa Rica. *Manejo Integr. Plagas* 61, 70-81.
- Imran, M., H. Khan, M. Shah y F. Khan. 2010. Chemical composition and antioxidant activity of certain *Morus* species. *J. Zhejiang Univ. Sci. B* 11(12), 973-980. Doi: 10.1631/jzus.B1000173
- InfoStat, 2014. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Jaillais, B., F. Cadoux y J. et Jauger. 1999. SPME-HPLC analysis of *Allium* lacrimatory factor and thio-sulfinates. *Talanta* 50, 423-431. Doi: 10.1016/S0039-9140(99)00124-1
- Leng, P., Z. Zhang, G. Pan y M. Zhao. 2011. Applications and development trends in biopesticides. *Afr. J. Biotechnol.* 10 (86), 19864-19873.
- Lovato, P.B. 2012. As plantas bioativas como estratégia tecnológica à transição agroecológica na agricultura familiar. Tesis de doctorado. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-SP, Brasil.
- Mello, S., A. Cunha, G. Neudí, F. Luiz y C. Werneck. 2012. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from selected herbs cultivated in the south of Brazil against food spoilage and foodborne pathogens. *Ciênc. Rural* 42(7), 1300-1306. Doi: 10.1590/S0103-84782012000700026
- Nault, L.R. 1997. Arthropod transmission of plant viruses: A new synthesis. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 90, 521-541. Doi: 10.1093/aesa/90.5.521
- Ocampo, R.A. 1995. Estado de la investigación en Hombro grande (*Quassia amara*) en Centroamérica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.
- Prajapati, V., A.K. Tripathi, K.K. Aggarwal y S.P.S. Khanuja. 2005. Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Bioresource Technol.* 96(16), 1749-757. Doi: 10.1016/j.biortech.2005.01.007
- Polack, L. y M. Mitidieri (ex aequo). 2005. Producción de tomate diferenciado. Protocolo preliminar de manejo integrado de plagas y enfermedades. En: EEA San

- Pedro, INTA, [http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/pdf/protocolo\\_manejo\\_de\\_plagas\\_tomate\\_2005.pdf](http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/pdf/protocolo_manejo_de_plagas_tomate_2005.pdf); consulta: enero de 2015.
- Quisenbery, S. S. y N. Xinzhi. 2007. Feeding injury. pp. 331-352. En: Van Emden, H.F. y R. Harrington (eds.). *Aphids as crop pests*. CAB International, Wallingford, UK. Doi: 10.1079/9780851998190.0331
- Ratheesh, M., G.L. Shyny y A. Helen. 2009. Methanolic extract of *Ruta graveolens* L. inhibits inflammation and oxidative stress in adjuvant induced model of arthritis in rats. *Inflammopharmacol.* 17(2), 100-105. Doi: 10.1007/s10787-009-8044-0
- Reddy, G. y A. Guerrero. 2004. Interactions of insect pheromones and plant semiochemicals. *Trends Plant Sci.* 9, 253-261. Doi: 10.1016/j.tplants.2004.03.009
- Regnault-Roger, C., C. Vincent y J. Thor. 2012. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annu. Rev. Entomol.* 57, 405-424. Doi: 10.1146/annurev-ento-120710-100554
- Rodríguez, H.C. y J.D. Vendramim. 2008. Substancias vegetales para el manejo de las moscas blancas. pp. 83-102. En: Infante G., S. (ed.). *Moscas blancas - temas selectos sobre su manejo*. Mundi Prensa, México, D.F.
- Sadia, S., S. Khalid, R. Qureshi y A.A. Bajwa. 2013. *Tagetes minuta* L., a useful underutilized plant of family Asteraceae: a review. *Pak. J. Weed Sci. Res.* 19(2), 179-189.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2014. Pulgón amarillo *Melanaphis sacchari* (Zehntner). Ficha técnica No. 43. Dirección General de Sanidad Vegetal, Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, México, D.F.
- Smith, K.M. 1972. *A textbook of plant virus diseases*. 3<sup>rd</sup> ed. Academic Press, New York, USA.
- Tunaz, H., M.K. Er y A.A. İşikber. 2009. Fumigant toxicity of plant essential oils and selected monoterpenoid components against the adult German cockroach, *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae). *Turk. J. Agric. For.* 33(2), 211-217.
- Van Blom, J. 2008. Pimiento bajo abrigo. pp. 399-409. En: Jacas, J.A. y A. Urbaneja (eds.). *Control biológico de plagas agrícolas*. Phytoma, Valencia, España.
- Walker, G.P. y T.M. Perring. 1994. Feeding and ovoposition behavior of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) interpreted from AC electronic feeding monitoring waveforms. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 87(3), 363-374. Doi: 10.1093/aesa/87.3.363
- Yong-Lak, P. y T. Hun-Hyung 2016. Essential oil for arthropod pest management in agricultural production systems. pp. 61-70. En: Preedy, V.R. (ed.). *Essential oils in food preservation, flavor and safety*. Academic Press, Cambridge, USA.