

Señores

Revista Facultad de Ciencias Básicas

Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas

Universidad Militar Nueva Granada

Reciban un cordial saludo. Mediante la presente los autores ponemos en su conocimiento las respuestas y modificaciones realizadas al artículo titulado “AVANCES DEL MANEJO INTEGRADO DE *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae)”, de acuerdo con el concepto recibido de los evaluadores, particularmente el evaluador 1:

Abstract

Se aceptaron algunos cambios realizados por el evaluador y se realizaron cambios adicionales de redacción.

Palabras Clave:

Se acepta la inclusión de cogollero del tomate, parasitoides y depredadores en las palabras clave.

Keywords:

Se acepta la inclusión de Tomato leafminer, parasitoids y predators en las keywords.

Introducción

En la introducción se realizaron los siguientes cambios (En rojo, cambio sugerido por evaluador)

Sugerencia del evaluador:

El cogollero del tomate *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (**Lepidóptera**: Gelechiidae), es una de las plagas más reiteradas en los cultivos de tomate en Colombia (Morales et al. 2013; Morales et al. 2014). Las pérdidas causadas por esta **plaga dependen del estado** fenológico de la planta hospedera, **pudiendo al 100% debido** al ataque sobre hojas, flores, tallos y frutos (Guedes y Picanço, 2012; Martins et al. 2016).

Texto definitivo (En amarillo, textos con modificaciones de los autores)

El cogollero del tomate *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidóptera: Gelechiidae), es una de las plagas más reiteradas en los cultivos de tomate en Colombia (Morales et al., 2013; Morales et al., 2014). Las pérdidas causadas por esta plaga dependen del estado fenológico de la planta hospedera **alcanzando hasta 100%**, debido al ataque sobre hojas, flores, tallos y frutos (Guedes y Picanço, 2012; Martins et al., 2016).

Sugerencia del evaluador (En rojo, cambios sugeridos por el evaluador, en gris textos suprimidos).

Para el control de esta plaga, se utilizan frecuentemente productos químicos (Gul et al. 2016) como imidaclopid, spinosad, triflururón, clorfenapir y abamectin (Collavino y Giménez, 2001; Virgala, 2006; Campos et al. 2014). Sin embargo, la eficiencia de este tipo de control no es muy elevada frente a larvas ya que se desarrollan en tejidos internos de la planta, lo que le permite tener una cierta protección frente al contacto con insecticidas. Además, *T. absoluta* posee una alta habilidad de desarrollar resistencia a insecticidas como abamectina y spinosad, como ha sido reportado por numerosos autores como Siqueira et al. (2001), Mohan et al. (2007), Vacas et al. (2013), Campos et al. (2014); Ghoneim, (2014) entre otros, lo que dificulta aún más su control. Por tanto, las estrategias actuales de control deben buscar la reducción del uso de pesticidas y la integración de diferentes estrategias (Bawin et al., 2014).

Texto definitivo

Para el control de esta plaga se usan frecuentemente productos químicos, especialmente de amplio espectro, como los carbamatos, organofosforados y piretroides (Gul et al., 2016). Para el caso del control en *T. absoluta*, Imidacloprid, Spinosad, Triflururón, Clorfenapir y Abamectina son los más usados (Collavino y Giménez, 2001; Virgala, 2006; Campos et al., 2014). Sin embargo, la eficiencia de este tipo de control puede disminuir debido al hábito de desarrollo del cogollero del tomate cuyo estado larval se lleva a cabo en tejidos internos de la planta, lo que le permite una cierta protección al efecto de insecticidas de contacto. Además, *T. absoluta* posee una alta habilidad de desarrollar resistencia a insecticidas como Abamectina y Spinosad, como ha sido reportado por numerosos autores como Siqueira et al., (2001), Mohan et al., (2007), Vacas et al., (2013), Campos et al., (2014); Ghoneim, (2014) entre otros.

Por situaciones como las planteadas anteriormente, Bawin et al., (2014), hacen referencia a que las estrategias actuales de control deben buscar la reducción de los pesticidas sintéticos y la integración de diferentes estrategias.

Sugerencia del evaluador:

Una interesante alternativa, es el uso de control biológico. Según Bajonero et al. (2008), en Colombia uno de los principales agentes biológicos para el control de *T. absoluta* es el parasitoide *Apanteles gelechiidivoris* Marsh 1975 (Hymenoptera: Braconidae) que ataca con preferencia larvas de tercer instar como recurso de oviposición. La eficacia del control de *T. absoluta*, puede alcanzar hasta del 80% cuando el uso de este parasitoide se combina con el control etológico (Morales et al. 2014). Sin embargo, para que un cultivo comercial sea sostenible, es necesario el uso combinado y racional de diferentes tácticas de control (Hardy, 2011) y el control químico sigue siendo una de las estrategias mas usadas en el MIP de cultivos hortícolas (Abbes et al. 2015). Por lo tanto, el uso de pesticidas selectivos es fundamental para el éxito de otras estrategias mas respetuosas, como el uso de enemigos naturales. Por tanto, es necesario realizar estudios de los efectos de los productos fitosanitarios sobre los agentes benéficos si se van a usar conjuntamente (Desneux et al. 2007). El conocimiento de su selectividad nos permitirá formular directrices para el uso de métodos apropiados de control (Babendreier et al. 2005).

Texto definitivo:

Según Bajonero et al., (2008), en Colombia uno de los principales agentes biológicos para el control de *T. absoluta* es el parasitoide *Apanteles gelechiidivoris* Marsh 1975 (Hymenoptera: Braconidae) el cual ataca con preferencia larvas de tercer instar de *T. absoluta* como recurso de oviposición. Existen reportes de efectividad en campo de este método de control hasta del 80% cuando la estrategia es combinada con el control etológico (Morales et al., 2014).

Para que un cultivo comercial sea sostenible es necesario el uso combinado y racional de diferentes tácticas de control (Hardy, 2011) y es claro que el control químico sigue siendo una de las piedras angulares en el MIP, especialmente valioso en cultivos hortícolas (Abbes et al., 2015). Por lo tanto, el uso de pesticidas selectivos es fundamental para el éxito en el control de plagas o enfermedades, causando los menores impactos sobre otros componentes del sistema como los enemigos naturales. Por esta razón, es necesario realizar estudios de los efectos de los productos fitosanitarios sobre los agentes benéficos (Desneux et al., 2007). Estudios de selectividad proporcionan el primer paso hacia la formulación de directrices para el uso de métodos apropiados de control (Babendreier et al., 2005).

Sugerencias del evaluador:

Diversos estudios de selectividad de pesticidas sobre agentes de control biológico se han basado en la determinación de sus efectos letales, calculando la dosis letal (DL50) o la concentración letal (CL50) media (Umoru y Powell, 2002; Desneux et al. 2007; Talebi et al. 2008; Sattar et al. 2011). Otros estudios, determinan también efectos subletales o tienen en cuenta efectos a nivel de poblaciones (Desneux et al. 2007; García, 2009; Castiglioni et al. 2008; Santos et al. 2016). El estudio de los efectos subletales se considera cada vez más importante porque en los individuos que sobreviven a la exposición de los pesticidas, tanto su fisiología como su comportamiento se ha podido ver afectado (Desneux et al. 2007).

En este trabajo se pasa revista a diferentes aspectos de la biología-ecología de *T. absoluta* y se revisan los avances más significativos en su control de mediante el empleo de *A. gelechiidivoris*. Además se discuten aspectos relativos a la necesidad de adelantar estudios de compatibilidad del parasitoide con estrategias de manejo químico.

Texto definitivo:

Diversos estudios de selectividad de pesticidas sobre agentes de control biológico se han basado en la determinación de sus efectos letales mediante estudios de dosis letal media (DL50) o la concentración letal (CL50) (Umoru y Powell, 2002; Desneux et al., 2007; Talebi et al., 2008; Sattar et al., 2011). Recientemente los estudios tienen en cuenta efectos a nivel de poblaciones y efectos subletales (Castiglioni et al., 2008). A pesar de esto no existen suficientes investigaciones acerca de los efectos letales y subletales de productos fitosanitarios sobre especies no objetivo (Santos et al., 2016) y particularmente los efectos subletales han sido menos estudiados (Desneux et al., 2007; García, 2009). Estos pueden ser definidos como efectos sobre la fisiología o sobre el comportamiento de los individuos que sobreviven a la exposición de los pesticidas (Desneux et al., 2007).

Sugerencia del evaluador

CONTROL BIOLOGICO DE *T. absoluta* ...añadir los autores tras los organismos citados la primera vez

Texto definitivo

Se acoge la sugerencia. En el título se nombra por primera vez y se añadió el autor.

Sugerencia del evaluador

ENTOMOPATOGENOS

Alternativa escasamente estudiada para el control de *T. absoluta* es el uso de entomopatógenos, entre los cuales se encuentran hongos, bacterias, nematodos y virus.

Según la revisión de Gómez (2014) los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* producen en laboratorio, mortalidades de larvas de *T. absoluta* que oscilan entre el 30% y el 86% (Kaoud, 2014; Rodríguez et al. 2006; Giustolin et al. 2001; Torres Gregorio et al. 2009) o el 60 y el 90% (Rodríguez y Gerding, 2006). *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* causa en general una menor mortalidad de las larvas que *B. bassiana*, aunque Pires et al. (2010) reporta una eficacia del 80% en huevos.

Otro de los organismos entomopatógenos usados frecuentemente en tomate como estrategia de manejo sostenible, es la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* (González-Cabrera et al., 2010; Luna et al. (2012) que puede causar mortalidades de larvas entre el 80% y el 100% (Ramírez et al. 2010), aunque estos resultados no han sido consistentes en condiciones más reales como en invernadero (Delbene, 2001). adicionalmente se ha determinado que son necesarias altas dosis de los hongos para ocasionar una mortalidad significativa (Shalaby et al. 2013), revelando la necesidad de continuar con estudios en este sentido. ¿?????

Los nematodos, tambien pueden ser eficaces y *Steinernema feltiae*, *S. carpocapsae* y *Heterorhabditis bacteriophora* en invernadero controlaron larvas entre un 87% y un 95% (Batalla-Carrera et al., 2010).

En Colombia se evalua la presencia de granulovirus aislados de larvas de *T. absoluta* de las regiones de Boyacá y Cundinamarca, con potencial de control de la plaga en cultivos de tomate (Gómez-Valderrama et al., 2014).

Texto definitivo:

Una alternativa escasamente estudiada para el control de *T. absoluta* es el uso de entomopatógenos, entre los cuales se encuentran hongos, bacterias, nematodos y virus.

Según la revisión de Gómez (2014), los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, producen en condiciones de laboratorio mortalidades en larvas de *T. absoluta* que oscilan entre el 30% y el 86% (Kaoud, 2014; Rodríguez et al., 2006; Giustolin et al., 2001; Torres Gregorio et al., 2009).

Rodríguez y Gerding, (2006) concluyeron que el hongo entomopatógeno *B. bassiana* presenta control entre 60 y 90% dependiendo de la condición de exposición. Igualmente, también fue evaluado *M. anisopliae* var. *anisopliae* con el cual se presentó una menor mortalidad de las larvas con respecto a *B. bassiana*. Sin embargo, cuando huevos de *T. absoluta* eran expuestos a *M. anisopliae*, el porcentaje de control alcanzó el 80% (Pires et al., 2010).

Otro de los organismos entomopatógenos usados frecuentemente es la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis*. Estudios de efectividad de esta bacteria muestran una mortalidad de larvas entre 80% y 100% (Ramírez et al., 2010). Sin embargo, estos resultados no han sido consistentes en condiciones más reales como en invernadero (Delbene, 2003).

En relación con el uso de nematodos, Batalla-Carrera et al., (2010) demostraron que pueden ser eficaces: *Steinernema feltiae*, *S. carpocapsae* y *Heterorhabditis bacteriophora* en invernadero controlaron larvas entre un 87% y un 95%.

En Colombia se han realizado estudios orientados a encontrar y evaluar la presencia de granulovirus aislados de *T. absoluta* en Boyacá y Cundinamarca. Gómez-Valderrama et al., (2014), obtuvieron ocho aislados provenientes de larvas infectadas, con potencial de control de la plaga en cultivos de tomate.

Sugerencia del evaluador:

CONTROL ETOLÓGICO

La comunicación química también ha sido estudiada como alternativa al uso de productos químicos (González et al. 2012), y el uso de feromonas se considera como la primera línea de defensa contra *T. absoluta* tanto en campo abierto como en invernaderos, ya que se utilizan para fines de seguimiento y de eliminación de machos (Lobos et al. 2013; Megido et al. 2013). Esta técnica está patentada por la empresa Shin-Etsu Chemical Co., Ltd de Tokyo (Mochizuki et al. 2012). El principal componente de la feromona es (3E,8Z,11Z)-3,8,11-tetradecatrien-1-yl acetato, identificado por Attygalle et al. (1995) citados por Mafra-Neto et al. (2010).

Además del monitoreo, el uso de feromonas ha sido empleado con éxito para el control de adultos de *T. absoluta*, para detección temprana (Marja et al. 2011) y para la técnica de interrupción de la cópula (Vacas et al. 2011; Chermiti y Abbes, 2012; Caparros et al. 2013; Cocco et al. 2013). En Italia, 1.000 dispensadores por hectárea redujeron entre el 93 y el 99% el daño en hojas y frutos (Cocco et al. 2013) pero esta estrategia puede ser más costosa que el control químico convencional, por lo que urge optimizar las tasas de emisión del producto.

Algunos autores sin embargo [Michereff Filho et al. (2000); Hassan y Alzaidi, (2009), Vacas et al. (2011); Vacas et al. (2013); Taha et al. (2013)] aducen que el uso de feromonas no es muy eficaz porque las hembras pueden reproducirse también por partenogénesis deuterotónica (Caparros et al. 2012). El mejor uso de esta estrategia es a través de su implementación en programas de MIP en trampas tales como las delta y las de agua, o en zonas de carga y descarga de camiones como se ha visto en Holanda (Marja et al., 2011).

En Colombia Morales et al. (2014) realizaron estudios de acción combinada entre el parasitoide *A. gelechiidivoris* y una feromona cuyo componente principal es Tetradecatrienelina (3E, 8Z, 11Z). Una de las conclusiones obtenidas de este trabajo es que el conocimiento de la distribución espacial de la plaga permite tomar medidas de

control sobre el cultivo desde sus etapas **iniciales, por lo que** la instalación de trampas de feromona y **la liberación del parasitoide** aseguran un control constante en el tiempo y una efectividad en el control de **las poblaciones** de la plaga **de** hasta **el** 86,38 %.

Texto definitivo:

CONTROL ETOLÓGICO

La comunicación química también ha sido estudiada como alternativa al uso de productos químicos (González et al., 2012), y el uso de feromonas se considera como la primera línea de defensa contra *T. absoluta* tanto en campo abierto como en invernaderos, ya que se utilizan para fines de seguimiento y de eliminación de machos (Lobos et al., 2013; Megido et al., 2013). Esta técnica está patentada por la empresa Shin-Etsu Chemical Co., Ltd de Tokyo (Mochizuki et al., 2012). El principal componente de la feromona es (3E,8Z,11Z)- 3,8,11-tetradecatrien-1-yl acetato, identificado por Attygalle et al., (1995) citados por Mafra-Neto et al., (2010). Además del monitoreo, el uso de feromonas ha sido empleado con éxito para el control de adultos de *T. absoluta*, para detección temprana (Marja et al., 2011) y para la técnica de interrupción de la cópula (Vacas et al., 2011; Chermiti y Abbes, 2012; Caparros et al., 2013; Cocco et al., 2013). **Tal es el caso en Italia donde** empleando una densidad de 1000 dispensadores por hectárea **se obtuvo una reducción** entre el 93% y el 99% del daño en hojas y frutos (Cocco et al., 2013). De acuerdo con este estudio actualmente esta estrategia puede ser más costosa que el control químico convencional. **Sin embargo, sugieren los autores que pueden reducirse costos si se optimizan las tasas de emisión del producto.**

Algunos autores como Michereff Filho et al., (2000), Hassan y Alzaidi, (2009), Vacas et al., (2011), Vacas et al., (2013) y más recientemente Taha et al., (2013), han expresado que estrategias basadas en el uso de feromonas para el manejo de *T. absoluta* han mostrado pocos resultados, aparentemente por la habilidad de las hembras de reproducirse por partenogénesis deuterotóquica (Caparros et al., 2012). Por lo anterior, estas estrategias deben ser implementadas dentro de programas MIP haciendo uso de distintos tipos de trampas, tales como las trampas delta y las trampas de agua, o en zonas de cargue y descargue de camiones, tal como lo mencionan Marja et al., (2011) **para el caso de** Holanda.

En Colombia Morales et al., (2014) realizaron estudios de acción combinada entre el parasitoide *A. gelechiidivoris* y una feromona cuyo componente principal es Tetradicatrienelina (3E, 8Z, 11Z). Una de las conclusiones obtenidas de este trabajo es que el conocimiento de la distribución espacial de la plaga permite tomar medidas de control sobre el cultivo desde sus etapas iniciales. Es decir, la toma de medidas como la instalación de trampas de feromona y liberación de avispas de *A. gelechiidivoris* aseguran un control constante en el tiempo y de esta manera se logra una efectividad en el control de poblaciones de la plaga hasta en un 86,38 %.

CONTROL BIOLÓGICO CON ENTOMÓFAGOS

Sugerencias del evaluador (El texto resaltado en azul se ubicó más adelante en el texto definitivo)

Hay varios enemigos naturales, depredadores y parasitoides, prometedores para el control de *T. absoluta*.

En el Mediterráneo **hay varias especies nativas** (Al-Jboory et al. 2012). **Zappala et al. (2012), hicieron un levantamiento de parasitoides en el suroriente de Italia, e identificaron 13 especies que corresponden a 10 géneros de las siguientes familias: Ichneumonidae, Braconidae, Eulophidae, Elasmidae, Pteromalidae y**

Trichogrammatidae. Posteriormente, Zappala et al. (2013) reportan la existencia de varios depredadores y parasitoides en cultivos de tomate en Europa y en el Norte de África. Muchos Miridae nativos, han sido empleados en estrategias de manejo integrado de plagas en diversos países (MIP) (Castañe et al. 2011; Molla et al. 2010; Cabello et al. 2012; Zappala et al. 2012; Chailleux et al. 2013), Sin embargo, aún se adelantan ensayos para identificar la efectividad de especies de enemigos naturales en áreas invadidas (Chailleux et al. 2012; Gabarra et al. 2014). En España, el chinche depredador *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Heteroptera: Miridae) puede controlar muy bien tanto poblaciones de moscas blancas como de *T. absoluta* (Marja et al., 2011). El chinche consume huevos y pequeñas larvas de *T. absoluta*, pero sus poblaciones se desarrollan lentamente, razón por la cual es necesario realizar múltiples introducciones adicionales (Urbaneja et al. 2009). Sin embargo, en invernaderos holandeses, este enemigo natural no fue eficaz cuando las poblaciones de la plaga estaban en bajas densidades. Para los mismos autores (Marja et al. 2011), altas infestaciones de *T. absoluta* en el suroriente de Europa aparentemente provocan el desarrollo de poblaciones de parasitoides nativos. (Desneux et al. 2010), lo cual indica que enemigos naturales nativos se están adaptando a la plaga exótica. ¿???

Otros enemigos prometedores para el mercado mediterráneo son los parasitoides *Necremnus artynes* Walker (Hymenoptera: Eulophidae) y *N. tidius* Walker (Hymenoptera: Eulophidae) PONER UNA CITA, cuya distribución no está restringida a esta zona.

En Holanda, se han citado los ectoparasitoides *Elachertus inunctus* Nees (Eulophidae: Eulophidae) y *Pnigalio soemius* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae) (identificación por Christer Hansson, Lund University, Sweden) que se desarrollaban bien en larvas jóvenes de la plaga. La especie *E. inunctus* ataca a varias especies de microlepidópteros mientras que *Pnigalio soemius* (Hymenoptera: Eulophidae) es generalista y se desarrolla sobre muchas especies de microlepidópteros minadores, Diptera y Coleoptera. Además esporádicamente, se encuentra *Dicyphus errans* (Wolff) (Heteroptera: Miridae) en verano y *Heterotoma* sp. (Heteroptera: Miridae) (Marja et al., 2011).

Más de 40 especies de depredadores de *T. absoluta* están presentes en América del Sur, incluyendo diferentes especies de Heteroptera (Hemiptera) y el género *Debilis* (Reduviidae), que depreda larvas en Brasil (Desneux et al. 2010; Bueno et al. 2013).

En Argentina, Colomo et al. (2002), Luna et al. (2007) y Luna et al. (2012) citados por Luna et al. (2015), reportan un complejo de aproximadamente 20 especies de parasitoides. El endoparasitoide coinobionte *Pseudapanteles dignus* Muesebeck, 1938 (Hymenoptera: Braconidae) y el ectoparasitoide idiobionte *Dineulophus phthorimaeae* De Santis, 1983 (Hymenoptera: Eulophidae) alcanzan hasta 50% de parasitismo natural y presentan atributos promisorios tanto para control biológico aumentativo o conservativo de *T. absoluta*. Estos parasitoides podrían ser aprovechados para su introducción en nuevas regiones infestadas por la plaga (Savino et al. 2012).

Moya-Raygoza et al. (2012) citado por Luna et al. (2015), reportaron dos especies de parasitoides de huevos que ocurren naturalmente en cultivos de tomate en Argentina y

que pueden coexistir: *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Encarsia porteri* Mercet, 1928 (Hymenoptera: Aphelinidae). Los porcentajes de parasitismo son bajos (< 5%), pero cuando coexisten, el 50% de los huevos pueden ser parasitados y no se ha observado superparasitismo. La especie *A. gelechiidivoris* ha sido citada no solo en Colombia, sino también en otros países suramericanos (Chile y Perú) (Desneux et al 2010; Urbaneja et al 2013). En Colombia en la Universidad Militar Nueva Granada, se ha estudiado su biología y ciclo reproductivo (Escobar et al. 2005; Bajonero et al. 2008), y su acción combinada con otros tipos de control (Morales et al. 2014).

Luna et al. (2015) citan así mismo en un estudio realizado por Speranza et al. (2014), mapeando cultivos de tomate en Argentina, que el chinche depredador nativo generalista *Zelus obscuridorsis* (Hemiptera: Heteroptera: Reduviidae), autor ??? depreda también estados móviles de *T. absoluta*, (larvas libres y adultos), pero no consume larvas que están dentro de minas, pupas o huevos.

Texto definitivo:

CONTROL BIOLÓGICO CON ENTOMÓFAGOS

Según Marja et al., (2011), investigaciones en España evidencian que el chinche depredador *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Heteroptera: Miridae) puede controlar muy bien tanto poblaciones de moscas blancas como de *T. absoluta*. El chinche consume huevos y pequeñas larvas de *T. absoluta*, pero sus poblaciones se desarrollan lentamente, razón por la cual es necesario realizar múltiples introducciones adicionales (Urbaneja et al., 2009). Sin embargo, en invernaderos holandeses no se evidencian efectos de *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) sobre *T. absoluta*, cuando la población de la plaga está en bajas densidades. Para los mismos autores (Marja et al., 2011), altas infestaciones de *T. absoluta* en el suroriente de Europa fueron el sustrato para el incremento de poblaciones de parasitoides nativos (Desneux et al., 2010), lo cual indica que enemigos naturales nativos se están adaptando a la plaga exótica. Los autores del presente trabajo han encontrado que varios productores de enemigos naturales han iniciado crías tanto de *Necremnus artynes* Walker (Hymenoptera: Eulophidae) como de *Necremnus tidius* Walker (Hymenoptera: Eulophidae) para liberarlos en el mercado mediterráneo en 2011. La distribución de *N. artynes* y *N. tidius* no está restringida al mediterráneo. Según Marja et al., (2011), otros enemigos naturales han sido reportados en experimentos realizados a campo abierto en Holanda. Después de exposición de diferentes estados de *T. absoluta*, se encontró que los ectoparasitoides: *Elachertus inunctus* Nees (Eulophidae: Eulophidae) y *Pnigalio soemius* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae) (identificación por Christer Hansson, Lund University, Sweden) se desarrollaban bien en larvas jóvenes de la plaga. *E. inunctus* es un parasitoide de varias especies de microlepidópteros; *Pnigalio soemius* (Hymenoptera: Eulophidae) es un parasitoide generalista de muchas especies de microlepidópteros, Dípteros y Coleópteros. Además de los anteriores, esporádicamente se encontró *Dicyphus errans* (Wolff) (Heteroptera: Miridae) ocurriendo con alguna frecuencia en el verano y *Heterotoma* sp. (Heteroptera: Miridae) muy ocasionalmente. Varias especies nativas de depredadores y parasitoides se han encontrado en el Mediterráneo alimentándose de *T. absoluta* (Al-Jboory et al., 2012). Zappala et al., (2012), hicieron un levantamiento de parasitoides en el suroriente de Italia, e identificaron 13 especies que corresponden a 10 géneros de las siguientes familias: Ichneumonidae, Braconidae, Eulophidae, Elasmidae, Pteromalidae y Trichogrammatidae. Posteriormente, Zappala et al., (2013) reportan la existencia de varios depredadores y parasitoides atacando de manera espontánea a *T. absoluta* en cultivos de tomate en Europa y en el Norte de África. Muchos de ellos, principalmente Miridae nativos, han sido empleados en estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) (Castane et al., 2011; Mollá et al., 2010; Cabello et al., 2012; Zappala et al., 2012; Chailleux et al., 2013). Sin embargo, aún se adelantan ensayos para identificar qué tan efectivas son estas especies de enemigos naturales en áreas invadidas por *T. absoluta* (Chailleux et al., 2012; Gabarra et al., 2014). Más de 70 especies de enemigos naturales generalistas han sido reportadas para *T. absoluta* en la región oeste del Palaearctico.

Colomo et al., (2002), Luna et al., (2007) y Luna et al., (2012) citados por Luna et al., (2015), reportan en Argentina un complejo de aproximadamente 20 especies de parasitoides para el control de *T. absoluta*. Además,

se hace referencia a que tanto el endoparásitoide coinobionte *Pseudapanteles dignus* Muesebeck, 1938 (Hymenoptera: Braconidae) como el ectoparásitoide idiobionte *Dineulophus phthorimaeae* De Santis, 1983 (Hymenoptera: Eulophidae) alcanzaron hasta 50% de parasitismo natural y presentaron atributos promisorios tanto para control biológico aumentativo como conservativo de *T. absoluta*. Estos parásitoides podrían ser aprovechados para su introducción en nuevas regiones infestadas por *T. absoluta* (Savino et al., 2012). Moya-Raygoza et al., (2012) citado por Luna et al., (2015), reportaron dos especies de parásitoides de huevos que ocurren naturalmente en cultivos de tomate en Argentina: *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Encarsia porteri* Mercet, 1928 (Hymenoptera: Aphelinidae). Los porcentajes de parasitismo fueron bajos (< 5%), pero cuando estos dos parásitoides de huevos coexisten, el 50% de los huevos de *T. absoluta* es parasitado por cualquiera de las dos especies, y no fue observado superparasitismo.

Luna et al., (2015) citan un estudio realizado por Speranza et al., (2014), relacionado con un mapeo de cultivos de tomate en Argentina en el que un chinche nativo, depreda varios estados móviles. La especie fue identificada como *Zelus obscuridorsis* Stål (Hemiptera: Heteroptera: Reduviidae). Ensayos realizados para estimar la capacidad de depredar en varios estados de desarrollo de *T. absoluta*, permitieron identificar que *Z. obscuridorsis* depredó larvas libres y adultos, pero no consume larvas que están dentro de minas, pupas o huevos.

Más de 40 especies de depredadores de *T. absoluta* ocurren en América del Sur, incluyendo diferentes especies de Heteroptera (Hemiptera) y a *Debilía* (Reduviidae), el cual depreda larvas de la plaga en Brasil (Desneux et al., 2010; Bueno et al., 2013). Entre los parásitoides para el control de *T. absoluta* cabe mencionar a *Apanteles gelechiidivoris* (Marchiori et al., 2004; Virgala 2006; Bajonero, 2007; Faria et al., 2008; Loni et al., 2011).

A. gelechiidivoris ha sido reportado en países suramericanos tales como Colombia, Chile y Perú (Desneux et al., 2010; Urbaneja et al., 2013). En Colombia los estudios de este parásitoide han sido desarrollados en la Universidad Militar Nueva Granada en donde se destacan estudios de biología y ciclo reproductivo (Escobar et al., 2005; Bajonero et al., 2008), y acción combinada entre dos tipos de control (Morales et al., 2014), entre otros.

Sugerencias del evaluador:

BIOECOLOGIA DEL PARÁSITOIDE *Apanteles gelechiidivoris*

La familia Braconidae es una de la más diversas dentro del orden de los Hymenoptera, en cuanto a estrategias de parasitismo (Fernández, 2000). Diversas especies de la subfamilia Microgastrinae son importantes en el control biológico debido a que atacan las larvas de la mayoría de las familias de lepidópteros (Fernandez-Triana et al. 2014) y entre los géneros de interés, está *Apanteles* (Fernández & Sharkey, 2006).

Texto definitivo:

BIOECOLOGIA DEL PARÁSITOIDE *Apanteles gelechiidivoris*

Las avispas Microgastrinae son importantes en el control biológico debido a que atacan las larvas de la mayoría de las familias de lepidópteros (Fernandez-Triana et al., 2014). La familia Braconidae es una de las más diversas dentro del orden de los Hymenoptera, lo cual se ve reflejado en la diversidad de estrategias de parasitismo. También se distinguen por ser insectos holometábolos (Campos y Sharkey, 2006).

Sugerencias del evaluador:

CONTROL QUÍMICO

El método convencional de control de plagas en los sistemas producción bajo invernadero y campo abierto es la aplicación de pesticidas (Terzidis et al. 2014), aunque algunos causan grandes desequilibrios en el medio ambiente (Medeiros et al. 2009). Los ingredientes activos más utilizados en el control de *T. absoluta* son: Tiocyclam, Carbofuram, Metamidofos, Cypermetrina, Metomil, Imidacloprid y Abamectina (Guedes et al. 1994). **Aclarar si son los de uso en Colombia**

Un problema de este tipo de control, es que las poblaciones de *T. absoluta* desarrollan rápidamente resistencia, tal y como reporta Silva (2009) en cultivos comerciales de diferentes regiones de Brasil.

Texto definitivo:

CONTROL QUÍMICO

El método convencional de control en los sistemas producción bajo invernadero y en campo abierto es la aplicación de insecticidas químico-sintéticos (Terzidis et al., 2014). Los ingredientes activos más utilizados para el control de plagas en los cultivos de tomate son: Tiocyclam, Carbofuram, Metamidofos, Cypermetrina, Metomil, Imidacloprid y Abamectina (Guedes et al., 1994). Sin embargo, algunos de estos insecticidas causan grandes desequilibrios en el medio ambiente (Medeiros et al., 2009).

Silva (2016) evaluó la resistencia de poblaciones de *T. absoluta* provenientes de cultivos comerciales de diferentes regiones de Brasil, el autor reporta una correlación entre el uso excesivo del insecticida y la resistencia al producto. Sin embargo, uno de los mayores desafíos de la agricultura moderna es garantizar la selectividad de los agroquímicos de nueva generación. Por lo cual se ha levantado un alto interés en la investigación y desarrollo de los ingredientes activos usados en la actualidad (Jeschke 2016).

La siguiente sección en gris fue eliminada del texto, acogiendo la recomendación de los revisores 2 y 3, quienes plantean que es necesario dar mayor coherencia al título con el contenido. Las referencias incluidas en este pasaje también fueron eliminadas.

SELECTIVIDAD DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS SOBRE ORGANISMOS BENÉFICOS

La compatibilidad entre agentes de control biológico y pesticidas es una preocupación en los programas de MIP (Dhawan y Peshin, 2009). Debido al complejo de interacciones que ocurren entre pesticidas y agentes de control biológico usados para el manejo de plagas, es necesario un conocimiento más detallado de su compatibilidad y diseñar estudios de interacciones que proporcionen un control más eficaz de las plagas que cualquiera de los enfoques independientes. Los estudios de selectividad son esenciales previo al uso conjunto de enemigos naturales y plaguicidas, y son una base fundamental para preservar la fauna y flora benéfica que ejerce un control biológico natural de las plagas de importancia agrícola (Goulart 2007). Estos estudios permiten reducir los resultados indeseables que los pesticidas causan a los enemigos naturales (Degrande et al. 2002).

En la revisión realizada por Gentz et al. (2010) concluyen que algunos insecticidas como Spinosad, Diazinon, Neocotinoides o Indoxacarb, pueden ser selectivos para ciertas especies no objetivo. Sin embargo, los resultados difieren entre tipos de enemigos naturales: cuando son depredadores exposiciones a estos compuestos no presentan efectos adversos en general, pero cuando son parasitoides especialmente del

orden Hymenoptera estos compuestos presentan un efecto negativo (Williams et al. 2003; Biondi et al., 2012).

La selectividad de un pesticida puede ser fisiológica o ecológica. La selectividad fisiológica consiste en el uso de productos que sean más tóxicos para la plaga que para sus enemigos naturales, mientras que la selectividad ecológica está relacionada con su utilización para lograr minimizar la exposición del enemigo natural (Crespo et al. 2001). La selectividad fisiológica generalmente envuelve procesos de absorción, penetración, transporte y activación de los compuestos, que resulta en una toxicidad diferencial de los pesticidas para los organismos objetivo (Godoy et al. 2010). Algunas de los problemas que frecuentemente existen al momento de determinar la selectividad de un producto, es el método de evaluación y posterior recopilación en base de datos. Usualmente son utilizados dos métodos de evaluación sobre organismos benéficos: el establecido por la Organización Internacional de Lucha Biológica e Integrada (OILB) basado en el uso de la máxima dosis recomendada en campo de cada producto y el método de cálculo de la DL₅₀ utilizado e implementado por organizaciones como AFPP/CEB explica las siglas y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OECD.

SELECTIVIDAD DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS SOBRE ORGANISMOS BENÉFICOS

La compatibilidad entre agentes de control biológico y pesticidas es una preocupación en los programas MIP (Dhawan y Peshin 2009). Los estudios de selectividad son de gran importancia, siendo base fundamental para la preservación de la fauna y flora benéfica que ejercen control biológico natural de las plagas de importancia agrícola (Goulart 2007). Estos estudios de selectividad permiten la reducción de resultados indeseables sobre enemigos naturales por el uso de pesticidas (Degrande et al., 2002). Debido al complejo de interacciones que ocurren entre insecticidas y agentes de control biológico usados para el manejo de plagas, es necesario un conocimiento más detallado de la compatibilidad y estudios de interacciones que, proporcionen un control más eficaz de las plagas que cualquiera de los enfoques independientes. En la revisión realizada por Gentz et al., (2010) concluyen que algunos insecticidas como Spinosad, Diazinon, Neocotinoides, Indoxacarb, pueden ser selectivos a ciertas especies no objetivo. Sin embargo, los resultados difieren entre tipos de enemigos naturales: cuando son depredadores, exposiciones a estos compuestos son más selectivos, pero cuando son parasitoides, especialmente del orden Hymenoptera, estos compuestos presentan un efecto negativo (Williams et al., 2003). Esto puede deberse a que a diferencia de los depredadores el estado más susceptible de los parasitoides son los adultos.

La selectividad de los insecticidas puede ser clasificada en dos tipos: fisiológica y ecológica. La selectividad fisiológica consiste en el uso de insecticidas que sean más tóxicos a la plaga que a organismos no objetivo, mientras que la selectividad ecológica se relaciona con las formas de la utilización de los insecticidas a modo de minimizar la exposición al enemigo natural (Crespo et al., 2002). La selectividad fisiológica generalmente envuelve procesos de absorción, penetración, transporte y activación de los compuestos, que resulta en una toxicidad diferencial de insecticidas a organismos objetivo (Godoy et al., 2010).

Existen varios criterios para determinar la selectividad de un producto, según el método de evaluación y posterior recopilación de la información en las bases de datos: Por un lado, está el método de evaluación establecido por la Organización Internacional de Lucha Biológica Integrada (OILB) y el método DL₅₀, utilizado e implementado por organizaciones como AFPP/CEB y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OECD.

Las características del método de evaluación de la OILB, que es secuencial y va del laboratorio al semicampo y campo, están descritas en los trabajos de Hassan et al. (1991) y Sterk et al. (1999):

1. Estandarización en la evaluación de laboratorio.
2. Exposición a los pesticidas sobre cristal, sustrato inerte (ej arena) u hojas.

3. Cuando las exposiciones son de manera directa sobre el individuo, las edades de los individuos deben ser homogéneas.
4. Las concentraciones usadas para las exposiciones son las más altas recomendadas por las casas comerciales.

Según los resultados obtenidos de las evaluaciones los productos se categorizarán en clases de toxicidad. **Por ej en laboratorio, las categorías serían:** clase 1= inofensivo (< 30% de reducción), clase 2 = poco perjudicial (30% a 79% de reducción), clase 3 = moderadamente toxico (80% a 99% y clase 4 = perjudicial (>99% de reducción). **Añadir categorías de semicampo-campo si se quiere**

La metodología **de cálculo de la DL₅₀ ha sido** establecida por autores **tales** como Croft y Brown (1975). **Se** diferencia de la OILB principalmente en las dosis que deberán ser aplicadas sobre el organismo benéfico y en la presentación de los resultados obtenidos. **Se utiliza frecuentemente** para la evaluación de efectos de pesticidas sobre polinizadores como *Apis mellifera* (***Hymenoptera:Apidae***) (Charreton et al. 2015) y *Bombus atratus* (***Hymenoptera:Apidae***) (Riaño y Cure 2016), **pero también** para la evaluación de efectos sobre enemigos naturales donde *Typhlodromus pyri* Scheuten (**Acari: Phytoseiidae**) **es utilizado como organismo modelo** (Campbell et al. 2000; Bonafos et al. 2008). **Con los resultados obtenidos se generarán graficas de dosis respuesta y se calcularán los coeficientes de riesgo (HQ) (Campbell et al. 2000), con los que se genera una tabla como la presentada a continuación, para *Typhlodromus pyri* .**

Autores como Hassan et al., (1991) Sterk et al., (1999), Van De Veire et al., (2002) describen las características del método de evaluación de la OILB para organismos benéficos de manera secuencial comenzado en condiciones de laboratorio, y continuando en semi campo y campo, para el caso de condiciones de laboratorio se ofrecen las siguientes recomendaciones:

1. Estandarizaciones en el laboratorio, y evaluación a los estados más y menos susceptibles (el estado variara de acuerdo si es parasitoide o depredador).
2. Exposición a los pesticidas sobre cajas de Petri, hojas o sustrato.
3. Cuando las exposiciones son de manera directa sobre el individuo, las edades de los individuos deben ser homogéneas.
4. Las concentraciones usadas para las exposiciones son las más altas recomendadas por las casas comerciales.

Los parámetros evaluados son los efectos en la mortalidad (corto plazo) y efectos subletales (largo plazo), en el caso de los parasitoides son evaluados: los efectos reducción de la capacidad benéfica, emergencia o proporción sexual y para los depredadores, respuesta funcional y descendencia.

Según los resultados obtenidos de cada uno de los parámetros evaluados, los productos se categorizan en niveles de toxicidad los cuales varían según las condiciones de evaluación. Para el caso del laboratorio se dividen en las siguientes categorías: clase 1= inofensivo (< 30% mortalidad), clase 2 = poco perjudicial (30% a 79%), clase 3 = moderadamente tóxico (80% a 99%) y clase 4 = perjudicial (>99%).

Dado que el propósito de enunciar las categorías en laboratorio es ejemplificar el método, los autores no consideran pertinente incluir las demás categorías para semi-campo y campo.

El término DL₅₀ se expresa, como la dosis de exposición única de la sustancia por unidad de peso corporal del organismo que es necesaria para matar 50% de la población del ensayo bajo una condición definida. En cuanto a la aplicación de esta metodología para el caso de los enemigos naturales, autores como Croft y Brown (1975) determinaron la relación existente entre el estímulo químico y la respuesta del enemigo natural en términos de mortalidad. La relación entre el nivel de dosis de un tóxico y la reacción resultante es a menudo imposible de estimar mediante mediciones directas del propio estímulo. Los datos de dosis-respuesta obtenidos en un rango

limitado de niveles de dosis, son analizados mediante técnicas de regresión estadística, donde generalmente se utiliza el análisis probit (Brown 1978).

Este método es frecuentemente utilizado para la evaluación de efectos de pesticidas sobre polinizadores como ejemplo: *Apis mellifera* (Charreton et al., 2015) y *Bombus atratus* (Riaño y Cure 2016). Para la evaluación de efectos sobre enemigos naturales el trabajo más relevante es el realizado en *Typhlodromus pyri* Scheuten (Campbell et al., 2000; Bonafos et al., 2008) debido a que es considerada como una especie indicador. Otras características presentadas en la evaluación por este método son: La mortalidad se debe registrar durante al menos 48 horas y un máximo de 96 horas, y los valores se comparan con los del tratamiento control.

Según los resultados obtenidos, se generan gráficos de curvas de respuesta a las diferentes dosis de exposición, y de acuerdo con los resultados de repuestas de las dosis, se calcula el coeficiente de riesgo (HQ) (Campbell et al., 2000), como los mostrados en la Tabla 1. Sin embargo, estas pruebas de exposición corta no tienen en cuenta los efectos crónicos y acumulativos de la exposición a tóxicos, a pesar del hecho de que la toxicidad es dependiente del tiempo de los plaguicidas (Hesketh et al., 2016).

La selectividad de los productos químicos sobre braconidos (*Hymenoptera, Braconidae*) ha sido evaluada por varios autores.

Kao y Tzeng, (1992) encontraron que diferentes insecticidas como Carbofurano, Cartap, Mevinfos, Quinalfos, Metomilo, Metamidofos y Deltametrina eran tóxicos para adultos de *Cotesia plutellae* autor (Kurdjumov, 1912) y . cuando eran las pupas las que entraban en contcato con estos productos, la emergencia de nuevos individuos se veía negativamente afectada. Penagos et al. (2005) demostraron que la reporducción del endoparasitoide *Chelonus insularis* Cresson 1865 se ve negativamente afectada cuando el hospedero *Spodoptera frugiperda* Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) se expone a Spinosad. Umore y Powell (2002) determinaron que Dimetoato y Carbamato juntos produjeron un efecto subletal sobre *Diaeretiella rapae* autor (Mintosh, 1855) (Aphidiinae). explicar en que consistio. En el caso del Dimetoato, la reducción en la oviposición posiblemente se debió a la repelencia que ejercían los residuos sobre el enemigo natural.

Comentarios del revisor

Hay menos datos de los efctetos de pesticidas sobre *A. gelechiidivoris*. Herrera (2013) estudió el efecto de varios productos fitosanitarios de diferentes orígenes (extractos vegetales, biorracionales, entomopatogenos, de síntesis química) y vió que el insecticida Spinosad, el hongo entomopatogeno *B. bassiana* y el fungicida (Penconazol), tuvieron un efecto negativo sobre los adultos mientras que los extractos vegetales no causaron ninguna mortalidad en condiciones de laboratorio. Sin embargo, cuando se exponía el estado más protegido (pupas), todos los productos fueron considerados como inofensivos, excepto el fungicida con ingrediente activo Penconazol. Indicar que efecto causó

Herrera (2013) determinó el efecto de varios productos fitosanitarios sobre *A. gelechiidivoris*. Estos productos provenían de diferentes orígenes de composición tal como extractos vegetales, diversos tipos de biorracionales, entomopatógenos y productos de síntesis química. Los insecticidas: Spinosad, el hongo entomopatógeno *B. bassiana* y el fungicida (Penconazol), tuvieron un efecto negativo sobre adultos de *A. gelechiidivoris* mientras los extractos vegetales no presentaron efecto negativo sobre la mortalidad de adultos en condiciones de laboratorio. Cuando las evaluaciones se realizaron sobre pupas del parasitoide, todos los productos fueron considerados como inofensivos para *A. gelechiidivoris*, excepto el fungicida con ingrediente activo Penconazol.

Atentamente

Maria P Herrera R.

María Herrera

[Handwritten signature]

Daniel Rodríguez Caicedo

[Handwritten signature]

Fernando Cantor