

Capítulo 14

Investigación, desarrollo y registro de enemigos naturales para control biológico.
Caso: *Phytoseiulus persimilis*

Chapter 14

Research, development and registry of natural enemies for biological control.
Case: *Phytoseiulus persimilis*

Sandra Milena Aragón Rodríguez,¹ Yohana Alexandra Martínez Vargas,² Alexander Escobar Sabogal,² Martha L. Rodríguez³

¹ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

² Bichopolis S. A. S.

³ Agilitech S. A. S.

Contenido

Introducción720

Contexto histórico720

 Aspectos considerados para iniciar una producción masiva de ácaros depredadores721

 Producción masiva de ácaros depredadores a escala comercial723

Estrategias de cosecha, almacenamiento y distribución de enemigos naturales727

 Cosecha727

 Criterios para la liberación en campo727

 Limitantes del sistema de producción730

 Establecimiento731

Implementación de ácaros depredadores en la producción de flores: caso Ságaro Flowers S. A.731

Regulación internacional para la implementación del control biológico de plagas mediante la liberación de enemigos naturales734

 Global G.A.P.734

 Convenio sobre la diversidad biológica734

 Acuerdo de acceso y beneficio compartido734

 Proceso de registro y comercialización de enemigos naturales en Colombia ... 735

 Nicho de mercado de enemigos naturales en Colombia736

 Limitantes de la adopción de la tecnología736

Conclusiones y perspectivas739

Agradecimientos739

Referencias740

Resumen

La implementación de estrategias de control biológico de plagas en cultivos comerciales de ornamentales en Colombia es considerada un reto para los comercializadores de insumos agrícolas dedicados a este mercado. Una de las principales limitaciones es la dificultad que tienen dichas compañías para el registro y la comercialización de sus productos biológicos en territorio colombiano, pues actualmente existen algunas restricciones en el uso de los recursos biológicos y en el manejo de la biodiversidad, lo cual ha puesto freno al ingreso de compañías extranjeras al mercado colombiano. A su vez, esta situación ha estimulado la creación de empresas dedicadas a la producción a escala comercial de enemigos naturales para su uso en el sector agrícola en el país. En particular, en este capítulo se discutirá el desarrollo de productos disponibles comercialmente en Colombia para el manejo biológico de poblaciones de ácaros fitófagos en el sector agrícola. Se detallarán las diferentes etapas que se deben seguir con el fin de obtener una cría a escala comercial de ácaros depredadores como *Phytoseiulus persimilis* y *Neoseiulus californicus* para el manejo en invernadero de la araña roja *Tetranychus urticae*, principalmente para su uso en el sector floricultor, y se abordarán los temas de desarrollo de la tecnología con base en la experiencia de la empresa Bichopolis, fundada en el 2010.

Palabras clave

Ácaros depredadores, control biológico, crías masivas, registro comercialización

Abstract

Implementation of biological control of pests' strategies in commercial ornamental crops in Colombia is considered a challenge for the companies dedicated to this market, one of the main limitations for the implementation is the difficulty that these companies have for the registry and commercialize its biological products in Colombian territory. Current restrictions in the use of biological resources and management of biodiversity in Colombia delay the entry of foreign companies into the Colombian market. In turn, this situation has stimulated the creation of firms dedicated to the commercial scale production of natural enemies for use in the agricultural sector in Colombia. In particular, the development of commercially available products in Colombia for the biological management of phytophagous mite populations in the agricultural sector will be discussed in this chapter. The process to obtain a commercial scale rearing of predatory mites such as *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus* for the management of the red spider mite *Tetranychus urticae* in greenhouse conditions mainly in flowers Industry will be detailed. The technology development based on the experience of the company Bichopolis, which was founded in 2010 will be also addressed.

Keywords

Biological control, mass rearing, predatory mites, registry and commercialization

Introducción

En los años noventa, la agricultura en Colombia dirigió la mayoría de sus esfuerzos a optimizar la calidad de los suelos en términos de fertilidad y a su recuperación de los efectos adversos causados por el manejo inadecuado de los agroquímicos que a lo largo de los años han contaminado fuentes de agua, suelos e incluso los productos comercializados. Además, hay estudios que demuestran los efectos adversos de diferentes agroquímicos en el incremento de casos de resistencia por la utilización continua del mismo producto, lo cual genera pérdida de sensibilidad en las poblaciones frente a diferentes principios activos (Peñaranda, 2016).

El control biológico de plagas se ha venido desarrollando en Colombia como una alternativa de manejo que contribuye a la mitigación de los efectos adversos ocasionados por el uso de agroquímicos en los diferentes sistemas productivos. Para el caso particular de los cultivos de flores en Colombia, la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores (Asocolflores), la Sociedad de Agricultores de Colombia (sac) y el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) establecieron, en 2006, los lineamientos para la implementación del programa Florverde®, con el fin de incorporar buenas prácticas sociales, ambientales y de calidad en las fincas productoras y exportadoras de flores en Colombia (Asociación Colombiana de Exportadores de Flores [Asocolflores], Sociedad de Agricultores de Colombia [sac], & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT], 2006).

Los sellos de calidad promovidos por diferentes entes internacionales para la comercialización de productos libres de residuos químicos y amigables con el medio ambiente, como Global G.A.P., Rainforest Alliance Certified, MPS de Holanda y SwissGAP, así como el creciente desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos comerciales, han contribuido a la reducción del uso de agroquímicos en algunos sistemas productivos de Colombia, estimulando así la formación de pequeñas y medianas empresas como Laverlam, Ecoflora, Safer, Orius, LST

(Rojas López, Vera, & Arias, 2012) y, recientemente, Bichopolis S. A. S., dedicadas al sector de la producción de agentes de control biológico, como parasitoides y depredadores, y entomopatógenos, como virus, hongos y bacterias, así como algunos nematodos. Es así como se implementaron diferentes desarrollos de investigación científica que dieron lugar a la creación de industrias dedicadas a la producción de enemigos naturales para el control biológico en cultivos de importancia económica en Colombia, los cuales son regulados por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), de la mano con la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) (Zambrano, Bonilla, Avellaneda, & Zambrano, 2015; Zambrano & Riaño, 2008).

En este capítulo se presentará el caso de la creación de una empresa a partir de los resultados obtenidos de la investigación científica sobre el control biológico de ácaros plaga a través del uso de ácaros depredadores en cultivos comerciales localizados, en su mayoría, en la sabana de Bogotá. Se hará una descripción del proceso de producción de ácaros depredadores a pequeña y gran escala y del proceso de registro de producción y venta de ácaros depredadores para su comercialización en Colombia.

Contexto histórico

El desarrollo de la industria colombiana de control biológico de ácaros plaga mediante depredadores ha estado ligado al sector de producción de flores de corte, que a partir del 2000 incorporó aspectos de sostenibilidad asociados a sellos verdes y otras prácticas de disminución de ingredientes activos aplicados por hectárea de cultivo (Asocolflores et al., 2006).

A nivel mundial, Colombia es uno de los mayores productores de flores de corte, con un área de producción de 2.600 ha. El país tiene su mercado principal en Estados Unidos, Rusia y Canadá, y una participación de mercado del 15 %, después de Holanda (43 %) y por encima de Kenia (11 %), Ecuador (9 %) y Etiopía (9 %)

(Rabobank Group, 2016). El 69 % de la producción de flores del país se concentra en el departamento de Cundinamarca, donde la rosa es la principal especie exportada, con un 29 % de participación que equivale 183 millones de dólares, seguida por el clavel, con un 18,1 % (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2010).

Uno de los principales problemas fitosanitarios del cultivo de rosas es el ácaro fitófago *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), cuyo costo anual de control puede ascender a 4.500 dólares/ha, una cifra que equivale al 30 % del gasto total de plaguicidas (Hilarión, Niño, Cantor, Rodríguez, & Cure, 2008). Este alto costo de control impulsó a los productores a buscar alternativas relacionadas con la producción y la liberación de ácaros depredadores, como *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae), a gran escala.

P. persimilis es un depredador especialista que consume adultos de la araña roja *Tetranychus urticae*. Este depredador presenta un patrón de distribución agregada en las plantas de rosa, de acuerdo con la distribución espacial de su presa (Chacón-Hernández et al., 2016), y prefiere los tercios medio y superior de la planta, siguiendo la distribución vertical de su alimento (Argüelles et al., 2013; Chacón-Hernández et al., 2016; Hilarión et al., 2008).

A partir de 1998, en el proceso de implementación de *P. persimilis* como alternativa para el manejo de *T. urticae* en los invernaderos de producción de rosas en la sabana de Bogotá, la compañía holandesa Koppert Biological Systems, en alianza con universidades y centros de investigación colombianos, realizó experimentos y estudios de viabilidad de sus productos en territorio colombiano. Sin embargo, este primer acercamiento al mercado colombiano presentó poca efectividad en el manejo de la plaga (Torrado, Pérez, Cure, García, & Echeverri, 2001).

Los primeros resultados no fueron promisorios debido a que los ácaros eran producidos en Holanda e importados a Colombia, lo que implicaba largos tiempos de transporte y nacionalización, con la consecuente muerte de los individuos (Gómez, Pérez, Barreto, Cure, & Torrado, 2004). Los esfuerzos realizados para el establecimiento de los ácaros depredadores en condiciones semicomerciales no fueron entonces

exitosos debido a que, al momento de llegar los ácaros a Colombia, ya habían perdido más del 50 % de su viabilidad. Por otra parte, al presentarse problemas de otras plagas (por ejemplo, trips o áfidos), se procedía a la aplicación de productos químicos no compatibles con la tecnología, lo cual no permitía un control biológico exitoso de *T. urticae* (Gómez et al., 2004).

Las primeras importaciones fueron de la especie *Phytoseiulus persimilis*, que se caracteriza por su voracidad y su baja adaptación a las condiciones climáticas locales (figura 14.1a). En las fincas se empezó a encontrar el depredador nativo *Neoseiulus californicus*, adaptado a las condiciones locales (figura 14.1b). El ácaro depredador *P. persimilis* se alimenta de adultos de *T. urticae* (figura 14.1c) (Argüelles et al., 2013), mientras que las especies de *Neoseiulus* son generalistas y consumen todos los estadios de la plaga (figura 14.1d) (McMurtry & Croft, 1997).

En 2015 el costo de un individuo importado era de 60 pesos, por lo que algunas empresas iniciaron sus propias crías con modelos aumentativos para tener los depredadores en la cantidad y la fecha requeridas. Paralelo a los ensayos comerciales realizados por Koppert Biological Systems, el Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (UJTL) y el grupo de control biológico de la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG) comenzaron a realizar investigaciones para desarrollar modelos de cría masiva de ácaros depredadores. La UMNG logró desarrollar un sistema estable e implementar la tecnología de cría en algunas empresas del sector.

Aspectos considerados para iniciar una producción masiva de ácaros depredadores

Para comenzar una cría masiva de ácaros depredadores es necesario conocer aspectos generales sobre la biología de la presa y del depredador, así como las condiciones bióticas y las abióticas (por ejemplo, la temperatura) que favorecen el desarrollo adecuado de ambas especies, la selección de la planta hospedera ideal para incrementar el número de individuos, la

respuesta funcional del enemigo natural y la edad de las presas preferida por el depredador, entre otros (Bustos, 2013; Daza Vallejos, Bustos Rodríguez, Cantor Rincón, Rodríguez Caicedo, & Cure Hakim, 2010; De la Peña, Niño, Bustos, Fernando, & Rodríguez, 2011).

El ácaro fitófago *Tetranychus urticae* o araña roja de los invernaderos afecta más de 150 especies de plantas de interés económico y su hábito alimenticio generalista hace que sea una plaga de difícil manejo, causante de pérdidas económicas importantes cuando no se controla a tiempo (Hilarión et al., 2008). Presenta cinco estadios en su ciclo de vida: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y ácaro adulto. Los huevos son redondos y transparentes, el macho es

oblongo y la hembra es más grande y más redondeada (Malais & Ravensberg, 1991).

Una población de *T. urticae* consiste aproximadamente en un 75 % de hembras y un 25 % de machos (3:1). Si las condiciones son favorables, una hembra puede ovipositar más de 100 huevos durante dos semanas a 25 °C. Un solo apareamiento es suficiente para fertilizar todos los huevos. Las hembras fecundadas pueden producir tanto machos como hembras, mientras que las vírgenes solo producen machos (Malais & Ravensberg, 1991).

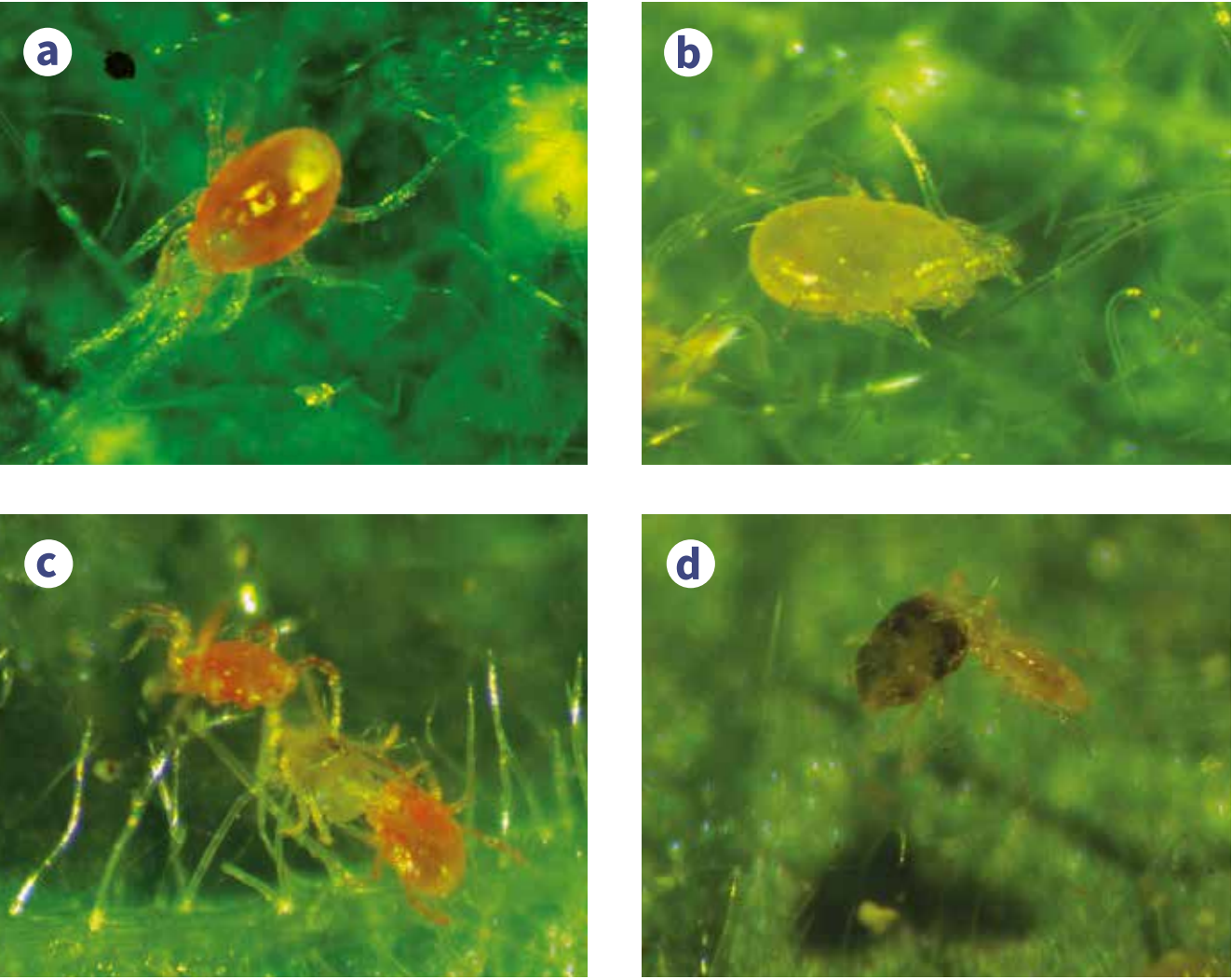
Tradicionalmente el manejo de poblaciones de esta plaga se realiza mediante la aplicación de productos químicos programada según calendario, los cuales ocasionan impactos en el medio ambiente y en la

salud de los trabajadores encargados. Sin embargo, en algunos cultivos de ornamentales en la sabana de Bogotá es posible encontrar fincas productoras que han cambiado del manejo químico al manejo biológico mediante el uso de ácaros depredadores, dentro de los que se encuentran *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* (Argüelles et al., 2013; Forero, Argüelles, Cantor, & Rodríguez 2010).

A diferencia de *T. urticae*, su enemigo natural, el ácaro depredador *P. persimilis* no tiene un estado de reposo (crisálida) entre los estadios de larva y ninfa. Los huevos son rosados y translúcidos, su forma es ovalada y su tamaño es dos veces mayor que el de *T. urticae*. El ácaro adulto es de tamaño similar a *T. urticae*, tiene color rojo pálido y es muy activo (figura 14.1a). En una población de *P. persimilis*, la proporción de hembras:machos es 4:1, solo las hembras fecundadas pueden poner huevos y lo hacen durante toda su vida. Una hembra adulta

de *P. persimilis* puede consumir de 10 a 20 huevos de *T. urticae* por día, oviposita cinco huevos en el mismo periodo y puede colocar hasta 80 huevos en toda su vida. Las ninfas pueden consumir 15 huevos de *T. urticae* por día (Malais & Ravensberg, 1991).

El tiempo que requiere un ácaro para desarrollarse depende de la temperatura, la humedad relativa y el cultivo que se utilice para su sostenimiento. La temperatura en un invernadero en la sabana de Bogotá oscila entre 18-24 °C, con una media de 20 °C. Los ciclos de vida de del ácaro depredador *P. persimilis* y del fitófago *T. urticae* bajo las mismas condiciones de invernadero, que se presentan en la tabla 14.1, muestran que el ciclo de vida de los depredadores es más rápido que el de la plaga, lo cual permite una regulación de la población de la plaga, de la que queda un remanente para alimentar a la progenie del agente biocontrolador (Malais & Ravensberg, 1991).



Fotos: Stephanie Numa

Figura 14.1. Ácaros depredadores. a. *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot; b. *Neoseiulus californicus* (McGregor); c. *P. persimilis* consumiendo un adulto de *T. urticae*; d. *N. californicus* consumiendo un adulto de *T. urticae*.

Tabla 14.1. Comparación de ciclos de vida en días de *T. urticae* y *P. persimilis* a 20 °C

Especie	Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Total huevo-adulto	Periodo PO*	Total huevo-huevo
<i>T. urticae</i>	6,7	2,8	2,3	3,1	14,9	1,7	16,6
<i>P. persimilis</i>	3,1	1,1	1,4	1,6	7,2	1,9	9,1

* El periodo de preoviposición es el tiempo entre el momento en que se alcanza el estado adulto y el comienzo de la puesta de huevos.

Fuente: Malais y Ravensberg (1991)

Por su parte, el ciclo de vida de *N. californicus* (figura 14.1b) es muy similar al de *P. persimilis*, con una duración de 7,5 días a 25 °C. Este ácaro puede alimentarse de ácaros y de polen. La proporción de hembras en la progenie es de 51,2%, cada hembra oviposita entre dos y 65 huevos por día durante todo su ciclo de vida. Las ninfas pueden consumir 13 huevos de *T. urticae* en un día (Cantor et al., 2011). La evaluación de la capacidad de consumo dada por la respuesta funcional de *N. californicus* durante una interacción de 24 horas con diferentes densidades de su presa *T. urticae* demostró que cada individuo de *N. californicus* consume diariamente un promedio de cinco huevos, 13 larvas y 16 ninfas bajo condiciones de invernadero, un resultado promisorio para su

implementación en condiciones semicomerciales (Forero, Rodríguez, Cantor, Rodríguez, & Cure, 2008).

Producción masiva de ácaros depredadores a escala comercial

En un principio, las liberaciones de ácaros depredadores en el cultivo de rosas eran de 100 a 300 depredadores por cama de 32 m², cada cama con dos hileras de plantas en agobio. Esta liberación equivale a una densidad entre 20.000 a 60.000 individuos en un invernadero de 200 camas. El primer tipo de cría que logró este nivel de producción utilizaba bandejas

legumbres de 50 x 40 x 12 cm en las cuales se sembraban 10 plantas de frijol por bandeja y hasta 20 bandejas por nave de invernadero. Cuando las plantas alcanzaban las cuatro semanas de edad, se realizaba la liberación de los ácaros fitófagos provenientes de cultivos de rosas, donde habían estado expuestos a diferentes agroquímicos. Después de tres semanas, y al observar una afectación del 70 %

del área foliar de las plantas de frijol, se realizaba la liberación de los ácaros depredadores a razón de 50 adultos por bandeja; al cabo de tres a cuatro semanas, se cosechaban aproximadamente 17.000 ácaros de 20 bandejas. Este esquema de producción se escaló posteriormente a un modelo productivo de 12 semanas siguiendo las fases se describen en la figura 14.2.

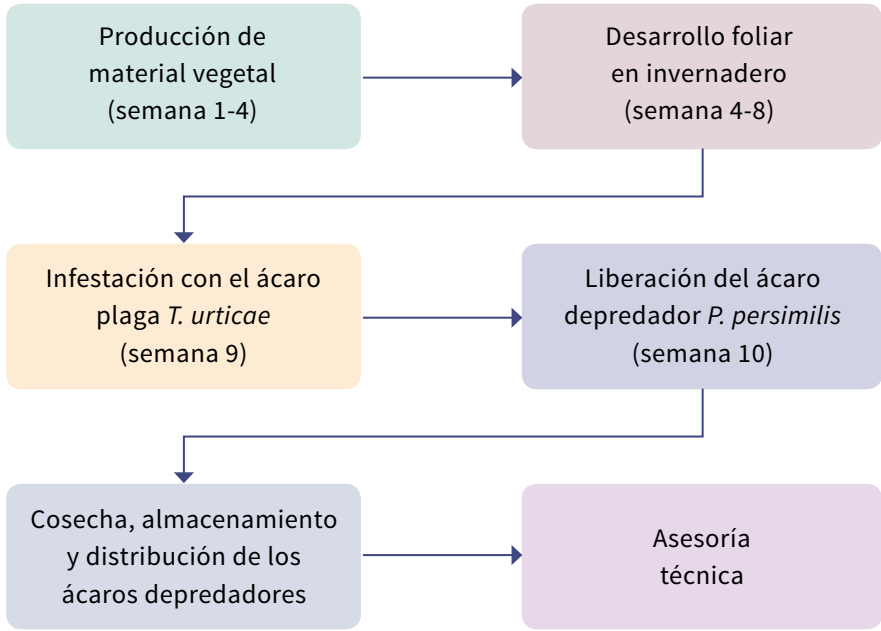


Figura 14.2. Fases de producción masiva de ácaros depredadores en plantas de frijol.

Fuente: Elaboración propia

Las técnicas para la cría masiva de ácaros depredadores comprenden tres procesos básicos (Scopes & Pickford, 1985):

- Producción de material vegetal *Phaseolus vulgaris*
- Producción del ácaro plaga *Tetranychus urticae*
- Producción del ácaro depredador *Phytoseiulus persimilis*

Producción de material vegetal *Phaseolus vulgaris* L. (semanas 1-8)

La producción masiva de ácaros plaga llevada a cabo en las instalaciones de la empresa Bichopolis S. A. S. se realiza sobre plantas de frijol *Phaseolus vulgaris* L. de la variedad bola roja, por ser la variedad en la que se presenta una mayor densidad de población

de *T. urticae*. Las semillas de frijol se germinan en un invernadero exclusivo para propagación de plantas limpias. Una vez estas han germinado y se obtiene el segundo par de hojas verdaderas, en aproximadamente cuatro semanas, son llevadas a un invernadero para el desarrollo de área foliar (figura 14.3a). Durante esta fase, las plantas se deben mantener libres de plagas, por lo cual se realizan labores culturales usuales del cultivo de frijol, incluyendo fertilización, instalación de trampas con pegante de color amarillo y azul para el control de áfidos y trips respectivamente, además de un control de minadores y moscas blancas mediante el uso de una aspiradora industrial, que se efectúa dos veces por semana. Estas prácticas agronómicas se mantienen por un periodo de aproximadamente ocho semanas o hasta la obtención de plantas con una longitud promedio de 80 cm (figura 14.3b).



Figura 14.3. Producción masiva de ácaros plaga. a. Propagación de material vegetal para posterior infestación con *T. urticae*; b. Manejo agronómico de plantas de frijol y desarrollo foliar para la producción de *T. urticae*.

Producción del ácaro plaga *T. urticae* (semana 9)

Para la producción masiva de *T. urticae* se liberan, en las hojas bajas, algunos de estos ácaros provenientes de plantas de rosa previamente expuestas a acaricidas

y a otros agroquímicos. Entre las semanas 9 y 10 se permite la distribución de los individuos en las plantas (figura 14.4a).



Fotos: Alexander Escobar

Figura 14.4. Producción masiva de ácaros plaga. a. Material vegetal infestado con *T. urticae*; b. Plantas de frijol con adultos de *P. persimilis* listos para la cosecha.

Producción del ácaro depredador *Phytoseiulus persimilis* (semana 10)

Para producir los agentes de control biológico, se introducen los ácaros depredadores en el cultivo y se permite que su población aumente hasta que las plantas presenten un patrón de clorosis, como se muestra en la figura 14.4b. Durante las semanas

9 a 10 se realiza manejo cultural, riego y una adecuada fertilización. Es importante mantener la uniformidad del lote mediante pases. Puede ocurrir que en la cría de *P. persimilis* se presenten también otros depredadores como *N. californicus*, o incluso densidades muy bajas de otros insectos plaga como la mosca blanca de los invernaderos, trips y míridos en menor cantidad, lo cual no representa una amenaza para las poblaciones de *P. persimilis*.

Estrategias de cosecha, almacenamiento y distribución de enemigos naturales

Uno de los pasos clave en la producción y la distribución de enemigos naturales es el proceso de cosecha de los artrópodos, ya que, de acuerdo con la destreza en la manipulación de los individuos, se puede afectar negativamente la viabilidad de los individuos cosechados, debido a daños mecánicos ocasionados por una inapropiada manipulación del material. Adicionalmente, las condiciones de almacenamiento y distribución de los enemigos naturales son de vital importancia al momento de garantizar la supervivencia de los individuos hasta el momento de su liberación en campo. En esta sección se describen detalladamente aspectos a tener en cuenta en los momentos de cosecha, almacenamiento y distribución de ácaros depredadores para garantizar una aplicación adecuada de la estrategia.

Cosecha (semanas 11 y 12)

Los ácaros depredadores producidos son cosechados mecánicamente, por medio de una aspiradora industrial cuyo diseño se mantiene bajo secreto empresarial. El material cosechado es llevado inmediatamente al proceso de limpieza de contaminantes y clasificación del material que se realiza de forma manual (figura 14.5a), lo que garantiza que el material biológico cuente con la calidad ofertada.

Uno de los métodos utilizados en México para cosechar los biocontroladores consiste en esperar a que las hojas comiencen a secarse, momento en el que empiezan a escasear las presas, de forma que los depredadores abandonan naturalmente la planta. Las plantas son cortadas y colocadas dentro de una estructura piramidal, sobre un eje se coloca un contenedor donde se van recogiendo, cada hora, los ácaros que van subiendo atraídos por la luz y luego se cuentan volumétricamente (Rodríguez, Montoya, Pérez-Madruga, & Ramos, 2013).

Almacenamiento

Los ácaros depredadores se empaquetan en frascos transparentes con tapa de rosca de 60 y 10 cm³ de

capacidad que contienen aproximadamente 1.000, 2.000 o 4.000 individuos de acuerdo con el momento de la liberación. Si la liberación es masiva, es decir, aquella que se realiza al principio del cultivo para el establecimiento de los depredadores en las plantas, se usarán frascos de 4.000 individuos. Si la liberación es de mantenimiento, la cual se realiza para garantizar una población del enemigo natural en el cultivo, se recomienda el uso de frascos con menor densidad. Como vehículo se usa vermiculita o fibra de coco, que permiten la aireación y la movilidad de los ácaros (figura 14.6). El material es almacenado en cuartos fríos a 8 °C por un periodo entre de 24 a 48 horas máximo hasta su distribución y comercialización. Una vez el material llega a los invernaderos, los ácaros depredadores deben ser liberados en menos de 24 horas para garantizar su efectividad.

Estos productos a base de ácaros depredadores tienen una limitada vida útil, por lo que deben utilizarse en un corto plazo luego de su empaque. Esto es ilustrado por De la Peña et al. (2011), quienes evaluaron el efecto de las condiciones de almacenamiento (8 °C y 85 % de HR) sobre la sobrevivencia, la longevidad, la capacidad devoradora y la fecundidad de *P. persimilis* y *N. californicus*, y encontraron que al cabo de 21 días todos los parámetros biológicos de *P. persimilis* disminuyen, mientras que para *N. californicus* se afectó la sobrevivencia y el consumo de presas y solo hasta los 28 días disminuyó la longevidad y la oviposición.

Criterios para la liberación en campo

El método más empleado para la liberación de estos biocontroladores es el aumentativo, que consiste en liberar periódicamente la mayor cantidad de depredadores posible, sin esperar que se vuelvan parte del ecosistema (Batra, 1982). En cultivos de rosa con una incidencia entre el 30 y el 60% de ácaros fitófagos, se liberan de 100 a 300 ácaros/cama por semana, haciendo énfasis en los focos de la plaga.



Fotos: Alexander Escobar



Figura 14.5. Proceso de limpieza y empaque del producto. a. Limpieza del material colectado en invernadero: en esta fase se eliminan impurezas aspiradas durante el proceso de cosecha de los ácaros depredadores; b. Proceso de empaque de *P. persimilis*.



Fotos: Alexander Escobar

Figura 14.6. Producto final AcariRaptor®, producido y distribuido por Bichopolis, en envases de 60 cc y 100 cc.

En la literatura se reporta una dosis de liberación de seis a ocho hojas de pepino con *Amblyseius* sp. en un promedio de 100-150 depredadores/hoja por hilera de plantas cuando la población total de fitófagos en el invernadero alcanza un 30 % de severidad (Colcha-Rovalino, 2013).

La tabla 14.2 presenta una escala de uso común para determinar la incidencia de la plaga. Según Hilarión,

et al. (2008), cuando las liberaciones se efectúan con previa cuantificación de la plaga y teniendo en cuenta la respuesta funcional del depredador, se logra un control más estable.

Estudios sobre la liberación conjunta de *P. persimilis* y *N. californicus* demostraron que cuando las dos especies se encuentran en el mismo sistema se presenta una disminución en la depredación debido a la interferencia

Tabla 14.2. Escala para la determinación de la incidencia de *T. urticae* en cultivos de ornamentales

Grado	Número de plantas/cama con presencia de <i>T. urticae</i>	Ubicación de la plaga
1	1	Tercio medio y bajo de la planta
2	Hasta 3	Tercio medio de la planta
3	5	Tercio bajo de la planta
4	Más de 5	Tercio medio y alto de la planta

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas a productores de ornamentales

entre las especies (comportamiento intraguilda), principalmente en los adultos. La preferencia alimenticia de cada depredador por los estados de *T. urticae* no se ve alterada (Argüelles et al., 2013).

Según Schausberger y Walzer (2001), en condiciones de invernadero se deben hacer liberaciones iniciales de *P. persimilis* con el fin de lograr que la población de la presa decaiga, para, posteriormente, liberar *N. californicus* a fin de que este se mantenga en el cultivo y controle los individuos de la plaga que *P. persimilis* no haya consumido.

Limitantes del sistema de producción

Al intensificar la producción de los ácaros depredadores es usual que se presenten picos de producción, los cuales suelen ser más marcados a medida que se intensifica

la cría. En estos casos es prudente descartar los ácaros enfermos por hongos o bacterias, que puedan afectar a la población de benéficos.

Las producciones masivas se realizan en condiciones de invernadero con una infraestructura que permita controlar la temperatura, como manejo de cortinas y techo falso. Climatizar el invernadero en las etapas de infestación con el ácaro depredador o fitófago no es conveniente porque incrementa los costos de producción y los ácaros no resistirán las condiciones climáticas extremas del cultivo al que serán trasladados. El aspecto más crítico en el incremento de la producción de estos benéficos está en la recolección de los ácaros. De acuerdo con el método de cría utilizado, los rendimientos en la producción pueden variar, como se ilustra en la tabla 14.3 en la que se comparan tres métodos de cría masiva con sus correspondientes rendimientos.

Tabla 14.3. Comparativo de métodos de producción masiva de ácaros depredadores en la sabana de Bogotá

Método de producción	Mano de obra	Nº de plantas	Fitófagos móviles/planta	Depredadores móviles/planta	Recolección ácaros/hora	Total de depredadores (12 semanas)
Materas	2	480 (80 cm)	50	125	20.000**	200.000
Planta suelo*	3	5760 (lotes de 480 plantas de diferentes edades)	561	32	1.250**	1.000.000
Industrializado*	12	10.000	600	72	1.300.000***	15.000.000

*Datos suministrados por Bichopolis S. A. S.

**Mediante corte de hojas.

***Cosechados con aspiradora industrial.

Fuente: Elaboración propia

Compatibilidad con agroquímicos

A fin de determinar la compatibilidad de los ácaros depredadores con el control químico dirigido principalmente a enfermedades fúngicas, Forero et

al. (2010) desarrollaron una prueba biológica que demostró que el metomil (0,5 g L⁻¹) no es compatible con *N. californicus*, mientras que el procloraz (0,6 g L⁻¹),

el bupirimato (1,0 g L⁻¹) y el bifenazate (0,3 g L⁻¹) presentaron una mortalidad promedio del 3 %, por lo que se recomienda el empleo de estos últimos.

A través del tiempo, las empresas comercializadoras de agentes de control biológico (ACB) han evaluado productos que se pueden o no aplicar en un manejo integrado con los depredadores y los han clasificado por rangos de mortalidad entre los depredadores.

Mortalidad del 75-100 %

- Acaricidas: abamectina, bifentrina, bifentrina + amitraz, pirimifos-metil, fipronil+propineb, lambdacialotrina, diafentiuron, tetradifon, fenpiroximato, fenazaquin, milbemectina, amitraz, acrinatrina, pyridaben.
- Insecticidas: imidacloprid, clotiandina, deltrametrina, formetanato, alfacipermetrina, metomil, tiociclam, alfacipermetrina, clorfenapir, fentoato, fipronil, acefato, metiocarb, metomil, clorfenapir, metamidofos, tiocyclam-hidrogenoxalato, monocrotofos, triclorfon.
- Fungicidas: carbendazim, benomil, iprodione, propineb-cymoxanil, iprovalicarb + propineb, tiabendazol, mandipropamid, tebuconazol.

Según Colcha-Rovalino (2013), si el nivel de incidencia de los fitófagos está por encima del 50 % se deben realizar aplicaciones de acaricidas químicos y

mantener todas las labores culturales. Las aplicaciones para otros blancos biológicos se deben realizar, en lo posible, dos días antes o dos días después de la liberación y verificar la compatibilidad. Actualmente se pueden descargar aplicaciones móviles que permiten consultar los efectos secundarios de algunos agroquímicos sobre los organismos benéficos que las diferentes comercializadoras producen, como en el caso de Koppert Biological Systems y Biobest Sustainable Crop Management.

Establecimiento

Las limitantes en el establecimiento pueden presentarse debido a factores como las variedades de rosa, la distribución espacial de las plantas, la densidad de follaje, el clima y la residualidad de los productos químicos, dado que los depredadores se ven afectados por los productos aplicados para otros blancos biológicos. Estudios realizados en un sistema controlado por un periodo de tres años en un cultivo de rosa demostraron que ácaros fitófagos *T. urticae* y su enemigo natural *P. persimilis* pueden coexistir durante periodos muy largos, sin requerir liberaciones adicionales ni redistribución artificial de los depredadores (Gough, 1991). Por su parte, Casas y Novoa (2009) encontraron que a mayor número de liberaciones de *P. persimilis*, mayor es la probabilidad de establecimiento; sin embargo, esto siempre va a estar condicionado por la aplicación de productos químicos que no sean compatibles con la estrategia de manejo biológico.

Implementación de ácaros depredadores en la producción de flores: caso Ságaro Flowers S. A.

Ságaro Flowers S. A. cuenta con más de cincuenta años de experiencia en el mercado y ha implementado el uso de ácaros depredadores con resultados contundentes a través de siete años. En la figura 14.7 se observa que el nivel de incidencia de ácaros fitófagos ha disminuido consistentemente a través del tiempo cuando han sido aplicados en un área de producción de rosas en agobio de 42 ha.

Lograr este resultado, en el que se pasó del 59 % de incidencia de la plaga a tan solo un 23 % en siete años, fue posible gracias a un trabajo continuo de seguimiento y consistencia en las decisiones de manejo del cultivo, en el entendimiento de que el uso de ácaros depredadores es netamente preventivo y que un factor decisivo para el éxito de la estrategia es la capacitación a los operarios de cultivo.

Cabe destacar que la condición inicial para liberar ácaros depredadores es que la incidencia de la plaga en el cultivo se encuentre entre el 15 y el 20 %. Si la incidencia es mayor, se deben efectuar aplicaciones químicas con dos meses de anterioridad al inicio de las liberaciones, utilizar productos de baja residualidad y mantener las labores de cultivo.

La recomendación técnica en este caso, donde se presentan 300 plantas/cama, fue iniciar el programa de control biológico con liberaciones masivas semanales con el fin de establecer el ácaro depredador

en el cultivo. Adicionalmente, se tienen en cuenta los reportes del monitoreo de poblaciones del ácaro plaga para determinar si se encuentran focos de infestación, en cuyo caso se requieren liberaciones adicionales de refuerzo. El proceso de liberación masiva se realiza por un periodo de dos semanas y posteriormente se realizan liberaciones de mantenimiento de 36 ácaros/cama/semana. Una vez establecido el ácaro en el cultivo, las tasas de liberación son variables de acuerdo con la incidencia de la plaga en este; sin embargo, cada dos semanas se deben realizar liberaciones de mantenimiento de 36 ácaros/cama.

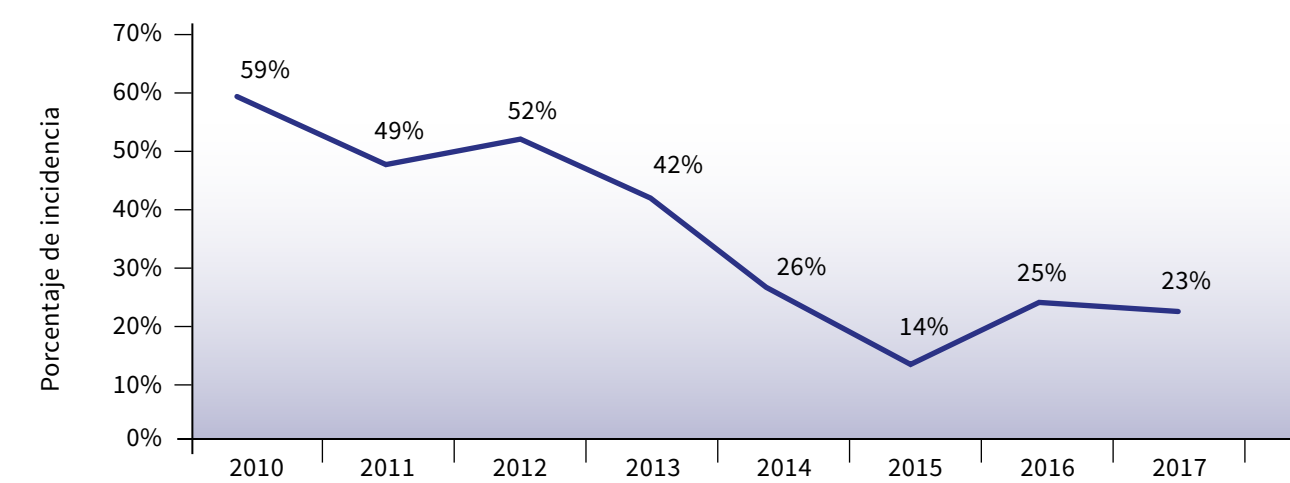


Figura 14.7. Efecto de los ácaros depredadores *P. persimilis* sobre el porcentaje de incidencia del ácaro *T. urticae* en un cultivo de rosa durante el periodo 2010-2017 en la empresa Ságaro Flowers S. A.

Fuente: Elaboración propia

En la fase de establecimiento se debe efectuar seguimiento semanal, y, una vez se tenga un control consistente, los muestreos se pueden llevar a cabo con una frecuencia mensual o incluso más espaciados, según el caso. La proporción entre fitófagos y depredadores establecida por Ságaro Flowers S. A. fue de 20:1, y se considera que la presencia de huevos viables y de otros estadios del biocontrolador son indicadores de un buen establecimiento, lo cual se cumplió en este caso.

La disminución en la incidencia de los ácaros en rosas tuvo un impacto en el indicador de consumo de

agroquímicos por área de cultivo (figura 14.8), aunque uno de los efectos no esperados fue el aumento de las poblaciones de trips. Sin embargo, los datos no son suficientes para atribuirlo exclusivamente al manejo con depredadores, dado que las poblaciones de trips suelen variar por migraciones y por condiciones climáticas (Flores & Corredor, 2000).

El manejo de esta condición obligó al empleo de control químico, con el consecuente impacto en el indicador de ingrediente activo por hectárea y la necesidad de inundar nuevamente varios invernaderos cuyas poblaciones de depredadores fueron afectadas.

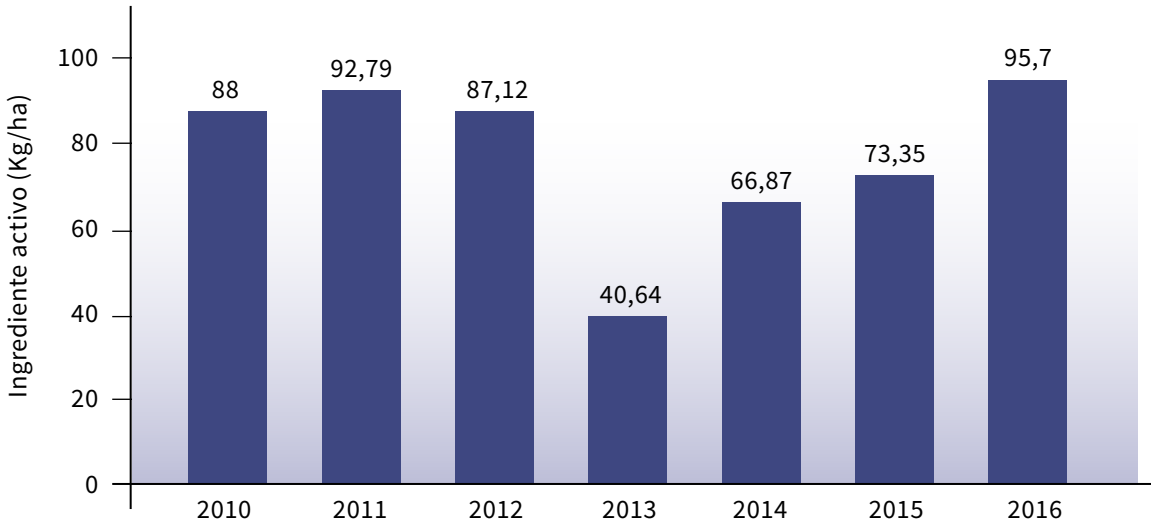


Figura 14.8. Consumo de ingrediente activo en kg/ha al año en la finca de rosas Ságaro Flowers S. A. de la sabana de Bogotá donde se ha implementado el control biológico de ácaros mediante liberaciones periódicas de los depredadores *P. persimilis*.

Fuente: Elaboración propia

Los costos asociados al manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de rosa mediante la aplicación de diferentes productos químicos durante el periodo 2009-2017 demostraron que la implementación gradual del control biológico con ácaros depredadores aumentó del 4 % en el 2012 al 11 % en 2017, mientras que los acaricidas se redujeron del 32 al 14 % en el mismo periodo (figura 14.9). Esto implica que la im-

plementación del control biológico no representa un incremento significativo en los costos de producción, y sí favorece el medio ambiente al reducir las aplicaciones químicas. El éxito en la implementación de esta estrategia de control biológico también ha generado un impacto positivo en el personal del cultivo, ya que se han evidenciado los resultados y se perciben los beneficios a nivel ambiental.

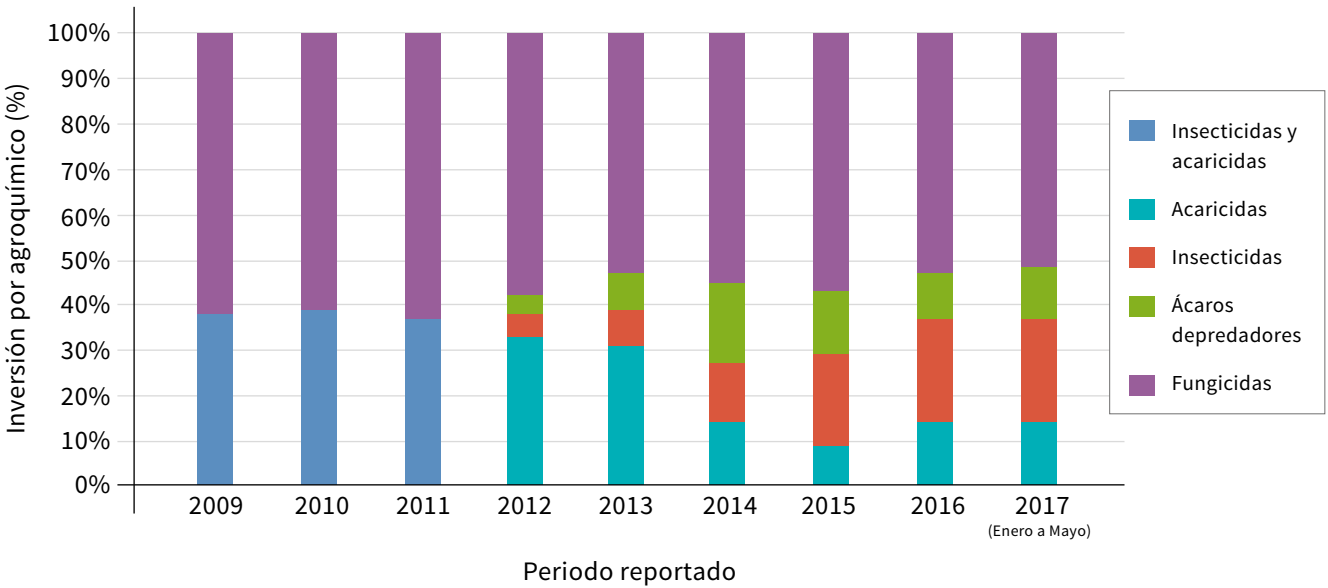


Figura 14.9. Porcentaje de costos asociados a las diferentes estrategias de manejo de insectos plagas y de enfermedades en cultivo de rosas en el periodo 2009-2017.

Fuente: Elaboración propia

Regulación internacional para la implementación del control biológico de plagas mediante la liberación de enemigos naturales

La implementación de estrategias de control biológico de plagas mediante el uso de enemigos naturales se encuentra regulada internacionalmente para garantizar el manejo apropiado de la biodiversidad en los países donde se desee aplicar la tecnología, así como para proteger los diferentes ecosistemas frente a potenciales amenazas a la biodiversidad. En esta sección se resumen algunas regulaciones que se deben tener en cuenta desde el momento de la búsqueda de enemigos naturales hasta su implementación comercial. Así mismo, se describen algunas de las limitantes que enfrentan los productores de enemigos naturales en el proceso de registro y comercialización de sus productos en Colombia.

Global G.A.P.

Las cadenas de supermercados, los agricultores y los especialistas en protección de cultivos colaboran con la implementación de los lineamientos del certificado emitido por Global G.A.P., una entidad privada que se encarga de certificar, alrededor del mundo, a los productores que cumplen con los lineamientos establecidos para una producción con bajos residuos de productos químicos, por lo tanto, esta es una de las normas más restrictivas en cuanto a los residuos de agroquímicos (Global G.A.P., 2017). Este tipo de regulación ha incrementado el número de productores que se han adherido a la norma debido a las ventajas que le confiere al productor en términos de ampliación de su nicho de mercado, pues la demanda de productos libres de residuos químicos está en crecimiento (Van Lenteren, 2012).

Convenio sobre la diversidad biológica

El convenio sobre la diversidad biológica es un tratado internacional jurídicamente vinculante con tres objetivos principales: la conservación de la

diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos (Naciones Unidas, 1992).

Este convenio establece los derechos soberanos de cada país sobre los recursos genéticos dentro de sus límites territoriales. Así mismo, establece que los acuerdos que gobiernan el acceso a los recursos genéticos y los beneficios compartidos, resultado del uso de la mencionada biodiversidad, deben ser establecidos entre los países interesados (Cock et al., 2010).

Esta regulación le confiere a cada país su independencia para establecer las normas para la importación y la exportación de material genético, por lo tanto, el ente regulador en cada país es libre de conceder o negar permisos de importación de este tipo de material, lo cual afecta directamente el desarrollo y la implementación de programas de control biológico de plagas mediante el uso de especies de artrópodos importadas. En Colombia, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) son los entes encargados de otorgar los permisos a las empresas productoras de agentes de control biológico para la producción y la liberación de enemigos naturales en los campos de producción del país. Así mismo, son quienes se encargan de analizar las solicitudes de importación de artrópodos para su uso en el control biológico.

Acuerdo de acceso y beneficio compartido

El control biológico aumentativo es una actividad comercial que implica la liberación a gran escala y de manera regular de agentes biocontroladores producto de crías masivas de insectos benéficos (Van Lenteren, 2012). Para llegar al punto de una producción a escala comercial de enemigos naturales es necesario haber cumplido con ciertos requisitos de viabilidad del producto, comenzando con la colecta en campo

de potenciales enemigos naturales, su estudio y la evaluación de su efectividad, lo que posteriormente llevará al desarrollo y el registro del enemigo natural para su comercialización (Van Lenteren, Bolckmans, Köhl, Ravensberg, & Urbaneja, 2018). Uno de los factores que se debe tener en cuenta al momento de registrar un producto de origen biológico para el manejo de plagas en diferentes cultivos en cualquier país es si su origen es endémico o si, por el contrario, se trata de una especie que debe ser importada. Para el segundo caso, se deben considerar las normas internacionales que hacen referencia al uso de recursos genéticos y beneficios compartidos que se describen a continuación.

El protocolo de Nagoya sobre el acceso y beneficio compartido (Nagoya Protocol on ABS [Access and Benefit Sharing]) se refiere a la manera en que se puede acceder a los recursos genéticos, y cómo los beneficios que son resultado del uso de dichos recursos son compartidos entre las personas o los países usuarios del recurso y los países o las personas proveedores del recurso (Cock et al., 2010; Convention on Biological Diversity [ABS], 2010). Los beneficios del uso de estos recursos pueden ser monetarios, como cuando el uso es destinado a los productos comerciales, mientras que los beneficios no monetarios pueden incluir la oferta de conocimiento o de habilidades de investigación. Para poder acceder a este acuerdo entre diferentes países es necesario cumplir con dos pasos importantes: el primero es el *consentimiento informado previo*, que es el permiso dado por la autoridad nacional competente del país proveedor a un usuario antes de acceder al recurso genético. En segundo lugar, se encuentran *los términos de acuerdo mutuo* que son acordados entre las partes (proveedor y usuario) y se refieren a las condiciones para el acceso y el uso del recurso y los beneficios que serán compartidos por las partes (ABS, 2010).

Proceso de registro y comercialización de enemigos naturales en Colombia

El registro de producción y venta de bioinsumos de uso agrícola en Colombia está regulado por el

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) mediante la Resolución 698 del 4 de febrero del 2011. El proceso incluye la autorización del productor o importador y el registro de venta del producto. Dentro de los requisitos establecidos por esta resolución para el registro del productor se destacan:

- El solicitante debe demostrar su constitución legal mediante certificado de existencia y representación legal, si se trata de una persona jurídica, o matrícula mercantil si es persona natural. Se debe contar con una planta de producción y un laboratorio de control de calidad propio o demostrar un contrato con un tercero.
- Es necesario describir la operación en cada una de las etapas que se desarrollan en las áreas de proceso y los equipos que se utilizan.
- Se requiere la obtención de una licencia ambiental, según el Decreto 2041 de octubre 15 de 2014 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Comprende una fase experimental que involucra la importación, la evaluación de la eficacia del producto y su posible impacto sobre los ecosistemas. El estudio de impacto ambiental debe ser elaborado de acuerdo al Artículo 21 de dicho decreto.
- Certificado de uso del suelo de las instalaciones emitido por la oficina de planeación municipal o la autoridad competente; debe ser un área que sea destinada para uso agrícola.
- Concepto de salubridad pública expedido por la autoridad competente.
- Relación de los productos que está en capacidad de producir, importar o evaluar, donde se indique el tipo de formulación o la presentación de cada uno.
- Contar con un laboratorio de control de calidad registrado en el ICA o contratar los servicios de uno que cumpla con los lineamientos del ICA.
- Presentar un plan de análisis de control de calidad en el que se especifique el porcentaje de muestras por cada lote elaborado; la frecuencia de muestreo varía dependiendo los lotes producidos o importados.

- Contar con un director técnico profesional en el área.
- Para el caso de los importadores, se deben especificar las características físicas, biológicas y químicas del producto e identificar la especie que se va a importar, su género y aportar la correspondiente información técnica.

Para obtener el registro del producto, ya sea para uso propio o para comercialización, debe estar registrado ante ICA como importador o productor y cumplir los siguientes requisitos:

- Presentar un informe final del ensayo de eficacia con las recomendaciones de uso. Dicho ensayo debe efectuarse según un protocolo aprobado por el ICA antes de su ejecución.
- Entregar el material de referencia al Laboratorio Nacional de Insumos Agrícolas (LANIA) del ICA y explicar cómo se identifica el depredador.
- En el caso de depredadores, no aplica el requerimiento de concepto toxicológico.
- Proyecto de etiquetado.
- El requerimiento de una prueba de estabilidad del producto no aplica para los depredadores, dado que son organismos vivos.
- Métodos de análisis de la actividad biológica.
- Hoja de manejo del producto.
- Certificado de marca expedido por la Superintendencia de Industria y Comercio.
- En caso de ser productor por maquila, debe adjuntar el contrato de producción con otra empresa registrada ante ICA.
- Características morfológicas del organismo.
- Medios de propagación y condiciones óptimas para el desarrollo.
- Especie agronómica para la cual se recomienda el uso.
- Plaga a controlar.

- Restricciones de uso.
- Descripción para la eliminación de productos vencidos o fuera de especificaciones técnicas.
- Para productos importados, autorización del productor para su comercialización en Colombia; debe incluir el certificado de análisis del mismo.
- Certificado de libre venta en el país de origen.

Nicho de mercado de enemigos naturales en Colombia

Las compañías dedicadas a la producción de enemigos naturales en Colombia se encuentran ubicadas en su mayoría en el departamento del Valle del Cauca, donde el manejo biológico de las plagas se realiza principalmente mediante liberación aumentativa de parasitoides de *Trichogramma* spp. en cultivos de caña de azúcar para el manejo de *Diatraea* sp. (Instituto Colombiano Agropecuario, 2017a, 2017b). Este mercado de parasitoides constituye el 42,85 % de los productos comercialmente disponibles para la agricultura colombiana, frente a un mercado del 57,14 % cubierto por los artrópodos depredadores, los cuales son producidos tanto en el Valle como en la sabana de Bogotá para su comercialización en cultivos de ornamentales bajo invernadero. En total son nueve compañías, de las cuales el 67 % se dedica a la producción de los insectos en Colombia y el 33 % restante realiza su mercado a partir de la importación de los agentes de control biológico (tabla 14.4).

Limitantes de la adopción de la tecnología

Existen casos exitosos de uso de ácaros depredadores, pero, como en cualquier proceso de adopción de tecnología, su implementación depende enormemente de factores culturales.

El usuario de la tecnología debe estar en capacidad de entender cómo incorporarla a su sistema productivo y

Tabla 14.4. Empresas dedicadas a la producción o la importación de enemigos naturales en Colombia registradas ante el Instituto Colombiano Agropecuario

Razón social	Especie	Actividad	N.º de resolución
Bichopolis S. A. S.	<i>Phytoseiulus persimilis</i>	Productor	1352
Koppert Colombia S. A. S.	<i>Phytoseiulus persimilis</i> <i>Neoseiulus californicus</i>	Importador	4205
Biocol	<i>Chrysoperla carnea</i> <i>Trichogramma exiguum</i>	Productor	3459
Surtir de la Sabana Ltda.	<i>Phytoseiulus persimilis</i>	Importador	2137
Syngenta	No registra producto	Importador	2160
Biodefensas Agrícolas Ltda.	<i>Trichogramma</i> spp.	Productor	287
Corporación Ama	<i>Trichogramma exiguum</i>	Productor	3457
Perkins Ltda.	<i>Trichogramma pretiosum</i> <i>T. atopovirilia</i> <i>T. exiguum</i> <i>Chrysoperla carnea</i>	Productor	4425
Scientia Colombia S. A. S.	<i>Trichogramma pretiosum</i> <i>T. exiguum</i> <i>T. atopovirilia</i> <i>Encarsia formosa</i> <i>Eretmocerus eremicus</i> <i>Aphidius colemani</i> <i>Orius insidiosus</i> <i>Ceraeochrysa claveri</i> <i>Ceraeochrysa cincta</i> <i>Chrysoperla carnea</i> <i>Phytoseiulus persimilis</i> <i>Neoseiulus californicus</i> <i>Neoseiulus cucumeris</i>	Productor	5877
Bioagro	<i>T. pretiosum</i> <i>T. exiguum</i> <i>T. atopovirilia</i>	Productor	4631

Fuente: Adaptado de ICA (2017a, 2017b)

cómo combinarla con otros métodos de los cuales no puede prescindir, como el control químico de otras plagas y enfermedades, cuyo efecto colateral puede fácilmente estropear el programa de implementación. De acuerdo con la experiencia de los autores, los obstáculos más importantes para la adopción de estas tecnologías son los siguientes.

Regulación gubernamental

Un factor limitante en la aplicación del control biológico de plagas en Colombia, expresado por compañías extranjeras que quieren entrar en el mercado colombiano, radica en la complejidad de los lineamientos que regulan la importación de enemigos naturales

y de las liberaciones en campo de estos agentes de control biológico. La mayoría de las regulaciones establecidas para Colombia son muy similares a las que se pueden encontrar en Europa. Sin embargo, el registro de agentes de control biológico en Colombia debe realizarse con un nivel alto de rigor para evitar impactos en los ecosistemas ocasionados por especies foráneas, y la determinación de los impactos potenciales se efectúa con un estudio complejo que toma tiempo en un país megadiverso.

Tiempos desde la
producción hasta puesta en campo

Los agentes de control biológico son organismos vivos que necesitan ser colectados en campo, estudiados, criados masivamente y transportados al país receptor en un tiempo que permita, una vez liberados, garantizar su viabilidad y su efectividad. Los tiempos en los que deben ocurrir estos pasos deben reducirse al mínimo durante los trámites que realizan las autoridades de importación; sin embargo, diferentes empresas que han intentado incluir sus productos en el mercado colombiano han reportado que los tiempos de chequeo del material en los aeropuertos y las condiciones en las que los productos son mantenidos durante la espera de la inspección por parte de las autoridades no son adecuados para el manejo de material vivo, lo cual afecta la viabilidad del producto y hace que disminuya la credibilidad en este por motivos que, generalmente, son ajenos a la biología de los insectos. El proceso de registro y llegada al mercado de la tecnología es largo, de modo que puede afectar la demanda y el interés de las empresas en establecer este tipo de operaciones.

Aceptación por parte de los agricultores

Regularmente, para implementar estrategias de control biológico en cultivos comerciales se requiere de personal altamente entrenado para la producción masiva de los artrópodos, lo cual puede generar un costo adicional para el productor. Por otro lado, para garantizar la supervivencia de los enemigos naturales se hace necesario separar temporal y espacialmente las aplicaciones de agroquímicos. Lo anterior dificulta la aplicación de una única estrategia de manejo en el cultivo e implica que se debe tener un plan de operaciones para mantener alejados los lotes tratados con químicos de los tratados con depredadores.

La aceptación de la tecnología por parte de los agricultores se ve en riesgo cuando se requiere asistencia técnica para generar capacidades en las operaciones de producción de flores a fin de interpretar correctamente los umbrales de daño y definir las intervenciones, tanto para la aplicación de agroquímicos como para la liberación de ácaros depredadores.

Actitud de los consumidores finales

Se considera que los consumidores finales de productos agrícolas tienen una mayor preferencia hacia los cultivos manejados mediante control biológico que hacia los manejados con control químico. Sin embargo, este tipo de tendencias no se encuentran documentadas apropiadamente (Van Lenteren, 2012). En Colombia, no se cuenta con estadísticas que permitan conocer la preferencia del consumidor en cuanto a la inocuidad de los productos agrícolas disponibles en el mercado.

Conclusiones y perspectivas

Los artrópodos benéficos se consideran parte del mercado de bioinsumos, junto con los plaguicidas microbianos y los plaguicidas bioquímicos. Este mercado tiene un alto potencial de crecimiento hacia 2020 (Goedde, Horii, & Sanghvi, 2015) y Colombia, como país megadiverso, tiene grandes oportunidades de encontrar y desarrollar nuevas alternativas de control que involucren el uso de artrópodos. El uso de ácaros depredadores en los cultivos de rosas es un caso exitoso a pesar de múltiples factores en contra, donde cabe mencionar la falta de tradición en el uso de esta alternativa y la alta dependencia del control químico. Como cualquier alternativa tecnológica, el uso de artrópodos depredadores está sujeto a la oferta y la demanda. Por el lado de la oferta, los productores de enemigos naturales a escala comercial en Colombia aún son pocos, pero han tenido un proceso de aumento en su capacidad de producción y de profesionalización empresarial. La alta demanda de estas alternativas en Europa ha sido estimulada por la necesidad de generar productos agrícolas con alto valor agregado y buenos estándares de inocuidad, aspectos que cada día cobran más importancia en el mercado. En la medida de que estos mercados agrícolas de alto valor se desarrollen y consoliden, se crearán espacios para nuevas empresas dedicadas a la producción masiva y la comercialización artrópodos benéficos, lo cual hace necesario un alto grado de articulación entre el Estado, la academia, el emprendimiento productivo y los demandantes de la tecnología a nivel local e internacional.

Agradecimientos

Los autores expresan un especial agradecimiento a Ságaro Flowers S. A., quienes, por medio de comunicación personal con el Ing. Leonardo Ramos, autorizaron la publicación de los datos consignados en el presente estudio de caso.

Referencias

Argüelles, A., Plazas, N., Bustos, A., Cantor, F., Rodríguez, D., & Hilarion, A. (2013). Interacción entre dos ácaros depredadores de *Tetranychus urticae* Koch (Acariformes: Tetranychidae) en laboratorio. *Acta Biológica Colombiana*, 18(1), 137-148. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/16291>.

Asociación Colombiana de Exportadores de Flores(Asocolflores), Sociedad de Agricultores de Colombia (sac) & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). (2006). *Lineamientos y recomendaciones para el programa social y ambiental Flor Verde en el marco de las evaluaciones ambientales estratégicas segun metodologia del departamento nacional de planeación*. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Evaluación_Ambiental_Estrategica/Lineamientos___recomendaciones_flor_verde.pdf.

Batra, S. W. (1982). Biological control in agroecosystems. *Science*, 215(4529), 134-139. doi:10.1126/science.215.4529.134.

Bustos, H. A. (2013). *Desarrollo de un modelo de simulación de una cría masiva del ácaro depredador Phytoseiulus persimilis (Parasitiformes: Phytoseiidae)* (tesis de maestría). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Recuperado de http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12444/1/Bustos%20Alexander%20codigo_7500027.pdf.

Cantor, F., Rodríguez, D., Bustos, A., Hillarion, A., Muñoz, K., Niño, A., & Numa, S. (2011). *Estrategias para el control integrado de ácaros en cultivos de rosa*. [Cartilla técnica]. Bogotá, Colombia: Centro de Innovación de la Floricultura Colombiana (Ceniflores).

Casas, Y., & Novoa, M. A. (2009). *Evaluación del establecimiento de Phytoseiulus persimilis (Parasitiformes: Phytoseiidae) para el control de Tetranychus urticae-Koch (Acari: Tetranychidae) en rosa* (tesis de pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/455/1/CasasPrietoYuly2009.pdf>.

Cock, M. J., Van Lenteren, J. C., Brodeur, J., Barratt, B. I., Bigler, F., Bolckmans, K., ... Parra, J. R. P. (2010). Do new access and benefit sharing procedures under the convention on biological diversity threaten the

future of biological control? *BioControl*, 55(2), 199-218. doi:10.1007/s10526-009-9234-9.

Colcha-Rovalino, S. E. (2013). *Manual práctico de reproducción masiva de Amblyseius californicus, usado en el control biológico de Tetranychus urticae* (tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6049/1/UPS-YT00145.pdf>.

Chacón-Hernandez, J., Cerna-Chávez, E., Ochoa-Fuentes, Y., Hernández-Juárez, A., Palacios-Bazaldúa, L., & Landeros-Flores, J. (2016). Distribución espacial y fluctuación poblacional de *Tetranychus urticae* (Koch) y *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) en cultivos de rosal. *Phyton*, 85(2), 236-245. Recuperado de http://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol85/Chacon_Hernandez.pdf.

Convention on Biological Diversity (ABS). (2010). *Introduction to access and benefit-sharing*. Recuperado de <https://www.cbd.int/abs/infokit/brochure-en.pdf>.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2010). *Informe de resultados. Censo de fincas productoras de flores en 28 municipios de la sabana de Bogotá y Cundinamarca*. Recuperado de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/flores/Informe_resultados_2009.pdf.

Daza Vallejos, M. A., Bustos Rodríguez, H. A., Cantor Rincón, F., Rodríguez Caicedo, D., & Cure Hakim, J. R. (2010). Criterios para la producción de *Phytoseiulus persimilis* (Parasitiformes: Phytoseiidae) bajo condiciones de invernadero. *Acta Biológica Colombiana*, 15(1), 37-46.

De la Peña, A., Niño, P., Bustos, A., Fernando, C., & Rodríguez, D. (2011). Efecto de diferentes tiempos de almacenamiento en frío sobre algunos parámetros de *Phytoseiulus persimilis* (athias henriot) y *Neoseiulus californicus* (parasitiformes: phytoseiidae). *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 63-74.

Flores, E., & Corredor, D. (2000). Análisis espacial de las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en un cultivo de fresa bajo cubierta, como soporte de las decisiones de manejo integrado de plagas. *Agronomía Colombiana*, 17(1-3), 25-35. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/24388/1/21541-73647-1-PB.pdf>.

Forero, G., Rodríguez, M., Cantor, F., Rodríguez, D., & Cure, J. R. (2008). Criteria for the management of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) with the predator mite *Amblyseius* (Neoseiulus) sp. (Acari: Phytoseiidae) on rose culture. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 78-86.

Forero, J., Arguelles, Z. P., Cantor, F., & Rodríguez, D. (2010). Bioensayo para evaluar la compatibilidad de adultos de *Neoseiulus californicus* (Parasitiformes: Phytoseiidae) con algunos pesticidas de uso comercial en condiciones semicontroladas. *Agronomía Colombiana*, 28(2), 273-280.

Global G.A.P. (2017). *Certification*. Recuperado de http://www.globalgap.org/uk_en/what-we-do/globalg.a.p.-certification/.

Goedde, L., Horii, M., & Sanghvi, S. (2015). *Pursuing the global opportunity in food and agribusiness*. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/pursuing-the-global-opportunity-in-food-and-agribusiness>.

Gómez, S., Pérez, M., Barreto, C., Cure, J., & Torrado, E. (2004). Introducción del depredador *Phytoseiulus persimilis* como componente del manejo integrado de la arañita roja *Tetranychus urticae*. *Revista Asocolflores*, 65, 43-58.

Gough, N. (1991). Long-term stability in the interaction between *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* producing successful integrated control on roses in southeast Queensland. *Experimental & Applied Acarology* 12(1-2), 83-101. doi:10.1007/BF01204402.

Hilarión, A., Niño, A., Cantor, F., Rodríguez, D., & Cure, J. R. (2008). Criterios para la liberación de *Phytoseiulus persimilis* Athias Henriot (Parasitiformes: Phytoseiidae) en cultivo de rosa. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 68-77.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (4 de febrero de 2011). Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de departamentos técnicos de ensayos de eficacia, productores e importadoes de bioinsumos de uso agrícola y se dictan otras disposiciones. [Resolución 698]. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/225bd110-d1c4-47d7-9cf3-43745201e39a/2011R698.aspx>.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2017a). *Empresas bioinsumos diciembre 2017*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Fertilizantes-y-Bio-insumos-Agricolas/Listado-de-Bioinsumos/2009/EMPRESAS-REGISTRADAS-BIOINSUMOS-JULIO-8-DE-2008.aspx>.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2017b). *Productos registrados*. Recuperado de <http://www.ica.gov.co/getdoc/2ad9e987-8f69-4358-b8a9-e6ee6dcc8132/PRODUC-TOSBIOINSUMOS-MAYO-13-DE-2008.aspx>.

Malais, M., & Ravensberg, W. (1991). *Conocer y reconocer: la biología de las plagas de invernadero y sus enemigos naturales*. Berkel en Rodenrijs, Holanda: Koppert Biological Systems.

McMurtry, J., & Croft, B. (1997). Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual Review of Entomology*, 42, 291-321. doi:10.1146/annurev.ento.42.1.291.

Naciones Unidas (1992). *Convenio sobre la biodiversidad biológica*. Recuperado de <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>.

Peñaranda, M. I. (2016). *Resistencia de insectos a insecticidas*. Recuperado de <http://www.metroflorcolombia.com/resistencia-de-insectos-a-insecticidas/>.

Rabobank Group (2016). *World floriculture map*. Recuperado de https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-food-agri/world_floriculture_map_2016.html.

Rodríguez, H., Montoya, A., Pérez-Madruga, Y., & Ramos, M. (2013). Reproducción masiva de ácaros depredadores Phytoseiidae: retos y perspectivas para Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 28(1), 12-22.

Rojas López, M. D. R., Vera, M., & Arias, M. I. (2012). Estrategia de CRM en el caso de las empresas colombianas de bioinsumos. *Gestión y Ambiente*, 15(2), 93-100.

Scopes, N. E. A., & Pickford, R. (1985). Mass production of natural enemies. En N. W. Hussey & N. E. A. Scopes (Eds.), *Biological Pest Control: The Glasshouse Experience* (pp. 197-209). Poole, Reino Unido: Blandford Press.

Schausberger, P., & Walzer, A. (2001). Combined versus single species release of predaceous mites: predator-predator interactions and pest suppression. *Biological Control*, 20(3), 269-278. doi:10.1006/bcon.2000.0908.

Torrado, E., Pérez, M., Cure, J., García, M., & Echeverri, C. (2001). Evaluación de sistemas de control biológico utilizados comercialmente en Europa para el control de plagas de rosa bajo invernadero, en la sabana de Bogotá. *Revista Asocolflores*, 61, 34-45.

Van Lenteren, J. C. (2012). The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, 57(1), 1-20. doi:10.1007/s10526-011-9395-1.

Van Lenteren, J. C., Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W. J., Urbaneja, A. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, 63(1), 39-59. doi:10.1007/s10526-017-9801-4.

Zambrano, C. & Riaño, P. (2008). *Rentabilidad de las empresas productoras de bioinsumos registradas ante el ICA*. Recuperado de http://argus.iica.ac.cr/Esp/regiones/andina/colombia/Documentos%20de%20la%20Oficina/docsiica/rentabilidad_empresas_bioinsumo_ica.pdf.

Zambrano, D. C., Bonilla, R. R., Avellaneda, L., & Zambrano, G. (2015). Análisis prospectivo de los bioinsumos agrícolas en Colombia: una consulta a expertos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(2), 103-113. doi:10.15446/rev.colomb.biote.v17n2.48472.