

Bioensayo para evaluar la compatibilidad de adultos de *Neoseiulus californicus* (Parasitiformes: Phytoseiidae) con algunos pesticidas de uso comercial en condiciones semicontroladas

Bioassay for evaluating the compatibility of adults of *Neoseiulus californicus* (Parasitiformes: Phytoseiidae) with some commercial use pesticides under semicontrolled conditions

Jennifer J. Forero-Patiño¹, Zulma P. Argüelles², Fernando Cantor R.¹ y Daniel Rodríguez^{1,3}

RESUMEN

Neoseiulus californicus es un depredador de *Tetranychus urticae* en cultivos comerciales de rosa. Sin embargo, en este cultivo se aplican agroquímicos que no permiten usarlo como controlador. Debido a que no existe un protocolo para evaluar la compatibilidad de ácaros depredadores con productos químicos y a que es necesario definir cuáles de estos productos podrían emplearse en controles fitosanitarios sin afectar al depredador, el presente trabajo buscó determinar una metodología para evaluar la compatibilidad de algunos de estos agroquímicos con adultos del depredador. Para ello se estandarizó tanto la aplicación de los productos como sus métodos de aspersión (superficie tratada y aspersión directa), e igualmente se estableció la planta sustrato más recomendable para su evaluación. Finalmente, se determinó la compatibilidad de algunos productos químicos con los ácaros depredadores. Se encontró que la especie más apropiada para los ensayos es la rosa, y que la distancia ideal de aspersión es de 1 m, con tres pases de aplicación del producto. No se encontraron diferencias significativas entre los métodos de aspersión ($P = 0,15222$). Por último, se determinó que metomil ($0,5 \text{ g L}^{-1}$) no es compatible con *N. californicus*, mientras que los productos prochloraz ($0,6 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$), bupirimato ($1,0 \text{ g L}^{-1}$) y bifenazate ($0,3 \text{ g L}^{-1}$) sí lo son (mortalidad promedio \pm SE: $17 \pm 3\%$), por lo que se recomienda el empleo de estos últimos junto con el depredador en el manejo del cultivo.

Palabras clave: cultivo de ornamentales, aspersión de plaguicidas, ácaros depredadores, manejo integrado de plagas.

ABSTRACT

Neoseiulus californicus is a predator of *Tetranychus urticae* in commercial rose crops, which, however, receive agrochemical applications that prevent the use of the insect as a biological controller. Given the need to define the chemical agents that can be used in phytosanitary controls without affecting the predator, the present research study sought to define a methodology to determine the compatibility of a series of agrochemicals with the adults of *N. californicus*. For this purpose, we established both the application mode of the products and the spraying methods (direct application and treated surface); the adequate substrate plant species for the bioassay; and the compatibility of the chemical products with the predator. The substrate plant was observed to be the rose, sprayed at a 1 m distance in three applications of the product. No significant differences were detected between the two spraying methods ($P = 0.15222$). While methomyl (0.5 g L^{-1}) was found not to be compatible with *A. californicus*, prochloraz ($0.6 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$), bupirimate (1.0 g L^{-1}) and bifenthrin (0.3 g L^{-1}) did show such compatibility (mean mortality \pm SE: $17 \pm 3\%$), and are therefore recommended to be used together with the predator in the management of this crop.

Key words: ornamental cultivation, pesticide spraying, predator mites, integrated pest management.

Introducción

La floricultura es la actividad agrícola que genera más ganancias al país después del café. Colombia es el segundo exportador más grande de flor de corte a nivel mundial, siendo esta muy apreciada por su calidad y características (McGowan, 2006). El incremento en los costos de producción generados por los precios de los insumos, especialmente de agroquímicos, la contaminación generada

por el empleo de agrotóxicos y la resistencia a muchos de estos por parte de plagas de importancia económica, han generado la necesidad de encontrar estrategias alternativas para el control de los problemas fitosanitarios. Además de las exigencias internacionales en cuanto a la reducción en el uso de plaguicidas y el incremento en el uso de estrategias de bajo impacto ambiental, incentiva el uso de controladores biológicos (Páramo *et al.*, 1986).

Fecha de recepción: 1 de abril de 2009. Aceptado para publicación: 28 de julio de 2010

¹ Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá (Colombia).

² Centro de Investigación, Floramérica Ltda., Cajicá (Colombia).

³ Autor de correspondencia. ecologia@unimilitar.edu.co

Una de las principales plagas en los cultivos de flores es el ácaro fitófago *Tetranychus urticae* Koch. Su producción de telaraña favorece la colonización de otros sectores y dificulta la llegada de los productos para su control. Sus colonias inician en el envés de las hojas, pero en grandes densidades puede cubrir toda la planta. Su daño se aprecia como puntos cloróticos en el haz de las hojas, que en gran número afectan la productividad de las plantas y la calidad del producto (Sabelis y Dicke, 1985).

Neoseiulus californicus es considerado uno de los más eficaces depredadores de *T. urticae*, pues su ciclo de vida es corto y rápido respecto al de su presa, con una duración de cuatro días a 25°C. Además, no posee estadios quiescentes, razón por la cual hay dos generaciones del depredador por cada generación de la presa a la misma temperatura. Su establecimiento en los cultivos tiene cierta ventaja, ya que su población blanco es baja y está concentrada (focos). Su acción controladora puede apreciarse en menor tiempo que cuando la población es muy alta debido a su respuesta funcional Tipo II. *Neoseiulus californicus* es un depredador de *T. urticae* en todos sus estadios, prefiriendo consumir los estadios de larva y ninfa (Forero *et al.*, 2008).

El manejo integrado de plagas comprende la búsqueda de una integración viable del control biológico y químico (Hoyt, 1969; Spollen e Isman, 1996; Hardman *et al.*, 2003; Acheampong y Stark, 2004; Riquelme *et al.*, 2006). Esto plantea como un inconveniente principal el hecho de que los plaguicidas generan mortalidad también sobre los enemigos naturales afectando su densidad poblacional, distribución espacial y la “estructura de edad” de la plaga, aspectos que dificultan el establecimiento del depredador, generando pérdidas económicas y haciendo ver al control biológico como una estrategia poco eficiente (Opit *et al.*, 2009).

Para favorecer el empleo conjunto de las dos estrategias, se puede definir el momento adecuado de aspersión, buscando un menor traslape entre la aplicación del producto y la liberación del enemigo natural o sus picos de actividad, así como la aplicación de plaguicidas específicos y compatibles con los enemigos naturales (Opit *et al.*, 2009). La identificación de estos plaguicidas se logra mediante la estandarización de metodologías en laboratorio, semicontroladas o en campo.

Existen varios estudios que evalúan la compatibilidad de productos químicos con ácaros depredadores. Ramírez (2003) evaluó la compatibilidad de varios enemigos naturales con diversos productos en condiciones de laboratorio, encontrando que ingredientes como el metomil (0,5 g L⁻¹)

y el methiocarb (1,0 g L⁻¹) son perjudiciales a *P. persimilis* y a *Amblyseius* sp., provocándoles la muerte inmediata. Además, se halló que los productos evaluados por ingestión tienen un menor efecto que por contacto sobre el depredador.

Por lo anterior, con el presente trabajo se planteó estandarizar la metodología de evaluación, desde los criterios de aspersión y el momento de aspersión de los productos respecto al momento de liberación del depredador (interacción producto-depredador) –lo cual en adelante será mencionado en el artículo como “métodos de aspersión de los productos”– y la planta a usar como sustrato, además de evaluar la compatibilidad de algunos productos utilizados para el control de problemas fitosanitarios en rosa con *N. californicus*.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó durante los meses de diciembre de 2006 a septiembre de 2007, en el Laboratorio de Sanidad Vegetal y en el invernadero de Americaflor Ltda., ubicado en el municipio de Cajicá, Colombia, a una altitud de 2.558 msnm y con una temperatura media de 14°C.

El material biológico se obtuvo de las crías de *Neoseiulus californicus* y *Tetranychus urticae*, implementadas según los procedimientos del Laboratorio de Sanidad Vegetal. Los ensayos se hicieron con base en la metodología propuesta por Overmeer (1985). De igual forma, la metodología para las evaluaciones de compatibilidad de los productos sobre *N. californicus* se realizó con apoyo de los protocolos desarrollados por el Laboratorio de Sanidad Vegetal de Americaflor Ltda.

La cría de *N. californicus* se inició en plantas de rosa (var. Charlotte) de cuatro semanas después de la activación de yemas y plantas de frijol (var. Bola roja) de tres semanas de desarrollo foliar, infestadas con adultos de *T. urticae*, las cuales fueron ubicadas dentro de jaulas de 80 x 80 x 80 cm. Se realizó la rotación de plantas infestadas por plantas sanas para tener una cría permanente de *T. urticae* en las jaulas, y así producir de manera continua los ácaros depredadores *N. californicus*. A partir de esta cría, se obtuvieron cohortes de hembras de *T. urticae* con cero a seis días después de emergidas, para realizar evaluaciones de compatibilidad con los productos evaluados.

Estandarización de criterios de aspersión y planta sustrato

Debido a que el presente trabajo requirió la estandarización de criterios de aplicación para la evaluación de la

compatibilidad de algunos productos comerciales de uso común en cultivos de rosa, y de la definición de la planta considerada el sustrato para utilizar en dichas aspersiones, se tomaron como unidades experimentales plantas de frijol (var. Bola roja) de tres semanas de desarrollo foliar y plantas de rosa (var. Freedom) de ocho a once semanas después de injertadas.

Se usaron plantas de frijol, teniendo en cuenta los protocolos desarrollados por el Laboratorio de Sanidad Vegetal de Americaflor Ltda., para la evaluación de la efectividad de agroquímicos sobre *T. urticae*. Su uso como sustrato en este tipo de ensayos resulta favorable por su practicidad, facilidad de producción y economía conseguida con su manejo respecto a otras plantas (Argüelles *et al.*, 2007; Hincapié *et al.*, 2008; Montoya *et al.*, 2008). Por otra parte, se usaron plantas de rosa, considerando que la utilidad práctica principal del bioensayo sería dentro del sector floricultor, además de la susceptibilidad comprobada que presenta la variedad Freedom al fitófago *T. urticae* a nivel comercial.

Cada unidad experimental se preparó como se muestra en la Fig. 1., evaluándose la planta sustrato por utilizar (rosa var. Freedom y frijol var. Bola roja). Sobre cada unidad experimental se realizó una aspersión con agua, empleando un aerógrafo, a un metro de distancia de la planta, con una presión de 2.757,9 kPa, variando el número de pases (uno, dos y tres veces) dirigidos hacia el haz y el envés de las hojas por planta.

Este ensayo se realizó según un diseño completamente al azar con arreglo de tratamientos factorial (2 x 3 x 2), donde los factores evaluados fueron la planta sustrato (dos niveles: frijol y rosa), el número de pases (tres niveles: uno, dos y tres pases) y la aplicación en el haz o el envés (dos niveles). Para estimar el porcentaje de cobertura se realizó un análisis de regresión tomando como variables el número de gotas y el tamaño de gota, encontrándose un $R^2 = 96$. Además, se hizo un análisis de varianza para un diseño completamente al azar con estructura factorial, y se realizaron pruebas de Tukey para comparar los promedios de los tratamientos. Para todos los análisis estadísticos se empleó el programa estadístico R versión 2.6.1 (Free Software Foundation, Inc., Boston, MA). La uniformidad horizontal en la distribución de las gotas se estimó con el coeficiente de variación, en donde se trabajó con un factor de expansión de gota igual a 1.

Con los resultados anteriores se definieron los siguientes criterios de aspersión para los posteriores ensayos de este trabajo: aspersión con un aerógrafo sobre plantas de rosa

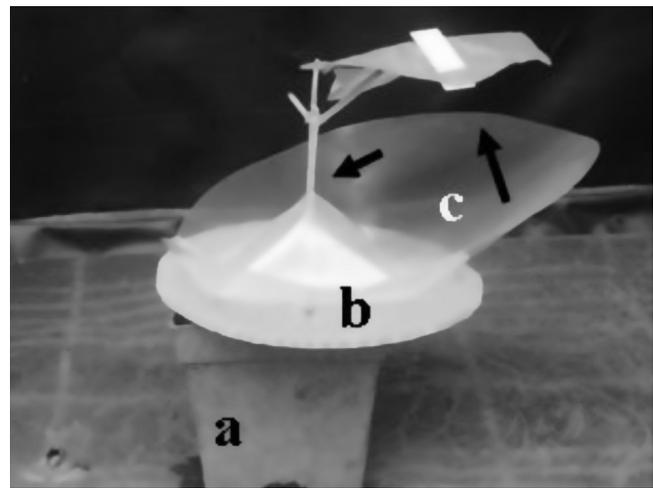


FIGURA 1. Montaje para la aspersión en plantas de frijol. a) maceta plástica con capacidad para 549,25 cm³ de sustrato (cascarilla: suelo 3:1); b) bandeja de plástico de 14,5 cm de diámetro; c) plato plástico calibre siete dispuesto como cono invertido. Las flechas indican las regiones en las cuales se aplicó el bioadhesivo, para evitar el escape de los individuos.

($P = 4,47 \cdot 10^{-09}$) a 1 m distancia, con una presión de 2.757,920 kPa en el compresor y $5\frac{3}{4}$ giros al tornillo para ajustar la nube de aspersión. La aplicación se hace con tres pases hacia el haz y tres hacia el envés ($P = 0,14$), acompañados de un giro de 180° a la planta. El aerógrafo, dispuesto en un ángulo de inclinación de 45° con respecto al eje horizontal hacia abajo, cuando la aspersión se dirige hacia el haz, y hacia arriba cuando es hacia el envés.

Estandarización de un método de aspersión de los productos químicos para evaluar su compatibilidad con adultos de *N. californicus*

Con el propósito de definir el método de aspersión más adecuado para la determinación de la compatibilidad de algunos productos con los ácaros depredadores, se evaluaron cuatro tratamientos con tres repeticiones por cada uno, los cuales consistieron en dos metodologías de aspersión (aspersión directa y superficie tratada), cada una con dos composiciones poblacionales (sólo *N. californicus* y *N. californicus* junto con *T. urticae*) en plantas de rosa (Tab. 1). En cada tratamiento se registró el porcentaje de mortalidad de adultos de *Neoseiulus californicus*.

Las metodologías de aspersión se hicieron según lo establecido en el Laboratorio de Sanidad Vegetal de Americaflor Ltda., en donde para la evaluación del método de “aspersión directa” se registra el porcentaje de mortalidad del depredador luego de la aplicación del producto sobre el mismo solo y éste junto con su presa, mientras que para el registro del porcentaje de mortalidad del depredador en el método

“superficie tratada”, se realiza la liberación del depredador después de que la presa ha sido asperjada con el producto. Las aspersiones se realizaron con agua más coadyuvante (isooctil fenoxipolietoxietanol a 1 mL L⁻¹).

TABLA 1. Tratamientos evaluados para estandarizar el método de aspersión de productos químicos sobre adultos de *N. californicus*.

Metodología de aspersión	Composición poblacional
Aspersión directa	<i>N. californicus</i> + <i>T. urticae</i>
Aspersión directa	<i>N. californicus</i>
Superficie tratada	<i>N. californicus</i> + <i>T. urticae</i>
Superficie tratada	<i>N. californicus</i>

Se tomó como unidad experimental plantas de rosa (var. Freedom) de nueve a once semanas después de injertadas. Se utilizó un diseño completamente al azar, en donde se tomaron al azar dos hojas apicales de cinco plantas, para estimar el área foliar promedio por planta con el Software Scion Image® (Scion Corporation, Frederick, MD). La infestación de las plantas se realizó con hojas de frijol con 0,25 hembras de *T. urticae* de cero a seis días después de emergidas por centímetro cuadrado. Las hembras del fitófago se dejaron en las plantas durante 3 d, al término de los cuales se retiraron con un aspirador bucal.

Se realizaron conteos destructivos en tres plantas al azar, registrando el número de huevos e inmaduros móviles de *T. urticae* a los 10, 12 y 14 d después del retiro de las hembras de *T. urticae*, con el fin de determinar el momento de aspersión y liberación del ácaro depredador. En cada monitoreo se llevó a cabo un conteo destructivo de tres plantas al azar.

El momento de realización de la aspersión y liberación del depredador se hizo cuando la población de inmaduros móviles del fitófago fueran superiores o iguales al 60% con relación al total de la población encontrada en ese momento en la planta, y cuando el número de inmaduros móviles permitiera la evaluación de mínimo tres depredadores teniendo en cuenta la proporción 20:1 (presa:depredador) (Forero *et al.*, 2008). Para la aspersión se dejaron sólo las cuatro hojas más apicales en cada planta. Tres días después de la aspersión y liberación se hizo el conteo de los individuos muertos en cada uno de los tratamientos evaluados.

El ensayo se realizó según un diseño completamente al azar con arreglo factorial, en donde la variable dependiente fue el porcentaje de mortalidad del depredador y los factores de variación fueron: metodología de aspersión (directa y superficie tratada) y composición poblacional (depredador + presa o depredador solo). Los datos obtenidos fueron

transformados con el factor $y = sen^{-1} \sqrt{p}$. Finalmente, se realizó análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de Tukey.

Determinación de la compatibilidad de algunos productos comerciales con adultos de *N. californicus*

Con el fin de determinar el grado de compatibilidad de algunos productos de uso comercial en cultivos de rosa para el control de problemas fitosanitarios con el ácaro depredador, a partir de la metodología estandarizada en el ensayo anterior se evaluaron en el mismo momento dos métodos de aspersión (aspersión directa y superficie tratada), dos composiciones poblacionales (*N. californicus* junto con *T. urticae* y *N. californicus* solo) (Tab. 2), cada uno con cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron un testigo por método de aspersión, y cuatro productos: un insecticida (metomil - 0,5 g L⁻¹), un acaricida (bifenazate - 0,3 g L⁻¹), y dos fungicidas (procloraz - 0,6 mL L⁻¹ y bupirimato - 1,0 g L⁻¹), así como también dos composiciones poblacionales por producto aplicado.

TABLA 2. Tratamientos evaluados para determinar la compatibilidad de algunos productos químicos con adultos de *Neoseiulus californicus*.

Tratamientos	Metodología de aspersión	Composición poblacional
Testigo ¹	Aspersión directa	<i>N. californicus</i> + <i>T. urticae</i>
	Superficie tratada	<i>N. californicus</i> + <i>T. urticae</i>
Producto ² + isooctil fenoxipolietoxietanol (1 mL L ⁻¹)	Aspersión directa	<i>N. californicus</i> + <i>T. urticae</i>
		<i>N. californicus</i>
	Superficie tratada	<i>N. californicus</i> + <i>T. urticae</i>
		<i>N. californicus</i>

¹ Agua destilada + isooctil fenoxipolietoxietanol (1 mL L⁻¹).

² Producto de uso comercial evaluado por separado: metomil (0,5 g L⁻¹), bifenazate (0,3 g L⁻¹), procloraz (0,6 mL L⁻¹) y bupirimato (1,0 g L⁻¹).

Debido a que el resultado del anterior ensayo fue obtenido asperjando únicamente agua, se decidió verificarlo al probar los dos métodos de aplicación con los diferentes productos, para confirmar que el efecto del método no cambiara entre diferentes productos. Como unidad experimental se usaron plantas de rosa infestadas con 0,25 hembras de *T. urticae*/cm² para la aplicación de cada producto. Veinticuatro horas después de esto se realizó la infestación y se hizo la aspersión, la liberación y el registro de variables.

El ensayo contó con un diseño completamente al azar con arreglo factorial. Los factores de variación para cada producto fueron metodología de aspersión y composición poblacional, y se registró el número de individuos muertos del depredador después de la aplicación del producto o de agua + coadyuvante (testigo). Se registraron como muertos

aquellos depredadores inmóviles o con dificultades en su desplazamiento (según el mecanismo de acción del producto evaluado).

Resultados y discusión

Estandarización de un método de aspersión de productos químicos para evaluar su compatibilidad con adultos de *N. californicus*

Al evaluar el efecto de las metodologías de aspersión sobre la mortalidad del depredador, no se encontraron diferencias significativas entre estas ($F = 2,50$; $P = 0,15$), con un porcentaje promedio de mortalidad de 28,7%, y por tanto se consideró que la evaluación de los productos sobre *Neoseiulus californicus* puede hacerse con cualquiera de estos métodos de aspersión (aspersión directa o superficie tratada), tomando un tiempo de 3 a 5 min entre la aplicación del producto y la liberación del enemigo natural y viceversa. Sin embargo, este resultado podría variar si existiera un mayor tiempo de diferencia entre la aplicación del producto y la liberación del depredador, tal y como lo reporta Blair (1964), por lo que se podría decir que en esta parte del trabajo se consideró únicamente el efecto físico-mecánico del método de aspersión, al realizarlo únicamente con agua y coadyuvante. Este ensayo permite conocer qué tanto del efecto de un plaguicida (que se quiera evaluar más adelante con el bioensayo estandarizado) podría provenir del método de aspersión y no del modo-mecanismo de acción plaguicida, ya que lo que se busca con la estandarización del bioensayo es que, al hacer la aplicación de plaguicidas (en el siguiente ensayo), se determine su compatibilidad “real” con el ácaro depredador.

En un estudio realizado por Ruiz y de Moraes (2008), se evaluó la toxicidad residual de diferentes productos aplicados en pomáceas, empleando un esquema similar de exposición del depredador al de “superficie tratada” utilizado en el presente trabajo, en donde al evaluar la mortalidad de adultos de *N. californicus* a 1, 3, 6 y 10 d después de la aspersión, se registró una disminución en el porcentaje de mortalidad de este depredador a un mayor tiempo de diferencia entre la liberación del depredador y el momento de aspersión de los productos evaluados, mientras que en el testigo (agua) el porcentaje de mortalidad estuvo entre 0 y 3,3% en los diferentes tiempos de evaluación considerados, después de la aspersión del producto. Este tipo de resultados podría establecer diferencias en la utilización de uno u otro método, aunque las metodologías de aspersión se definan de forma diferente en los estudios. Un ejemplo de esto es el trabajo de Ramírez (2003), donde el método de “aspersión directa” es equivalente a “por contacto”, y

“superficie tratada” es equivalente a “por ingestión”. Sin embargo, al igual que en el presente trabajo, en el estudio de Ramírez (2003) no se encontraron diferencias entre los dos métodos de aspersión cuando la aplicación se realizó únicamente con agua (testigo) empleando el método por “contacto directo” sobre *Phytoseiulus persimilis*, razón por la cual en este trabajo no se evaluó este método con *Amblyseius* sp.

Las diferencias encontradas por Ruiz y De Moraes (2008) y Ramírez (2003) entre los métodos de aspersión evaluados en condiciones controladas para los tratamientos con agroquímicos podrían ampliarse con otros estudios, especialmente en condiciones semi-controladas, razón por la cual se hizo el siguiente ensayo presentado en este artículo.

Además, en estudios posteriores podría considerarse la evaluación de los efectos subletales asociados con fecundidad y sobrevivencia del depredador en la(s) siguiente(s) generación(es) a diferentes tiempos de exposición al agroquímico o diferentes tiempos de evaluación del depredador después de la aspersión en condiciones semicontroladas, similarmente a como se encuentra en el trabajo de Duso *et al.* (2008), realizado con *Phytoseiulus persimilis*, en condiciones controladas.

Por otra parte, la composición poblacional de los tratamientos mostró un efecto significativo ($P \leq 0,05$) sobre la mortalidad del depredador, donde la ausencia de la presa generó una mortalidad cercana al 47%, mientras que en el tratamiento con presencia de la presa la mortalidad registrada estuvo entre el 8 y el 18%, en donde se estima que los últimos valores corresponden a la mortalidad natural del depredador ($F = 14,62$; $P = 0,00506$).

Determinación de la compatibilidad de algunos productos comerciales con adultos de *N. californicus*

Considerando el resultado obtenido en el ensayo anterior asperjando únicamente agua y coadyuvante, y la diferencia encontrada en Ramírez (2003) y Ruiz y De Moraes (2008), en la compatibilidad de los agroquímicos evaluados en condiciones controladas empleando uno o los dos métodos de aspersión, se decidió adelantar este ensayo para probar los dos métodos de aspersión con diferentes plaguicidas e igualmente incluir el tratamiento de aspersión con agua (testigo) para confirmar que el efecto del método de aspersión no cambia entre los diferentes productos, en condiciones semicontroladas.

De lo anterior, se encontró que no hay diferencias significativas entre los métodos de aspersión, independientemente

TABLA 3. Porcentaje de mortalidad promedio de adultos de *N. californicus* según el método de aspersión con cada uno de los productos evaluados, independientemente de la composición poblacional.

Ingrediente activo del producto evaluado	Dosis	Mortalidad promedio \pm ES		P>F
		Aspersión directa	Superficie tratada	
Metomil	0,5 g L ⁻¹	50,90 \pm 12,40	54,50 \pm 12,53	0,793574
Bifenazate	0,3 g L ⁻¹	16,67 \pm 13,61	33,33 \pm 8,61	0,140658
Procloraz	0,6 mL L ⁻¹	16,67 \pm 11,38	27,78 \pm 10,24	0,190240
Bupirimato	1,0 g L ⁻¹	29,17 \pm 10,54	25,00 \pm 8,54	0,970370
Agua (testigo)		10,80 \pm 6,39	16,90 \pm 7,54	

del producto que se evalúe y de la composición poblacional (Tab. 3).

El anterior resultado no concuerda con lo encontrado por Ramírez (2003) para los diferentes plaguicidas evaluados en su estudio, para quien el nivel de mortalidad ocasionado al depredador *Phytoseiulus persimilis*, por los agroquímicos, varió entre los métodos de aspersión según el tipo de plaguicida, es decir, no hubo diferencia en la mortalidad si se trataba de fungicidas o coadyuvantes (coincidiendo con el resultado de este ensayo), mientras que con insecticidas y acaricidas, en algunos casos la mortalidad siempre fue baja (0-35%) como en el caso de Spinosad, *Beauveria bassiana*, Carbofuran, Bifenazate.

Para otros plaguicidas, la mortalidad pasó de ser media-alta (36-70%) al ser evaluados con el método por “contacto”, a ser mortalidad baja al ser evaluados con el método por “ingestión”. Se considera que esta diferencia presentada respecto a lo encontrado en este trabajo se debe a su realización en condiciones semicontroladas, donde la “aspersión directa” del agroquímico no fue tan drástica como la empleada por Ramírez (2003) en su estudio en condiciones controladas. Esto favoreció la no diferencia encontrada entre los métodos de aspersión, al igual que menores porcentajes de mortalidad por aspersión directa que por superficie tratada para la mayoría de productos evaluados (Tab. 3).

Por otra parte, en el trabajo realizado por Ruiz y De Moraes (2008) se encontró que con el método de aspersión “superficie tratada” en condiciones controladas, en la mayoría de los productos (exceptuando el azinphos-methyl a 100 g L⁻¹) se registró un porcentaje de mortalidad del depredador mayor a 50% 24 h después de la aspersión, mientras que en el presente estudio, al adelantar la evaluación en condiciones semicontroladas, el porcentaje de mortalidad del depredador estuvo entre 30 y 55% (para el caso de los insecticidas y acaricidas) y de 20 y 29% para los fungicidas (Tab. 2).

Lo anterior podría deberse a las diferencias microambientales presentes en la evaluación en condiciones semicontroladas más cercanas a la situación en campo, donde la presa tiene opciones para escapar del producto y el depredador tiene la posibilidad de encontrar alimento con menor cantidad de plaguicida en su superficie o tejidos internos, incrementando así su probabilidad de sobrevivir.

Cabe señalar también que al comparar el efecto de los productos evaluados sobre el porcentaje de mortalidad del depredador según su composición poblacional, se encontró que la ausencia de la presa resulta nociva para la sobrevivencia del depredador, independientemente del producto aplicado; incluso en ausencia de la presa puede resultar tan perjudicial aplicar agua (testigo), como aplicar productos considerados según Blair (1964) como tóxicos para el depredador como metomil (0,5 g L⁻¹) (Tab. 4). Este resultado, refleja la consecuencia económica que puede tener liberar un gran número de depredadores sin tener en cuenta la población de la presa o de aplicar en campo productos muy eficaces sobre la presa cuando el depredador está presente (Forero *et al.* 2008).

Al estimar el grado de compatibilidad de los productos con el depredador en los tratamientos con presencia de la presa, se halló que tanto en el testigo (aplicación con agua + coadyuvante) como en los productos evaluados se generan valores muy cercanos de mortalidad para el depredador (promedio \pm ES: 13,8 \pm 4,51%) (Tab. 4), independientemente del producto evaluado y del método de aspersión empleado, por lo que se decidió considerar un rango entre un 0 y un 20% como mortalidad natural del depredador, y se interpretó por consiguiente que no hubo mortalidad por efecto del agua + coadyuvante en el testigo. Según el anterior criterio, se aplicó la fórmula de Henderson y Tilton para corregir el porcentaje de mortalidad encontrado, en donde, para el testigo, al encontrarse un porcentaje de mortalidad de 0 a un 20%, este se asumió como mortalidad natural y se interpretó por consiguiente que no hubo mortalidad

TABLA 4. Porcentaje de mortalidad de adultos de *N. californicus* según la composición poblacional de los tratamientos evaluados, independientemente del método de aspersión utilizado.

Ingrediente activo del producto evaluado	Dosis	Mortalidad promedio \pm ES		P>F
		<i>N. californicus</i> + <i>T. urticae</i>	<i>N. californicus</i>	
Metomil	0,5 g L ⁻¹	54,50 \pm 5,25	86,40 \pm 4,55	0,006999
Bifenazate	0,3 g L ⁻¹	20,83 \pm 7,55	66,67 \pm 16,71	0,001671
Bupirimato	1,0 g L ⁻¹	18,75 \pm 6,68	65,50 \pm 0	0,021000
Procloraz	0,6 mL L ⁻¹	12,50 \pm 6,10	66,67 \pm 0	0,024540
Agua (testigo)		13,82 \pm 4,51	45,45 \pm 5,25	

por efecto del agua + coadyuvante en el testigo. Con este dato se realizó la ecuación (1) de Henderson y Tilton para estimar la compatibilidad de los productos:

$$\% \text{ Mortalidad} = (1 - (Td * Ca) / (Ta * Cd)) * 100 \quad (1)$$

en donde Td es el número de individuos vivos en el tratamiento, después de haber estado en contacto con hoja tratada; Ta, número de individuos vivos en tratamiento antes de haber estado en contacto con hoja tratada; Cd, número de individuos vivos en testigo después de haber estado en contacto con hoja tratada (agua + coadyuvante), y Ca, número de individuos vivos en testigo antes de haber estado en contacto con hoja tratada (agua + coadyuvante).

Como resultado, en cuanto al grado de compatibilidad de los productos con el depredador en los tratamientos con presa, se encontró que el metomil (0,5 g L⁻¹) es nocivo para *N. californicus* (mortalidad promedio \pm SE: 54 \pm 5,3%) (Tab. 4) -corroborando lo establecido por Ramírez (2003), quien reporta una mortalidad del depredador entre el 55 y el 100%- y que este producto genera una reducción en el potencial controlador del mismo superior al 75% en condiciones diferentes. Por tanto, el metomil (0,5 g L⁻¹) no debe usarse junto con *Neoseiulus californicus* en programas de manejo integrado de plagas, debido a que su uso con el control biológico haría difícil el establecimiento del enemigo natural.

El bifenazate (0,3 g L⁻¹), al igual que los fungicidas procloraz (0,6 mL L⁻¹) y bupirimato (1,0 g L⁻¹) son compatibles con este enemigo natural, pues provocaron mortalidades entre el 8 y el 25% aproximadamente, valores cercanos a los presentados en el testigo cuando la presa está presente (Tab. 4). Este último resultado concuerda con lo mencionado por Ramírez (2003) en su trabajo, en donde se establece que los fungicidas son al parecer menos nocivos para el depredador que los insecticidas y algunos acaricidas (Ruiz y De Moraes, 2008). Por otro lado, en cuanto al acaricida bifeazante, Alzoubi y Çobanoğlu (2007) corroboran que este producto

es moderadamente perjudicial para *N. californicus*, y que por tanto puede usarse en conjunto para el control de *T. urticae*. Los resultados anteriores permiten recomendar el uso de estos productos junto con la liberación de *N. californicus* para controlar *T. urticae* en un programa de manejo integrado de plagas.

Por último, se confirma que la ausencia de presa provoca una drástica disminución en la población del depredador disponible para ejercer control, lo que también dificulta su establecimiento en el cultivo y no permite un control correspondiente con lo esperado.

Para futuras investigaciones se sugiere la evaluación de estadios del depredador diferentes al de adulto, así como la evaluación de los efectos subletales sobre los sobrevivientes luego de la implementación de la metodología.

Finalmente, para la aplicación de productos de síntesis química sobre adultos de *N. californicus*, y con el fin de determinar su grado de compatibilidad, se propone el siguiente protocolo:

- Estimar la densidad de infestación con hembras de *T. urticae* de 0 a 6 d después de emergidas por planta de rosa según área foliar a partir de cinco plantas escogidas al azar.
- Retirar las hembras de *T. urticae* 3 d después de la infestación.
- Monitorear a los 10, 12 y 14 d después de infestación, para hacer seguimiento a la población de huevos dejada por las hembras. En cada uno, se hace un registro destructivo de tres plantas infestadas escogidas al azar contando únicamente inmaduros móviles y huevos de *T. urticae*.
- Aspersión y liberación del depredador, si la población de inmaduros móviles en promedio encontrada en las plantas monitoreadas alcanza un 60% o más de la población total considerada, y si este porcentaje

permite la evaluación de mínimo tres depredadores según proporción 20:1 (presa:depredador).

- Registrar la mortalidad de *N. californicus* 3 d después de aspersión y liberación.
- Si la mortalidad promedio del depredador en el testigo para los productos evaluados estuvo entre un 0-20%, este valor se asume como mortalidad natural, y se implementa la fórmula de Henderson y Tilton para estimar la compatibilidad de los productos con el depredador.
- Si la mortalidad del depredador en el testigo supera el 20% en el promedio de los productos evaluados, y si se encuentran porcentajes de mortalidad negativos, se sugiere repetir el ensayo.
- A menor mortalidad provocada por el producto evaluado al depredador, más compatible es con éste.

Agradecimientos

A la Universidad Militar Nueva Granada por el apoyo logístico y financiero del proyecto registrado con el código CIAS-2003-007, y a la empresa C.I. Americaflor Ltda. por el apoyo financiero, la asesoría y orientación durante el desarrollo del mismo.

Literatura citada

- Acheampong, S. y J. Stark. 2004. Can reduced rates of pymetrozine and natural enemies control the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae), on broccoli? *Int. J. Pest Manage.* 50(4), 275-279.
- Alzoubi, S. y S. Çobanoğlu. 2007. Effects of sublethal dose of different pesticides on the two-spotted spider mite "*Tetranychus urticae* Koch" and its predatory mites under greenhouse conditions. *World J. Agric. Sci.* 3(6), 764-770.
- Argüelles, A., N. Plazas, L. Táutiva, F. Cantor, A. Bustos y D. Rodríguez. 2007. Evaluación de un método a campo abierto para la producción de *Tetranychus urticae* - Koch (Acari: Tetranychidae) como suministro de presas para *Phytoseiulus persimilis* - Athias. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* 2(1), 117-122.
- Blair R., B. 1964. The toxicity of some pesticide residues to adult *Amblyseius hibisci*, with a compilation of the effects of pesticides upon phytoseiid mites. *J. Econ. Entomol.* 57(4), 559-563.
- Duso, C., V. Malagnini, A. Pozzebon, F. Buzzetti y P. Tirello. 2008. A method to assess the effects of pesticides on the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) in the laboratory. *Biocontrol Sci. Technol.* 18(10), 1027-1040.
- Forero, G., M. Rodríguez, F. Cantor, D. Rodríguez y J.R. Cure. 2008. Criterios para el manejo de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) con el ácaro depredador *Amblyseius (Neoseiulus)* sp. (Acari: Phytoseiidae) en cultivos de rosas. *Agron. Colomb.* 26(1), 78-86.

- Hardman, J.M., J.M. Franklin, D.L. Moreau y N.J. Bostanian. 2003. An index for selective toxicity of miticides to phytophagous mites and their predators based on orchard trials. *Pest Manage. Sci.* 59(12), 1321-1332.
- Hincapié, C., G. López y R. Torres. 2008. Comparación y caracterización de extractos de bulbos de ajo (*Allium sativum* L.) y su efecto en la mortalidad y repelencia de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Chilean J. Agric. Res.* 68(4), 317-327.
- Hoyt, S.C. 1969. Integrated chemical control of insects and biological control of mites on apple in Washington. *J. Econ. Entomol.* 62(1), 74-86.
- McGowan, C.L. 2006. Spotlight on South America: see how Colombia and Ecuador work to grow their share of the floral market. En: *Superflora Retailing Magazine*, http://www.pdf.org/DOCUMENTS/NewsStories/060927_Super_Floral_Retailing_Magazine_Spotlight_South_America_Asocolflores.pdf; consulta: junio de 2010.
- Montoya, A., H. Rodríguez, I. Miranda y M. Ramos. 2008. Evaluación de la reproducción masiva de *Amblyseius largoensis* (Muma) en casas de malla. *Rev. Protección Veg.* 23(3), 168-175.
- Opit, G.P., J. Perret, K. Holt, J.R. Nechols, D.C. Margolies y K.A. Williams. 2009. Comparing chemical and biological control strategies for twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae) in commercial greenhouse production of bedding plants. *J. Econ. Entomol.* 102(1), 336-346.
- Overmeer, W.P.J. 1985. Toxicological methods. pp. 183-189. En: Helle W. y M.W. Sabelis (eds.). *Spider mites. Their biology, natural enemies and control.* World crop pests. Vol. 1B. Natural enemies of the Tetranychidae. Editorial Elsevier, Amsterdam.
- Páramo, G., M. Sánchez y D. Corredor. 1986. Tabla de vida y parámetros poblacionales fundamentales de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) en *Rosa* sp. en condiciones de laboratorio. *Agron. Colomb.* 3(1-2), 83-95.
- Ramírez G., A. 2003. Estudio de la compatibilidad de agentes de control biológico de tres plagas de rosa. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Riquelme V., M.B., E.N. Botto y C. Lafalce. 2006. Evaluación de algunos insecticidas para el control de la "polilla del tomate", *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) y su efecto residual sobre el parasitoide *Trichogrammatoidea bactrae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 65(3-4), 57-65.
- Ruiz, M. y G. de Moraes. 2008. Mortalidade do ácaro predador *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) em testes de toxicidade residual de inseticidas e acaricidas usuais em pomáceas. *Rev. Bras. Frutic.* 30(4), 919-924.
- Sabelis, M.W. y M. Dicke. 1985. Long-range dispersal and searching behaviour. pp. 141-160. En: Helle, W. y M.W. Sabelis (eds.). *Spider mites. Their biology, natural enemies and control.* World Crop Pests. Vol. 1B. Natural enemies of the Tetranychidae. Editorial Elsevier, Amsterdam.
- Spollen, K.M. y M.B. Isman. 1996. Acute and sublethal effects of a neem insecticide on the commercial biological control agents *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) and *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). *J. Econ. Entomol.* 89(6), 1379-1386.