

TOXICIDAD DE *SCHINUS MOLLE* L. (ANACARDIACEAE) A CUATRO CONTROLADORES BIOLÓGICOS DE PLAGAS AGRÍCOLAS EN EL PERÚ

José IANNAcone^{1,2}, Lorena ALVARIÑO²

¹Laboratorio de Invertebrados - Museo de Historia Natural. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma. Av. Benavides 5440, Lima 33, PERÚ.

²Laboratorio de Ecofisiología Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal, Av. Río de Chepén, s/n. Urb. Villa Hermosa, El Agustino, Lima, PERÚ.

Iannacone, J. & L. Alvariño. 2010. Toxicidad de *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) a cuatro controladores biológicos de plagas agrícolas en el Perú. *Acta Zool. Mex. (n. s.)*, 26(3): 603-615.

RESUMEN. *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) “molle” es una planta de importancia etnobotánica originaria de la zona altoandina y usada artesanalmente como agente insecticida para el control de plagas agrícolas en el Perú. Se evaluó el efecto ecotoxicológico de extractos acuosos de molle sobre cuatro organismos no blanco: *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae) en huevos y larvas de primer estadio, *Chrysoperla asoralis* (Bank) (Neuroptera: Chrysopidae) en huevos y larvas de primer estadio, *Telenomus remus* Nixon (Scelionidae: Hymenoptera) en adultos y *Orius insidiosus* Say (Anthocoridae: Hemiptera) en adultos, bajo condiciones de laboratorio. Se emplearon cinco concentraciones acuosas de hojas de *S. molle* (p/v): 1.5%, 2.5%, 5%, 10% y 20%. Los parámetros de toxicidad aguda empleados fueron la concentración letal (CL₅₀) y la efectiva media (CE₅₀). Se encontró la siguiente secuencia en orden decreciente de toxicidad en términos de CE₅₀/CL₅₀: mortalidad larvaria de *C. cincta* (CL₅₀ a 48 h = 3.7 %) > no eclosión de huevos de *C. cincta* (CE₅₀ = 5.1%) > adultos de *O. insidiosus* (CL₅₀ a 48 h = 14.2%) > mortalidad larvaria de *C. asoralis* (CL₅₀ a 48 h = 32.2 %) > no eclosión de huevos de *C. asoralis* (CE₅₀ = 34.3%) > adultos de *T. remus* (CL₅₀ a 48 h = 40.9%). Se analiza la posibilidad de riesgo ecológico del empleo de este insecticida botánico en el agroecosistema peruano. Se incluye una lista de todas las especies eucariotas donde se ha evaluado la toxicidad y repelencia del molle.

Palabras clave: *Ceraeochrysa*, *Chrysoperla*, insecticida botánico, *Orius*, *Schinus*, *Telenomus*.

Iannacone, J. & L. Alvariño. 2010. Toxicity of *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) on four biological control agents of agriculture pest in Peru. *Acta Zool. Mex. (n. s.)*, 26(3): 603-615.

ABSTRACT. *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) “pepper tree” is an ethnobotanical important plant belonging to Andean zone and is used as a botanical insecticidal agent for agricultural pest control. The ecotoxicological effects of aqueous extracts of the pepper tree on the following four non-target organisms were evaluated: *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae) eggs and first-instar larvae, *Chrysoperla asoralis* (Bank) (Neuroptera: Chrysopidae) eggs and first-instar larvae, *Telenomus remus* Nixon (Scelionidae: Hymenoptera) adults, and *Orius insidiosus* Say (Anthocoridae: Hemiptera) adults. Five concentrations with increasing amounts of an aqueous extract from *S. molle*

Recibido: 26/01/2010; aceptado: 22/06/2010.

leaves (w/v) were employed: 1.5%, 2.5%, 5%, 10% and 20%. The parameters of acute toxicity employed were the lethal concentration (LC₅₀) and the effective concentration (EC₅₀). The following sequence in decreasing order of ecotoxicity in terms of EC₅₀/LC₅₀ were found: *C. cincta* larval mortality (LC₅₀ at 48 h = 3.7 %) > not hatched *C. cincta* eggs (EC₅₀ = 5.1%) > *O. insidiosus* adults (LC₅₀ at 48 h = 14.2%) > *C. asoralis* larval mortality (LC₅₀ at 48 h = 32.2 %) > not hatched *C. asoralis* eggs (EC₅₀ = 34.3%) > *T. remus* adults (LC₅₀ a 48 h = 40.9%). Potential ecological risks of employing this botanical insecticide in Peruvian agroecosystems are discussed. A list of all eukaryotic species with toxicity and repellence of the pepper tree evaluated is included.

Key words: *Ceraeochrysa*, *Chrysoperla*, *Orius*, *Schinus*, *Telenomus*.

INTRODUCCIÓN

Schinus molle L. (Anacardiaceae) “molle” o “árbol del Perú” es una planta con propiedades aromatizantes, se utiliza como chicle, colorante, combustible, comestible, condimento, cosmético, cortante, forrajero, melífera, medicinal e insecticida. *S. molle* mejora la fertilidad y erosión del suelo, es barrera contra vientos, ornamental y actúa como sombra y refugio para la vida silvestre (Conabio, 2009). Esta planta de importancia etnobotánica es originaria de la zona altoandina en Sudamérica y en el Perú, es usada artesanalmente como agente insecticida para el control de plagas agrícolas. Es importante determinar el nivel de riesgo ambiental de los insecticidas como el molle sobre los controladores biológicos usando bioensayos ecotoxicológicos (Wu *et al.* 2004a, b). Con este objetivo en mira fueron seleccionadas cuatro especies de controladores biológicos para realizar ensayos toxicológicos:

1) *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae), un depredador importante de diferentes plagas económicas en algodón, en invernadero y en plantas ornamentales. Se ha evaluado la toxicidad de varios plaguicidas sobre esta chinche benéfica (Ludwig & Oetting 2001; Carvalho *et al.* 2002; Stuedebaker & Kring 2003).

2) *Telenomus remus* Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae) es un parasitoide de huevos de lepidópteros plaga de Asia y de las Américas. Su alta tasa reproductiva, y su fácil y económico cultivo masivo hace de esta microavispa un buen agente para el control biológico de lepidópteros plaga, particularmente del género *Spodoptera* (Noctuidae) aunque puede atacar hasta 30 especies plagas diferentes (Morales *et al.* 2000, 2001; Gazit *et al.* 2002; Murthy *et al.* 2004; Bueno *et al.* 2008). Por lo que de este parasitoide se conoce bien su biología, ecología y su uso en el manejo de plagas (Cave 2000); así como el efecto de insecticidas sintéticos en la actividad de esta microavispa (Waddill 1978).

3) *Ceraeochrysa cincta* Schneider, 1851 (Neuroptera: Chrysopidae) es una especie ampliamente distribuida desde Florida, Estados Unidos de América (EUA), hasta Argentina, incluyendo las Islas Galápagos en América del Sur (Tauber & De León 2001; Ramírez *et al.* 2007). Se encuentra asociada a diversos artrópodos plaga en diferentes sistemas agrícolas, con gran potencial para la cría masiva y utilización

en programas de control biológico (Nuñez 1988; López-Arroyo *et al.* 1999a, b; Tauber & De León 2001). Se le ha evaluado depredando ácaros, *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Homoptera: Aleyrodidae), cóccidos y pulgones, entre otros artrópodos plaga (Ramírez *et al.* 2007); así como su historia de vida, nutrición y su sensibilidad a entomopatógenos (López-Arroyo *et al.* 1999b; Cardoso *et al.* 2004; Bortoli *et al.* 2005).

4) *Chrysoperla asoralis* (Banks, 1915) (Neuroptera: Chrysopidae) es una especie depredadora perteneciente de la región Neotropical y es de importancia en el cultivo de espárrago (González & Reguillón 2002). En Perú, Colombia, Norteamérica, Europa y México ha sido utilizada con mucho éxito para el control de plagas en hortalizas y frutales tanto en campo abierto como en invernadero. Las condiciones climáticas del Perú, especialmente la costa (donde hay ausencia de lluvias y temperaturas favorables para las crisopas durante todo el año), hacen que este depredador tenga especial éxito.

Por otro lado, se han desarrollado diferentes protocolos de bioensayos para determinar el efecto de plaguicidas sobre la fauna benéfica (Calow 1993; Iannacone *et al.* 2000; Iannacone & Alvarino 2005). El parámetro de toxicidad aguda más comúnmente empleado es la concentración letal media (CL₅₀) (en mg o µg L⁻¹) o la dosis letal media (DL₅₀) (mg o µg kg⁻¹) (Throne *et al.* 1995). Los ensayos tendientes a evaluar la toxicidad crónica son también ampliamente utilizados (Calow 1993). De esta forma, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto ecotoxicológico de extractos acuosos de molle sobre cuatro organismos no blanco: *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae) en huevos y larvas de primer estadio, *Chrysoperla asoralis* (Bank) (Neuroptera: Chrysopidae) en huevos y larvas de primer estadio, *Telenomus remus* Nixon (Scelionidae: Hymenoptera) en adultos y *Orius insidiosus* Say (Anthocoridae: Hemiptera) en adultos, bajo condiciones de laboratorio y a partir de estos resultados evaluar el riesgo ambiental de este insecticida artesanal en el ambiente terrestre.

MATERIALES Y METODOS

Diseño experimental. Las pruebas de toxicidad aguda para *O. insidiosus*, *T. remus*, *C. cincta* y *C. asoralis*, usadas para *S. molle* incluyeron cinco concentraciones más el control: 1.5%, 2.5%, 5%, 10% y 20%, cada una con cuatro repeticiones, en un diseño en bloque completamente aleatorio (DBCA). *C. cincta* y *C. asoralis* tuvieron también pruebas con la eclosión de los huevos, a las mismas concentraciones que las pruebas agudas. Los criterios de selección de las concentraciones empleadas fueron de acuerdo a Iannacone *et al.* (2008).

Material biológico. *Schinus molle*. La especie fue seleccionada debido a sus antecedentes para controlar plagas (Chirino *et al.* 2001; Pérez-Pacheco *et al.* 2004).

Las hojas de molle se emplearon para la preparación de los extractos acuosos crudos. Los especímenes botánicos se obtuvieron de jardines adyacentes a la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Ricardo Palma (URP), en octubre de 2007. La recolección del material vegetal se realizó en la etapa de floración. Las hojas fueron secadas en estufa a 40 °C durante 48 h, hasta obtener un peso seco constante, posteriormente fueron trituradas en un mortero. Se prepararon extractos acuosos crudos al 20%, en una proporción de 20 g por 100 mL de agua destilada, se mantuvieron en maceración constante por 48 h para la extracción de los compuestos hidrosolubles. Posteriormente se filtraron a través de un papel filtro (Whatman® N°1). Finalmente se prepararon las concentraciones al 1.5%, 2.5%, 5%, 10% y 20% más el control (Iannacone & Lamas 2003a).

Orius insidiosus y *Telenomus remus*: la chinche pirata *O. insidiosus*, y *T. remus* fueron obtenidos de colonias mantenidas por el Programa Nacional de Control Biológico-Servicio Nacional de Sanidad Agraria (PNCB-SENASA), Lima, Perú. *O. insidiosus* fue criada en el laboratorio en esquejes de camote con huevos de *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1819). *T. remus* fue mantenida en el laboratorio sobre larvas de *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782). Las condiciones de temperatura para las crías de ambas especies fueron de 22 ± 3 °C, humedad relativa de $80 \pm 10\%$ y a 12 h de fotoperíodo (Cano 2001). Los ensayos de contacto residual se llevaron a cabo para los adultos de *O. insidiosus* y *T. remus*, y se desarrollaron de la manera siguiente: los envases de plástico de 8 mL fueron cubiertos con una tapa de algodón, con una pipeta automática (Thermo Electrón Labsystems®, Finlandia) se les agregó 500 µL de cada una de las concentraciones acuosas, y se esparcieron homogéneamente con un hisopo sobre la superficie interna. Posteriormente se permitió el secado de los viales a temperatura ambiente durante 2 h o alternativamente a una temperatura de 35 °C en una estufa durante 1 h, con sus respectivos tapones o torundas de algodón. Los experimentos se realizaron con cohortes de adultos con menos de 24 h de emergidos y no alimentados antes del bioensayo. Se emplearon individuos macho y hembra al azar, tomados de los frascos de emergencia de adultos de *O. insidiosus* y *T. remus*. Para cada una de las pruebas se utilizaron 240 individuos, con 40 organismos por cada una de las seis concentraciones y 10 por repetición. Se consideraron muertos los organismos que se encontraban con las patas dirigidas hacia arriba. El tratamiento control consistió en agua destilada. Se usaron cuatro repeticiones por tratamiento. Posteriormente, se condujeron ensayos de toxicidad aguda estáticos y de residuos en condiciones de oscuridad. Los envases se mantuvieron en condiciones de cría y oscuridad y se observó la mortalidad acumulada a diferentes h de exposición, hasta 48 h. Las lecturas se continuaron siempre y cuando la mortalidad en el control no fuera mayor al 10 % y éstas se corrigieron con la fórmula de Abbott (Abbott 1925). Este bioensayo siguió lo señalado por Iannacone *et al.* (2008).

Ceraeochrysa cincta y *Chrysoperla asoralis*: Las condiciones de cría para los crisópidos para la obtención de huevos y larvas fueron de acuerdo a lo descrito por Iannacone & Lamas (2002). Para los bioensayos, se emplearon huevos de menos de 48 h y larvas de menos de 24 h. Para el ensayo de eclosión de huevos, éstos fueron incubados individualmente en pequeños envases de plástico de 8 mL de capacidad. Para el ensayo de mortalidad larvaria, éstas fueron criadas individualmente en envases de plástico de 12 mL de capacidad y alimentadas *ad libitum* con huevos de *S. cerealella*, pegados en cartulinas de 5 x 5 mm. Las larvas fueron criadas hasta el primer estadio de desarrollo y se emplearon cohortes de especímenes entre 24 a 48 h de edad. Se escogió este estadio debido a que en bioensayos ecotoxicológicos preliminares se observó que el primer estadio era el más sensible.

Ecotoxicidad por inmersión (ensayo de eclosión de huevos). Los huevos de *C. cincta* y *C. asoralis* se expusieron por inmersión durante 5 s a las diluciones seleccionadas de *S. molle* y en agua destilada (grupo control). Posteriormente los huevos fueron colocados en papel Tissue® por 10 min para absorber los restos de soluciones acuosas y permitir el secado a temperatura ambiente. Se trataron 20 huevos por cada concentración (5 especímenes por cada una de las cuatro repeticiones). Los huevos fueron individualizados en envases de plástico de 8 mL de capacidad. Después de las aplicaciones tópicas, los envases de plástico se mantuvieron en oscuridad bajo condiciones de cría, realizándose las lecturas hasta la eclosión de los huevos (~120 h).

Ecotoxicidad por contacto-residual (ensayo de mortalidad larvaria). Estos ensayos se llevaron a cabo para las larvas de primer estadio de menos de 24 h. El *S. molle* disuelto en agua destilada se aplicó en envases de plástico (500 µL por cada envase de plástico de 12 mL de capacidad). Con la ayuda de un hisopo de base de madera, en cada envase de plástico se esparció homogéneamente en sus paredes y base, los µL determinados de la sustancia química colocada en su interior; posteriormente se permitió el secado de los envases a temperatura ambiente durante 2 h. En el interior de cada uno de los envases secos, se depositó una larva de primer estadio. Se consideró un total de 40 larvas por repetición. Los envases de plástico se mantuvieron en condiciones de cría y oscuridad; se observó la mortalidad acumulada a 24 y 48 h de exposición. Se consideraron muertos los individuos de *C. cincta* y *C. asoralis* que no realizaron ningún movimiento coordinado en observación de 15 s al microscopio estereoscopio a 10 x de aumento, con la ayuda de un alfiler entomológico. Las pruebas de sensibilidad se realizaron bajo condiciones de oscuridad, para evitar el efecto de fotólisis (Cardoso *et al.* 2004).

Análisis estadístico de datos. Se siguió la clasificación de la IOBC/WPRS (Sterk *et al.* 1999) para la catalogación toxicológica del extracto de molle en cada uno de los controladores biológicos con base en las pruebas de laboratorio de toxicidad por contacto. En todos los casos, la eficacia de los tratamientos y las repeticiones se evaluaron a través de un análisis de varianza de dos vías con prueba complementaria de significancia de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los datos fueron previamente normalizados mediante la transformación raíz cuadrada del arcoseno. Las CL_{50} o CE_{50} se calcularon usando el programa computarizado Probit versión 1.5 (Weber 1993). El modelo de regresión fue verificado usando el estadístico X^2 . Se empleó el paquete estadístico SPSS, versión 16 para Windows XP (2001) para el cálculo de los estadísticos descriptivos e inferenciales a un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

Al evaluar el efecto de contacto del extracto acuoso de *S. molle* a las cinco concentraciones entre 1.5 a 20% sobre los adultos de *O. insidiosus* se observó que a 24 h de exposición, la CL_{50} fue 70.6% (Cuadro 1). Mientras que a 48 h de exposición los adultos de *O. insidiosus* presentaron una CL_{50} de 14.2%. En el caso de los adultos del microhimenóptero *T. remus*, el *S. molle* a las concentraciones entre 1.5 a 20% del extracto acuoso la CL_{50} fue 40.9% a 48 h de exposición (Cuadro 1). *S. molle* afectó el porcentaje de mortalidad de *O. insidiosus* y de *T. remus* de 1.5% y 20%, respectivamente.

Cuadro 1. Efecto de *Schinus molle* en términos de porcentaje de extracto acuoso en el porcentaje de mortalidad de adultos de *Orius insidiosus* (Anthocoridae) de 24 a 48 h y de *Telenomus remus* a 48 h.

Tiempo	<i>Orius insidiosus</i>		<i>Telenomus remus</i>
	24 h	48 h	48 h
Concentración (% extracto)			
Control	0a	0a	0a
1.5	0a	17.6b	0a
2.5	10a	23.5b	0a
5	10a	29.4b	6a
10	20ab	41.1c	15ab
20	25b	58.8c	25b
CL_{50} (% extracto)	70.6	14.2	40.9

Porcentajes de mortalidad con letras minúsculas iguales en una misma columna indican que son estadísticamente iguales (Prueba a posteriori de Tukey: $p > 0.05$).

A las 24 h de exposición por contacto, las larvas de primer estadio de *C. cincta* y *C. asoralis* presentaron una CL_{50} de 18.2% y 27.3%, respectivamente (Cuadro 2). A 48 h de exposición *C. asoralis* es 8.7 veces menos sensible al *S. molle* que *C. cincta* en relación a la CL_{50} . El porcentaje de eclosión de huevos de *C. cincta* fue mayor al de *C. asoralis*, en sensibilidad a *S. molle* en los ensayos de inmersión (Cuadro 2).

Se encontró la siguiente secuencia en orden decreciente de ecotoxicidad en términos de CE_{50}/CL_{50} : mortalidad larvaria de *C. cincta* (CL_{50} a 48 h = 3.7 %); no eclosión de huevos de *C. cincta* (CE_{50} = 5.1%); adultos de *O. insidiosus* (CL_{50} a 48 h = 14.2%); mortalidad larvaria de *C. asoralis* (CL_{50} a 48 h = 32.2 %); no eclosión de huevos de *C. asoralis* (CE_{50} = 34.3%); adultos de *T. remus* (CL_{50} a 48 h = 40.9%).

Cuadro 2. Efecto de *Schinus molle* en términos de porcentaje de extracto acuoso en el porcentaje de mortalidad de la larva de primer estadio y de no eclosión de huevos de *Ceraeochrysa cincta* y *Chrysoperla asoralis* (Chrysopidae) a 24 y 48 h de exposición.

Tiempo	<i>Ceraeochrysa cincta</i>			<i>Chrysoperla asoralis</i>		
	24 h	48 h	% de no eclosión	24 h	48 h	% de no eclosión
Concentración (% extracto)						
Control	0a	0a	0a	0a	0a	0a
1.5	0a	25b	22.4b	0a	6.4a	16.4ab
2.5	15a	45c	50.1c	0a	0a	27.6b
5	20b	50c	55.6c	3.7a	6.8a	22.1b
10	32.5bc	75d	61.2c	19.7b	20.1b	27.6b
20	55c	90e	61.2c	35.8c	33.4b	49.8c
$CL(E)_{50}$ (% extracto)	18.2	3.7	5.1	27.3	32.2	34.3

Letras minúsculas iguales en una misma columna indican que los porcentajes de mortalidad son estadísticamente iguales (p 0.05)

DISCUSIÓN

Las hojas de *S. molle* contiene taninos, alcaloides, flavonoides, saponinas esferoidales, esteroides, terpenos, gomas, resinas y aceites esenciales, éstos últimos incluyen 20 o más compuestos diferentes (Wimalaratne *et al.* 1996). Los aceites esenciales se presentan en un 2% en las hojas del *S. molle* y contienen terpenoides, siendo el cis-menth-2-en-1-ol y el trans-piperitol los que han sido involucrados en la actividad insecticida en *Musca domestica* L. Por otro lado, Ruffinengo *et al.* (2005) han encontrado que el canfene, mircene, beta-felandrene y alfa-felandrene son los principales compuestos de los aceites esenciales de las hojas de *S. molle* relacionados

con la actividad de repelencia e insecticida en *Varroa destructor* Anderson & Trueman, 2000 (Mesostigmata: Varroidae) y *Apis mellifera* L. Algunos de estos compuestos pudieran estar presentes en el extracto acuoso que ha sido evaluado en el presente estudio.

El Cuadro 3 muestra los 27 organismos biológicos eucariontes en los que se han realizado bioensayos para detectar toxicidad y repelencia de *S. molle*. De los organismos encontrados en la literatura disponible, 25 fueron insectos (92.5%), uno fue ácaro (3.7%), y uno fue crustáceo (3.7%). Once fueron plagas agrícolas (40.8%), nueve organismos benéficos (33.3%) y siete de importancia en Salud Pública (25.9%). La actividad antifúngica de *S. molle* ha sido también evaluada en 20 especies diferentes de hongos (Dikshit *et al.* 1986; Hernández-Albiter *et al.* 2007).

Al extraer distintos metabolitos, los extractos botánicos obtenidos con disolventes acuosos u orgánicos, pueden ocasionar mortalidades variables sobre los insectos evaluados. En el presente estudio sólo se ha ensayado el extracto crudo acuoso de *S. molle*, que estaría incluyendo una mezcla de sustancias activas de las hojas del molle las cuales pueden actuar sinérgica y antagónicamente.

Extractos acuosos al 10% de molle no causaron efectos significativos en la mortalidad larvaria y de la pupa de *Chrysoperla externa* Hagen (Iannacone & Lamas 2003a). En el presente estudio, en los crisopidos *C. cincta* y *C. asoralis* mostraron una mayor sensibilidad, pues el extracto acuoso al 10% a 48 h de exposición produjeron 75% y 20.1% de mortalidad larvaria, respectivamente. El molle acuoso produjo efectos ovicidas sobre estos dos neuropteros; sin embargo, en *C. externa* no se observaron efectos en la eclosión de los huevos (Iannacone & Lamas 2003a).

En adultos de *Trichogramma pintoi* Voegelé se presentó 28.9% de mortalidad al molle acuoso al 10% (Iannacone & Lamas 2003a). En el presente estudio, *O. insidiosus* al 10% de molle acuoso produjo efectos significativos de 41.1% de mortalidad. En cambio, el adulto de *T. remus* no presentó efectos significativos al molle acuoso al 10%. De igual forma el parasitoide *Copidosoma koehleri* Blanchard no presentó efecto significativo alguno bajo la acción del molle acuoso (Iannacone & Lamas 2003a).

Ruffinengo *et al.* (2005) en un análisis comparativo entre nueve plantas con propiedades acaricidas-insecticidas, ha notado que *S. molle* tiene el mayor índice de selectividad ($IS > 16$) y un menor riesgo de efecto adverso sobre la abeja *A. mellifera*.

La aplicación de estos índices de selectividad (IS) en los binomios: *Phthorimaea operculella* (Zeller)/ *C. externa* ($IS = 8.1$), *P. operculella*/ *T. pintoi* ($IS = 3.16$) y *P. operculella*/ *C. koehleri* ($IS = 1.1$), muestran la ventaja del uso del extracto acuoso de molle al 10%, y su menor efecto en los organismos benéficos, pues en los dos primeros casos dieron valores > 2 (Ruffinengo *et al.* 2005). Sin embargo, estos mismos extractos acuosos al 10% mostraron efectos adversos

Cuadro 3. Efecto de *Schinus molle* en diferentes especies de ácaros, crustáceos e insectos.

Especie	Taxa superior	Parámetro evaluado	Parte de la planta	Formulación	Referencia
<i>Aedes aegypti</i> L.	Diptera	mortalidad larvaria	frutos	extracto acuoso y aceite esencial	Chantraine <i>et al.</i> (1998), Massebo <i>et al.</i> (2009)
<i>Apis mellifera</i> L.	Hymenoptera	mortalidad de adultos	hojas	aceite esencial	Ruffinengo <i>et al.</i> (2005)
<i>Anopheles arabiensis</i> Patton	Diptera	mortalidad larvaria	hojas	aceite esencial	Massebo <i>et al.</i> (2009)
<i>Artemia salina</i> (L.)	Crustácea	mortalidad de inmaduros	hojas	extracto etanólico y clorofórmico	Pimentel <i>et al.</i> (2002)
<i>Blattella germanica</i> (L.)	Dictyoptera	actividad repelente y aplicacioness tópicas en adulto	hojas y frutos	extracto de etanol y eter de petróleo	Guardiola <i>et al.</i> (1990), Sánchez <i>et al.</i> (2006)
<i>Bissolia fusca</i> (Fuller)	Lepidoptera	mortalidad larvaria	hojas y frutos	extracto acuoso	Ferrero <i>et al.</i> (2007)
<i>Ceraeochrysa cincta</i> (Schneider)	Neuroptera	mortalidad larvaria y ovidida	hojas	extracto acuoso	Amlak & Azerefegne (1999)
<i>Copidosoma koehleri</i> Blanchard	Hymenoptera	mortalidad y emergencia de adultos	hojas	extracto acuoso	presente estudio
<i>Culex quinquefasciatus</i> Say	Diptera	mortalidad larvaria	hojas y frutos	extracto acuoso, hexánico y acetónico	Iannacone & Lamas (2003a)
<i>Cydia pomonella</i> L.	Lepidoptera	mortalidad larvaria	frutos	extracto acuoso y acetónico	Pérez-Pacheco <i>et al.</i> (2004)
<i>Chrysoperla asonalis</i> (Bank)	Neuroptera	mortalidad larvaria y ovidida	hojas	extracto acuoso	Chirino <i>et al.</i> (2001)
<i>Chrysoperla externa</i> Hagen	Neuroptera	mortalidad larvaria y ovidida	hojas	extracto acuoso	presente estudio
<i>Drosophila melanogaster</i> Meigen	Diptera	actividad insecticida y repelente	hojas	extracto acuoso, hexánico y acetónico	Iannacone & Lamas (2003a)
<i>Musca domestica</i> L.	Diptera	actividad repelente en adultos	frutos	extracto acuoso	Steinbauer (1995)
<i>Neczara viridula</i> L.	Hemiptera	insecticida fumigante, por contacto y repelente en ninfas	hojas y frutos	aceite esencial	Wimalaratne <i>et al.</i> (1996)
<i>Oritus insidiosus</i> Say	Hemiptera	mortalidad de adultos	hojas	extracto acuoso	Werdin <i>et al.</i> (2008)
<i>Pediculus humanus capitis</i> (De Geer)	Phthiraptera	mortalidad de adultos	hojas	aceite esencial	presente estudio
<i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller)	Lepidoptera	mortalidad larvaria y de adultos, ovidida y pupicida	hojas	extracto acuoso, hexánico y acetónico	Gutiérrez <i>et al.</i> (2009)
<i>Stiphilus oryzae</i> L.	Coleoptera	mortalidad y repelencia en adultos	hojas y frutos	aceite esencial	Iannacone & Lamas (2003b,c)
<i>Stiphilus zeamais</i> Mots.	Coleoptera	mortalidad y emergencia de adultos, pérdida peso del grano	frutos	polvo vegetal	Benzi <i>et al.</i> (2009)
<i>Telenomus remus</i> Nixon	Hymenoptera	mortalidad de adultos	hojas	extracto acuoso	Silva <i>et al.</i> (2005)
<i>Triatoma infestans</i> (Klug)	Hemiptera	actividad repelente e insecticida s en ninfas y huevo	hojas y frutos	extracto acuoso	presente estudio
<i>Tribolium castaneum</i> Herbst	Coleoptera	repelencia y mortalidad de adultos	hojas y frutos	extracto hexánico	Ferrero <i>et al.</i> (2006)
<i>Tribolium confusum</i> Jacquelin du Val	Coleoptera	repelencia y mortalidad de adultos	hojas y frutos	aceites esenciales, extracto etanólico y hexánico	Dal Bello & Padín (2006), Descamps <i>et al.</i> (2008)
<i>Trichogramma pintoi</i> Voegelé	Hymenoptera	actividad insecticida y repelente	hojas	extracto acuoso	Steinbauer (1995)
<i>Varroa destructor</i> Anderson & Trueman	Acarí	Mortalidad y emergencia de adultos	hojas	extracto acuoso, hexánico y acetónico	Iannacone & Lamas (2003a)
<i>Xanthogaleruca luteola</i> Müller	Coleoptera	repelencia y mortalidad de adultos	hojas	aceite esencial	Ruffinengo <i>et al.</i> (2005)
		repelencia y mortalidad de adultos	hojas	extracto acuoso y etanólico	Huerta <i>et al.</i> (2010)

principalmente en *C. cincta* y *O. insidiosus* (Cuadros 1 y 2). Por lo que el uso simultáneo del extracto de molle con estos dos controladores biológicos no sería compatible dentro de un programa integrado de plagas. En todo caso, el empleo de un controlador biológico y de un extracto botánico podría ser alternado en el manejo integrado de plagas. De esta forma se estaría favoreciendo el uso de alternativas agroecológicas sustentables.

Según la clasificación de la IOBC/WPRS (Sterk *et al.* 1999) el extracto acuoso de molle al 20% es inocuo (mortalidad < 50%) para *T. remus* y *C. asoralis*. En cambio, ligeramente nocivo (50 y 79% de mortalidad) para *O. insidiosus*, y nocivo (> 90% de mortalidad) para *C. cincta*.

La mayor sensibilidad larvaria por contacto y el mayor efecto en la eclosión de huevos por inmersión de *C. cincta* por acción del extracto acuoso de *S. molle* en comparación a las otras tres especies de enemigos naturales, y principalmente con *C. asoralis* no puede ser bien explicada con los resultados del presente trabajo. Posiblemente los mecanismos de detoxificación al molle sean ligeramente diferentes en comparación a los otros tres controladores biológicos. Un patrón opuesto ha sido observado para *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861), que resultó ser más tolerante a la azadirachtina y al bifentrina que *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister, 1839) a nivel de huevos, larvas y adultos (Schuster & Stansly 2000).

Finalmente, se recomienda realizar ensayos de campo en cultivos como algodón y espárrago con extractos acuosos de *S. molle* sobre ciertas plagas donde ha observado efectividad, para obtener información de su eficacia insecticida y su empleo en conjunto con controladores biológicos en el manejo integrado de plagas.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S.** 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267.
- Amlak, G. & F. Azerefegne.** 1999. Insecticidal activity of chinaberry, endod and pepper tree against the maize stalk borer (Lepidoptera: Noctuidae) in Southern Ethiopia. *International Journal of Pest Management*, 45: 9-13.
- Benzi, V., Stefanazzi, N. & A.F. Ferrero.** 2009. Biological activity of essential oils from leaves and fruits of pepper tree (*Schinus molle* L.) to control rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 69: 154-159.
- Bortoli, S. A., A.T. De Murata, R.S. Narciso & C.H. De Brito.** 2005. The nutritional aspects of *Ceraeochrysa cincta* Schneider, 1851 (Neuroptera: Chrysopidae) and different preys. *Revista de Agricultura Piracicaba*, 80: 1-11.
- Bueno, R. C. O., T.R. Carneiro, D. Pratisoli, A.F. Bueno & O.A. Fernandes.** 2008. Biology and thermal requirement of *Telenomus remus* reared on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* eggs. *Ciência Rural*, 38: 1-6.
- Calow, P.** 1993. *Handbook of ecotoxicology*. Blackwell Science Ltd. Sheffield, UK. Vol. I., 478 pp.
- Cano, V.E.** 2001. Cría masiva de *Trichogramma pretiosum*, *Sitotroga cerealella* y *Chrysoperla externa*. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 60: 93-96.

- Cardoso, E. R., S. De Freitas, H.T. Nunes & I.G.A. Pessoa.** 2004. Seletividade de fungos entomopatógenicos para larvas de primeiro instar de *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae) utilizando torre de Potter. *Arquivos do Instituto Biológico*, 71: 129-130.
- Carvalho, G.A., F.A. Drummond, J.L.R. Ulhoa & L.C.D. Rocha.** 2002. Effect of insecticides on *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae). *Ciência e agrotecnologia*, Lavras, 26: 52-56.
- Cave, R.D.** 2000. Biology, ecology and use in pest management of *Telenomus remus*. *Biocontrol*, 21: 21-26.
- Chantraine, J.M., D. Laurent, C. Ballivian, G. Saavedra, R.L. Ibañez & A. Vilaseca.** 1998. Insecticidal activity of essential oils on *Aedes aegypti* larvae. *Phytotherapy Research*, 12: 350-354.
- Chirino, M., M. Cariac & A.A. Ferrero.** 2001. Actividad insecticida de extractos crudos de drupas de *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) sobre larvas neonatas de *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 27: 305-314.
- CONABIO** 2009. En www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/3-anaca4m.pdf - leído el 07 de enero del 2009.
- Dal Bello, G. & S. Padín.** 2006. Olfatómetro simple para evaluar la actividad biológica de aleloquímicos vegetales en *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Agrociencia*, 10: 23-26.
- Descamps, L.R., N. Stefanazzi, C. Sánchez-Chopa & A.A. Ferrero.** 2008. Actividad biológica de extractos vegetales de *Schinus molle* var. *areira* (Anacardiaceae) en *Tribolium castaneum* Herbst. (Insecta, Coleoptera, Tenebrionidae), plaga de grano almacenado. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 34: 595-606.
- Dikshit, A., A. A. Naqvi & A. Husain.** 1986. *Schinus molle*: a new source of natural fungitoxicant. *Applied and Environmental Microbiology*, 51: 1085-1088.
- Ferrero, A.A., J.O.W. González & C.C. Sánchez.** 2006. Biological activity of *Schinus molle* on *Triatoma infestans*. *Fitoterapia*, 7: 381-383.
- Ferrero, A.A., C.C. Sánchez, J.O.W. González & R.A. Alzogaray.** 2007. Repellence and toxicity of *Schinus molle* extracts on *Blattella germanica*. *Fitoterapia*, 78: 311-314.
- Gazit, Y., W.J. Lewis & J.H. Tumlinson.** 2002. Arrestment of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) by a kairomone associated with eggs of its host, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Biological Control*, 6: 283-290.
- González, O.E.V. & C. Reguillón.** 2002. A new species of *Chrysoperla* (Neuroptera: Chrysopidae) from Argentina. *Revista de la Sociedad Entomologica Argentina*, 61: 47-50.
- Guardiola, V.G, P. De Miguel & E. Primo.** 1990. Repellent activity against *Blattella germanica* of components of *Schinus molle* L. *Revista de Agroquímicos y Tecnología de Alimentos*, 30: 341-346.
- Gutierrez, M.M., N. Stefanazzi, J.G. Werdin, V. Benzi & A.A. Ferrero.** 2009. Actividad fumigante de aceites esenciales de *Schinus molle* (Anacardiaceae) y *Tagetes terniflora* (Asteraceae) sobre adultos de *Pediculus humanus capitis* (Insecta; Anoplura; Pediculidae). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*, 8: 176-179.
- Hernández-Albíter, R.C., N.L.L. Barrera, B.S. Bautista & L.L. Bravo.** 2007. Antifungal potencial of crude extracts on conidial germination of two isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. And Sacc. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 25: 180-185.
- Huerta, A., I. Chiffelle, K. Puga, F. Azúa & J.E. Araya.** 2010. Toxicity and repellence of aqueous and ethanolic extracts from *Schinus molle* on elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola*. *Crop Protection*, 29: 1118-1123.
- Iannacone, J. & L. Alvaríño.** 2005. Selectividad del insecticida cartap empleando bioensayos con organismos no destinatarios. *Ecología Aplicada*, 4: 91-104.

- Iannacone, J. & G. Lamas.** 2002. Efecto de dos extractos botánicos y de un insecticida convencional sobre el depredador *Chrysoperla externa*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 65: 92-101.
- Iannacone, J. & G. Lamas.** 2003a. Efectos toxicológicos de extractos de molle (*Schinus molle*) y lantana (*Lantana camara*) sobre *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae), *Trichogramma pintoi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Agricultura Técnica (Chile)*, 63: 347-360.
- Iannacone, J. & G. Lamas.** 2003b. Efecto insecticida de cuatro extractos botánicos y del cartap sobre la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), en el Perú. *Entomotropica*, 18: 95-105.
- Iannacone, J. & G. Lamas.** 2003c. Plantas biocidas usadas para el control de la polilla de la papa, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista peruana de Entomología*, 43: 79-87.
- Iannacone, J., L. Alvaríño, C. Caballero & J. Sánchez.** 2000. Cuatro ensayos ecotoxicológicos para evaluar lindano y clorpirifos. *Gayana*, 64: 139-146.
- Iannacone, J., L. Alvaríño, Y. Murrugarra, A. Arrascue, M. Alayo & N. Salazar.** 2008. Selectividad del insecticida metamidofos en ocho organismos terrestres no destinatarios. *Journal of Brazilian Society of Ecotoxicology*, 3: 23-34.
- López-Arroyo J. A., C.A. Tauber & M.J. Tauber.** 1999a. Intermittent oviposition and remating in *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 92: 587-593.
- López-Arroyo J. A., C.A. Tauber & M.J. Tauber.** 1999b. Comparative life histories of the predators *Ceraeochrysa cincta*, *C. cubana*, and *C. smithi* (Neuroptera: Chrysopidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 92: 208-217.
- Ludwig, S. & R. Oetting.** 2001. Effect of spinosad on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthracoridae) when used for *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) control on greenhouse pot chrysanthemums. *Florida Entomologist*, 84: 311-313.
- Massebo, F., M. Tadesse, T. Bekele, M. Balkew & T. Gebre-Michael.** 2009. Evaluation on larvicidal effects of essential oils of some local plants against *Anopheles arabiensis* Patton and *Aedes aegypti* Linnaeus (Diptera, Culicidae) in Ethiopia. *African Journal of Biotechnology*, 8: 4183-4188.
- Morales, J.S., V.J.S. Gallardo, C. Vásquez & Y. Ríos.** 2000. Patrón de emergencia, longevidad, parasitismo y proporción sexual de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) con relación al cogollo del maíz. *Bioagro*, 12: 47-54.
- Morales, J.S., V.J.S. Gallardo, C. Vásquez & Y. Ríos.** 2001. Respuesta funcional de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) a los huevos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Bioagro*, 13: 49-55.
- Murthy, K.S., N.S. Rao, R.J. Rabinfra & S.K. Jalali.** 2004. Age related parasitisation potential of the eggs parasitoid *Telenomus remus* (Scelionidae: Hymenoptera) on certain lepidopterous hosts. *Journal of Entomology Research*, 28: 33-36.
- Núñez, Z.E.** 1988. Ciclo biológico y crianza de *Chrysoperla externa* y *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). *Revista Peruana de Entomología*, 31: 76-82.
- Pérez-Pacheco, R., H.C. Rodríguez, R.J. Lara, B.R. Montes & V.G. Ramírez.** 2004. Toxicidad de aceites, esencias y extractos vegetales en larvas de mosquito *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Acta Zoologica Mexicana (n.s.)*, 20: 141-152.
- Pimentel, M.A.B., M.G. Pizzolatti & I.M.B. Costa.** 2002. An application of the brine shrimp bioassay for general screening for Brazilian Medicinal plants. *Acta Farmacológica Bonaerense*, 21: 175-178.

- Ramírez, D.M., A.I. López, H.A. González & Z.M.H. Badii. 2007. Rasgos biológicos y poblacionales del depredador *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (México) (Neuroptera: Chrysopidae). *Acta Zoologica Mexicana* (n.s.), 23: 79-95.
- Ruffinengo, S., M. Eguaras, I. Floris, C. Faverin, P. Bailac & M. Ponzi. 2005. LD₅₀ and repellent effects of essential oils from Argentinian wild plant species on *Varroa destructor*. *Journal of Economic Entomology*, 98: 651-655.
- Sánchez C. C., R. Alzogaray & A. Ferrero. 2006. Repellency assays with *Schinus molle* var. *areira* (L.)(Anacardiaceae) essential oils against *Blattella germanica* L. (Blattodea: Blattellidae). *BioAssay*, 1(6): 1-3.
- Schuster, D.J. & P.A. Stansly. 2000. Response of two lacewing species to biorational and broad-spectrum insecticide. *Phytoparasitica*, 28: 297-304.
- Silva, G., O. Orrego, R. Hepp & M. Tapia. 2005. Búsqueda de plantas con propiedades inecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* em maíz almacenado. *Pesquisas Agropecuarias Brasileiras*, 40: 11-17.
- Steinbauer, M.J. 1995. The insecticidal and repellent activity of *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) against *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera: Drosophilidae) and *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). *General and applied Entomology*, 26:13-18.
- Sterk, G., S.A. Hassan, M. Baillod, F. Bakker, F. Bigler, S. Blümel, H. Bogenschütz, E. Boller, B. Bromand, J. Brun, J.N.M. Calis, J. Coremans-Pelseneer, C. Duso, A. Garido, A. Grove, U. Heimbach, H. Hokkanen, J. Jacas, L. Lewis, L. Moreth, L. Polgar, L. Rovesti, L. Samsøe-Petersen, B. Sauphanor, L. Schaub, A. Stäubli, J.J. Tuset, M. Vainio, M. Van De Veire, G. Viggiani, E. Viñuela, & H. Vogt. 1999: Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS working group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Biocontrol*, 44: 99-117.
- Studebaker, G.L. & T.J. Kring. 2003. Effects of insecticides on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthoridae), measured by field, greenhouse and Petri dish bioassays. *Florida Entomologist*, 86:178-185.
- Tauber, C.A. & C.A.T. De León. 2001. Systematics of green lacewing (Neuroptera: Chrysopidae): larvae of *Ceraeochrysa* from Mexico. *Annals of the Entomological Society of America*, 94: 197-209.
- Throne, J.E., D.K. Weaver, V. Chew & J.E. Baker. 1995. Probit analysis of correlated data: multiple observations over time at one concentration. *Journal of Economic Entomology*, 88: 1510-1512.
- Waddill, V.H. 1978. Contact toxicity of four synthetic pyrethroids and methomyl to some adult insect parasites. *Florida Entomologist*, 61: 27-30.
- Weber, C. 1993. *Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms*. EPA/600/4-90/027F.
- Werdin, J.O., A.P. Murray & A.A. Ferrero. 2008. Bioactividad de aceites esenciales de *Schinus molle* var. *areira* (Anacardiaceae) en ninfas II de *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 34: 367-376.
- Wimalaratne P. D. C., K.N. Slessor, J.H. Borden, L.J. Chong. & T. Abate. 1996. Isolation and identification of house fly, *Musca domestica* L., repellents from pepper tree, *Schinus molle* L. *Journal of Chemical Ecology*, 22: 49-59.
- Wu, G., S. Jiang & T. Miyata. 2004a. Seasonal changes of metamidophos susceptibility and biochemical properties in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) and its parasitoid *Cotesia plutella* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Economic Entomology*, 97: 1689-1698.
- Wu, G., S. Jiang & T. Miyata. 2004b. Effects of synergists on toxicity of six insecticides in parasitoid *Diaretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Journal of Economic Entomology*, 97: 2057-2066.