

EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL DEL INSECTICIDA CARTAP EN BIOENSAYOS CON TRES INVERTEBRADOS¹

Environmental risk assessment of the insecticide Cartap in bioassays with three invertebrates¹

José Iannacone O.² y Lorena Alvariano F.²

A B S T R A C T

The ecotoxicological impact of the insecticide cartap, extracted from the marine polychaete *Lumbrineris* spp., was evaluated on three representative organisms of the animal community. The microcrustaceans *Moina macrocopa* (Sars) (freshwater environment) and *Porcellio laevis* Latreille (terrestrial environment), and also the parasitoid microhymenopteran *Muscidifurax raptorrellus* Kogan & Legner (aerial environment) were used as side effect organisms on different models of acute bioassays at 24 and 48 h of exposure to determine the toxicological impact of cartap. The LD₅₀ (mean lethal dose) of *P. laevis* and the LC₅₀ (mean lethal concentration) of *M. macrocopa* and *M. raptorrellus*, allowed the calculation of the risk quotients (RQs) for the environmental risk assessment (ERA) of this product in the ecosystem. The analysis of ERA and LT₅₀ (mean lethal time) indicated a moderate impact for cartap on the environment.

Key words: insecticide, *Moina*, *Muscidifurax*, *Porcellio*, pesticide.

R E S U M E N

Se evaluó el impacto ecotoxicológico del insecticida animal cartap, extraído del poliqueto marino *Lumbrineris* spp., sobre tres organismos representativos de la comunidad animal. Los microcrustáceos *Moina macrocopa* (Sars) (ambiente dulceacuático) y *Porcellio laevis* Latreille (ambiente terrestre), así como la microavispa parasitoide *Muscidifurax raptorrellus* Kogan y Legner (ambiente aéreo) fueron utilizados como organismos no destinatarios en diferentes modelos de bioensayos agudos estáticos a 24 y 48 h de exposición, para determinar el impacto toxicológico de cartap. Los valores de DL₅₀ (dosis letal media) para *P. laevis* y de CL₅₀ (concentración letal media) para *M. macrocopa* y *M. raptorrellus*, permitieron calcular los cuocientes de riesgo (RQ) para la evaluación de riesgo ambiental (ERA) de este producto sobre el ecosistema. El análisis ERA y el TL₅₀ (tiempo letal medio) indicaron un impacto moderado de cartap en el ambiente.

Palabras clave: insecticida, *Moina*, *Muscidifurax*, *Porcellio*, pesticida.

¹Recepción de originales: 22 de agosto de 2001.

²Universidad Nacional Federico Villarreal, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Laboratorio de Ecofisiología, Área de Biodiversidad Animal, Calle San Marcos 383, Pueblo Libre, Lima, Perú. E-mail: joselorena@terra.com / joseiannacone@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El 1,3 di-(carbamoitio)-2-dimetilaminopropano, conocido como hidrocloreuro de cartap, es una sustancia química derivada de la nereistoxina y es extraída de los poliquetos marinos *Lumbri-neris heteropoda* Hartman y *L. brevicirra* Hartman. El cartap es un plaguicida carbámico usado a nivel mundial en el control de plagas agrícolas como la polilla minadora del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Bezerril *et al.*, 1992; Reis y Souza, 1998; Siqueira *et al.*, 2000) y la polilla minadora de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) (Rae *et al.*, 1996). Además, se ha utilizado como moluscicida sobre el gasterópodo dulceacuícola *Oncomelania hupensis* Chiui para el control del hospedero intermediario de *Schistosoma japonicum* Calpain (Digenea: Schistosomatidae) (Xia *et al.*, 1992).

Porcellio laevis Latreille, el chanchito de tierra, es un crustáceo isópoda, común en jardines y ecosistemas agrícolas en la costa central peruana (Iannacone *et al.*, 2001). Esta especie es importante en el ambiente, pues ayuda a recircular los nutrientes y mantener los flujos de energía en el suelo, participando en los ciclos biogeoquímicos (Zidar *et al.*, 1998).

Moina macrocopa (Sars), conocida como pulga del agua (Diplostraca: Moinidae), es un crustáceo cladóceros común en el ecosistema dulceacuícola de la cuenca del río Rímac, en el Departamento de Lima, Perú (Iannacone y Dale, 1999), es una especie zooplanctónica importante en las cadenas de alimentación epicontinentales (Iannacone y Alvarino, 2000).

Muscidifurax raptorellus Kogan & Legner, es una microavispa parasitoide pteromávida, habita el ambiente aéreo de establos y galpones avícolas en el neotrópico sudamericano, en localidades urbanas y suburbanas, actúa como controlador biológico de pupas de muscoideos, principalmente *Musca domestica* L., *Stomoxys calcitrans* L. y *Haematobia irritans* L. (Diptera: Muscidae)

(Antolin *et al.*, 1996; Floate y Fox, 1999; Lysyk, 2001).

Estos tres invertebrados de la biota animal son organismos no destinatarios del control químico y pueden servir para determinar si existen secuelas negativas del uso de plaguicidas en el ambiente (Vargas y Ubillo, 2001).

Se han desarrollado diferentes protocolos de bioensayos para determinar el efecto de plaguicidas sobre distintos componentes biológicos (Calow, 1993; Vega *et al.*, 1999; Werner *et al.*, 2000). 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). Además, para evaluar plaguicidas sobre enemigos naturales de plagas agrícolas de hortofrutícolas en Chile, Vargas y Ubillo (2001) utilizaron el tiempo letal medio (TL₅₀) (en h) y estimaron el porcentaje de mortalidad de una concentración o dosis a través del tiempo, principalmente útil cuando se quiere analizar plaguicidas de efecto rápido y se dispone de pocos organismos biológicos (Throne *et al.*, 1995).

El objetivo de este trabajo fue evaluar, mediante la determinación de CL₅₀, DL₅₀ y TL₅₀, el efecto del cartap sobre tres organismos no destinatarios de la biota animal: *Porcellio laevis*, *Moina macrocopa* y *Muscidifurax raptorellus*, y a partir de estos resultados evaluar el riesgo ambiental de este insecticida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los bioensayos con el cartap se realizaron en el Laboratorio de Ecofisiología de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú, durante el año 2000.

Porcellio laevis

El material tipo de *P. laevis* se depositó en el Departamento de Malacología y Carcinología

del Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. Se colectaron 240 hembras adultas de *P. laevis* con la ayuda de pinzas entomológicas en los jardines de Pueblo Libre (12°04' lat. Sur; 77°03' long. Oeste), Lima, Perú, las que se trasladaron en recipientes plásticos de 500 mL al laboratorio de Ecofisiología. Estos especímenes se introdujeron en un recipiente plástico de 35 x 16 x 20 cm (Iannacone *et al.*, 2001). La tierra de jardín fue previamente cernida con una malla de 750 µ de abertura y se colocó hasta una altura de 3 cm en el recipiente. La temperatura ambiental fue de 25 ± 2 °C y se regó cada cuatro días con agua destilada (pH = 7,2; dureza = 2,03 mg L⁻¹ y alcalinidad = 8 mg L⁻¹), empleando una pipeta de 10 mL, durante dos semanas. La alimentación consistió en cáscara de papa *ad libitum*. Los individuos neonatos de segundo estadio de < 12 h, recién eclosionados de las marsupias de las hembras oviplenas se aislaron y alimentaron en recipientes de plástico transparentes de 250 mL. Los experimentos se iniciaron con neonatos de segundo estadio, de 3 mm de longitud total y de menos de 2 días de eclosionados de las marsupias, seleccionados al azar de los envases. En cada una de las cuatro repeticiones se distribuyeron al azar 10 neonatos de segundo estadio en envases plásticos descartables de 40 mL con 15 g de tierra, 1,5 g de humus de lombriz obtenida del Fundo Oquendo, Ventanilla, Callao, Perú, y 2,4 mL de agua destilada con las mezclas de cartap respectivas. Cada día se agregó 1 mL de agua destilada. En las pruebas de ecotoxicidad, se consideraron muertos los neonatos juveniles que no realizaron ningún movimiento en 15 s de observación bajo microscopio estereoscopio. Estos ensayos se condujeron por duplicado. La mortalidad se evaluó a las 3, 6, 24 y 48 h de exposición.

Moina macrocopa

Las hembras de *M. macrocopa* se colectaron del Parque N° 26 de la Unidad de Acuicultura del Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Villa El Salvador (12°12' lat. Sur; 76°56' long.

Oeste), Lima, Perú. Se criaron en un medio para dáfidos a base de 0,5 g hojas de cereal (Sigma, USA) en 250 mL de agua desionizada, mezclado vigorosamente en un vortex y filtrado posteriormente en una malla de 60 µ, posteriormente se completó con 50 mL adicionales de agua y se estandarizó a pH 7 (Iannacone y Alvariano, 2000). La suspensión se refrigeró a 6 °C. Los cultivos masivos se realizaron en envases de plástico de 2 L y los cultivos individuales para la obtención de neonatos en vasos de plástico de 50 mL de capacidad, siendo alimentados con el medio para dáfidos a 0,2 mL 100 mL⁻¹ por semana a 25 °C siguiendo las recomendaciones de APHA (1995). Los experimentos se realizaron con cohortes de menos de 24 h de edad, obtenidas desde hembras partenogénicas oviplenas de los frascos de cultivo individuales. Los juveniles neonatos no se alimentaron durante la prueba. Los neonatos se consideraron muertos si no producían ningún latido cardíaco durante 10 s de observación. El agua de dilución usada en cada prueba de toxicidad fue la misma que la empleada en los cultivos (APHA, 1995). Para cada prueba se emplearon 120 individuos. Estos ensayos fueron realizados por triplicado. Se condujeron ensayos de toxicidad aguda estáticos en oscuridad con 6, 12, 24 y 48 h de exposición a cartap.

Muscidifurax raptorellus

Las microavispa *M. raptorellus* se obtuvieron de una colonia mantenida por tres años en el Programa Nacional de Control Biológico, Vitarte, Lima, Perú. Los pteromálidos parasitoides fueron criados en el laboratorio sobre puparios de *Musca domestica* bajo condiciones de temperatura no controladas entre 25 ± 2 °C y fotoperíodo 12:12. La identificación de esta especie fue realizada utilizando las claves taxonómicas propuestas por Kogan y Legner (1970). Los experimentos se hicieron con cohortes de adultos de menos de 96 h de emergidos del pupario, los cuales se alimentaron con una solución de miel al 1%, seleccionando al azar 120 individuos (machos y hembras) para cada prueba. En todos los casos

se utilizaron viales, o ampollas de vidrio, de 4 mL tapados con algodón, a los que se les agregó 12,5 µL de cada una de las concentraciones acuosas a pH 6 con pipeta automática, y fue esparcido homogéneamente con un hisopo sobre la superficie interna de la ampolla de vidrio. Una vez secos los residuos, después de 2 h de aplicados, se colocaron cinco microavispa por vial. Los adultos no se alimentaron durante el ensayo. Los individuos fueron considerados muertos cuando no se paraban sobre el vial de vidrio y se encontraban en el fondo del recipiente con las patas hacia arriba. El tratamiento control consistió en agua destilada. Se utilizaron 4 repeticiones (1 vial = 1 repetición) por tratamiento, y se hicieron ensayos en duplicado de toxicidad aguda estáticos de residuos en oscuridad a 0,33; 1; 3; 6; 12; 24; y 48 h de exposición a cartap.

Todos los bioensayos ecotoxicológicos se realizaron a 25 ± 2 °C, fotoperíodo 0:24 y bajo condiciones no controladas de humedad relativa que varió entre 70 y 90%.

La formulación de cartap (Bala® 50 PS, Serfi, Perú) presentó las siguientes propiedades físico-químicas: solubilidad en agua = 178 g L⁻¹ a 20 °C y 200 g L⁻¹ a 25 °C; punto de ebullición = 179-181 °C; vida media en agua = 10 min a pH 7 y 25 °C. Para los ensayos con *Moina macrocopa* y *Muscidifurax raptorellus* la sustancia química se disolvió al 1% en agua destilada (pH = 7,2; conductividad específica = 70 µmho cm⁻¹). En el ensayo con *M. macrocopa* se aplicaron las siguientes concentraciones de ingrediente activo (IA): 0,1; 1; 10; 100; y 1000 µg L⁻¹, y un factor de dilución de 0,1. Para el ensayo definitivo con *Porcellio laevis* se emplearon las siguientes dosis: 32,12; 64,25; 128,5; 257; y 514 mg kg⁻¹ y un factor de dilución de 0,5. Finalmente, en el bioensayo con *M. raptorellus*, se aplicaron las siguientes concentraciones 9,375; 18,75; 37,50; y 75 mg L⁻¹ y un factor de dilución de 0,5. Para el bioensayo con *P. laevis*, las mezclas de cartap con tierra emplearon la misma calidad de tierra usada para los cultivos, previamente fue cernida con el fin de obtener una textura uniforme. La

dosis de aplicación de cartap para el control de plagas en agricultura fluctúa entre 500-1.500 g IA ha⁻¹.

Diseño experimental y tratamiento estadístico

Las pruebas de toxicidad aguda para *P. laevis* y *M. macrocopa* se evaluaron en cinco concentraciones más el control, con cuatro repeticiones, en un diseño en bloque completamente aleatorio (DBCA) de 6 x 4. Para el caso de *M. raptorellus* se usaron cuatro concentraciones más control, con cuatro repeticiones, en un DBCA de 5 x 4. En todos los casos, la eficacia de los tratamientos y las repeticiones se evaluó a través de un análisis de varianza (ANDEVA) de dos vías, previa transformación de los datos a raíz cuadrada del arcoseno. En el caso de existir diferencias significativas entre los tratamientos y las repeticiones se realizó la prueba de Tukey. Las CL₅₀, DL₅₀ y TL₅₀ se calcularon usando el programa computarizado Probit versión 1,5 (USEPA, 1993). El modelo de regresión fue verificado usando el estadístico Chi-cuadrado. Se empleó el ANDEVA para determinar las diferencias en CL₅₀ y DL₅₀ entre los diferentes tiempos de exposición para cada una de las especies de invertebrados empleadas. Para evaluar las diferencias entre los intervalos de TL₅₀ se usó la técnica de superposición de límites de confianza (APHA, 1995). Para catalogar los plaguicidas se usaron los índices de toxicidad propuestos por Vargas y Ubillo (2001). Se empleó el paquete estadístico SPSS, versión 7,5 para Window98 para el cálculo de los estadísticos descriptivos e inferenciales.

Evaluación de riesgos ambientales (ERA)

Se empleó esta técnica para determinar la naturaleza y magnitud de riesgo del cartap, empleando los escenarios más críticos y de mayor exposición, utilizando tres artrópodos, *Porcellio laevis* como modelo biológico terrestre, *Moina macrocopa* para determinar el riesgo en organismos acuáticos y *Muscidifurax raptorellus* como artrópodo aéreo no objetivo del control químico. Con los resultados de toxicidad aguda (CL₅₀ o

DL₅₀) a 48 h de exposición con estas tres especies y con los niveles de exposición o concentraciones ambientales esperadas predichas (CEEs), calculados a partir de la dosis de aplicación media del cartap de 1.000 g ha⁻¹ o su equivalente de 0,1 mg L⁻¹, se determinaron los cuocientes de riesgo (RQs). Para el cálculo de la CEE acuática se asumió una profundidad del cuerpo de agua de 30 cm y para la CEE terrestre una profundidad de 15 cm y una densidad del suelo 1,5. Para las medidas de mitigación se consideró 0,1% de depósito de cartap a una distancia de 30 m del cuerpo de agua. Estos resultados se compararon con el nivel crítico respectivo de 0,5 propuesto por la EPA para ensayos agudos con invertebrados.

Además del método del cuociente, se usó un método de nivel II, el análisis GENEEC (Generic Expected Environmental Concentration). Este procedimiento permitió el cálculo de la concentración ambiental esperada (CEE) utilizando un modelo matemático que incorporó las propiedades físico-químicas del plaguicida cartap y estimó la CEE a 96 h de exposición, con el paquete estadístico GENEEC versión 1,2 (Parker y Rieder, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra los valores de toxicidad aguda en términos de DL₅₀ para *Porcellio laevis*

y CL₅₀ para *Moina macrocopa* y *Muscidifurax raptorellus* a diferentes tiempos hasta las 48 h de exposición. En *P. laevis* se observaron diferencias significativas entre las 6 y 24 h y entre las 24 y 48 h de exposición. En *M. macrocopa* todos los tiempos de exposición fueron diferentes entre sí. Para *M. raptorellus* se observaron diferencias significativas entre las 0,33 h y el resto de los tiempos de exposición. En todos los casos los análisis estadísticos mostraron que no existieron diferencias significativas entre las cuatro repeticiones (P > 0,05).

El Cuadro 2 presenta los TL₅₀ para los tres invertebrados no destinatarios del control químico, a diferentes concentraciones o dosis. Los índices de toxicidad para los tres artrópodos indican un efecto moderadamente tóxico del cartap. Para *P. laevis* una dosis de 32,12 mg kg⁻¹ de suelo fue levemente tóxica. Sin embargo, las dosis empleadas fueron mayores que el nivel de exposición esperado (Cuadro 3). Para *M. macrocopa* una concentración de 100 µg L⁻¹ presentó una moderada toxicidad, sin embargo, esta dosis empleada fue menor que el nivel de exposición en el escenario más crítico o en el peor de los escenarios, es decir la aplicación directa en el agua. Para *M. raptorellus* una concentración de 37,5 mg L⁻¹ fue altamente tóxica, sin embargo, las dosis de exposición fueron mucho menores (Cuadro 3).

Cuadro 1. Toxicidad aguda (CL₅₀/DL₅₀) de cartap sobre tres organismos biológicos de la comunidad animal

Table 1. Acute toxicity (LC₅₀/LD₅₀) of cartap on three biological organisms of the animal community

Especies	Unidades	Período de exposición						
		0,33 h	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h
<i>Porcellio laevis</i> ¹	mg kg ⁻¹	-	-	2.875a	2.851a	-	180,09b	42,15c
<i>Moina macrocopa</i> ²	µg L ⁻¹	-	-	-	12.634a	31,96b	0,62c	0,02d
<i>Muscidifurax raptorellus</i> ²	mg L ⁻¹	43,48a	16,89b	13,29bc	11,39bc	10,32c	7,48c	7,68c

¹DL₅₀ = dosis letal media.

²CL₅₀ = concentración letal media.

Letras iguales en una misma línea indican CL₅₀/DL₅₀ para toxicidades agudas estadísticamente iguales.

Cuadro 2. Tiempo letal medio (TL₅₀) de cartap (h) sobre tres organismos biológicos de la comunidad animal

Table 2. Mean lethal time (LT₅₀) of cartap (h) on three biological organisms of the animal community

Especies	TL ₅₀ (h)	Índice de toxicidad ¹
<i>Porcellio laevis</i>		
mg kg ⁻¹		
32,12	45,83 (30,83-105,71)	4
64,25	29,72 ²	4
128,5	27,02 (23,44-30,65)	4
257	11,06 (7,90-14,23)	3
514	8,15 ²	3
<i>Moina macrocopa</i>		
µg L ⁻¹		
0,1	31,37 (26,72-37,73)	4
1	22,71 (19,18-27,06)	3
10	19,17 (16,22-22,65)	3
100	10,94 (9,17-12,74)	3
1.000	7,91 (6,53-9,18)	3
<i>Muscidifurax raptorellus</i>		
mg L ⁻¹		
9,37	8,15 (4,07 -19,31)	3
18,15	6,73 (3,45 -14,13)	3
37,5	0,21 (0,004 - 0,74)	1

¹Índices propuestos por Vargas y Ubillo (2001).

1 = 0 h < TL₅₀ < 2 h altamente tóxico.

2 = 2 h < TL₅₀ < 5 h tóxico.

3 = 5 h < TL₅₀ < 24 h moderadamente tóxico.

4 = TL₅₀ > 24 h levemente tóxico.

²No se detectaron los límites de confianza.

El Cuadro 3 muestra un resumen de la evaluación del riesgo ambiental (ERA) del cartap sobre estos tres artrópodos. Ensayos agudos indicaron que el cartap no mostró riesgo ambiental sobre *P. laevis* y *M. raptorellus*. Opuestamente, *M. macrocopa* mostró un alto riesgo a nivel del ambiente acuático, pues el cociente de riesgo fue muy alto en comparación al nivel crítico. Aún considerando un depósito de 0,1%, por considerar el cuerpo de agua a una distancia de 30 m del campo agrícola de aplicación, el RQ fue de 16,5.

Cuando se empleó el modelo matemático GENECC, la CEE a 96 h fue 0,0037 mg L⁻¹, siendo el RQ > de 185 para *M. macrocopa*.

El cartap presentó alta toxicidad en el ambiente acuático, debido a que es empleado como un molusquicida contra caracoles de agua dulce. Los caracoles de agua dulce (*Physa acuta* Drap., *Cipangopaludina malleata* Reeve e *Indoplanorbis exustus* (Deshayes)) mostraron una alta contracción corporal como un efecto subagudo y posteriormente altas mortalidades después de 72 a 96 h de exposición bajo la acción de cartap, en la revisión de Xia *et al.* (1992). En el presente estudio *M. macrocopa* resultó ser altamente sensible a cartap.

Toia *et al.* (1981), Komala (1982) y Komala (1995) encontraron una alta toxicidad del cartap a diferentes organismos acuáticos como los peces *Salmo trutta* L., *Cyprinus carpio* L., *Poecilia reticulata* Peters, la pulga del agua *Daphnia magna* Strauss, el mosquito *Aedes aegypti* (L.), plantas acuáticas como *Azolla* spp. y el protozoo *Paramecium primaurelia* L. Sin embargo, los estudios de destino ambiental de cartap señalan una alta biodegradabilidad en ambientes acuáticos (Komala, 1995).

Scott *et al.* (1991) y Geden *et al.* (1992) señalaron en un ensayo comparativo de insecticidas sobre *Muscidifurax raptor* Girault & Sanders, una especie congénérica de *M. raptorellus*, una mayor sensibilidad en comparación con su plaga hospedera *M. domestica*. Sin embargo, las DL₅₀ de cartap para *M. raptorellus* fueron mayores que los niveles de exposición o dosis de aplicación, y en ensayos a concentraciones menores no se observaron efectos de mortalidad (Cuadros 1 y 3). Los estudios con parasitoides sobre plagas de importancia económica son escasos, y aquellos con depredadores muestran resultados variables con relación a la toxicidad del cartap. Así, el escarabajo depredador *Curinus coeruleus* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) y la microavispa parasitoide *Trichogramma dendrolimi* (Matsushima) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) fue-

Cuadro 3. Resumen de la evaluación de riesgos ambientales (ERA) en tres artrópodos (acuático, terrestre y aéreo) expuestos a cartap
Table 3. Summary of the environment risk assessment (ERA) of three arthropods (aquatic, terrestrial and aerial) exposed to cartap

Artrópodos	Tipo	Efecto agudo	Toxicidad (48 h)	Exposición	RQ	LOC	Riesgo
<i>Porcellio laevis</i>	Terrestre	DL50 (mg kg ⁻¹)	42,15	0,44	0,01	0,5	No
<i>Moina macrocopa</i>	Acuático	CL50 (µg L ⁻¹)	0,00002	0,33	16.650	0,5	Sí
<i>Muscidifurax raptorellus</i>	Aéreo	CL50 (mg L ⁻¹)	10,32	0,10	0,009	0,5	No

Exposición = CEE = Concentración efectiva ambiental.

RQ = Cuociente de riesgo = Exposición/Toxicidad.

LOC = Nivel crítico.

ron altamente sensibles (Diraviam y Viraktamath, 1993; Takada *et al.*, 2001), en cambio el ácaro depredador *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae) fue poco sensible (Blümel *et al.*, 1993).

Cartap mostró una alta degradabilidad aeróbica y anaeróbica bacteriana y fúngica en el suelo (Endo *et al.*, 1982). Esto ayudaría a explicar los resultados de los TL₅₀ para *P. laevis*, es decir, un impacto leve y moderadamente tóxico de cartap.

Aunque los ensayos crónicos para un plaguicida son muy importantes en la evaluación de ERA, Danfa *et al.* (1998) señalaron para la microavispa parasitoide *Bracon hebetor* Say, que la mortalidad aguda es un buen parámetro predictivo y sensible para la determinación de la toxicidad, y por ende de la ERA. Por esta razón, en el presente estudio se utilizan la toxicidad aguda y la mortalidad de los tres invertebrados como parámetros ecotoxicológicos.

CONCLUSIONES

Mediante el método del cuociente de la evaluación de riesgo ambiental (ERA), los artrópodos *Porcellio laevis* y *Muscidifurax raptorellus* mostraron ausencia de riesgo a nivel terrestre y

aéreo para el cartap. Sin embargo, el análisis complementario de los TL₅₀ mostró principalmente un efecto moderado y levemente tóxico de cartap.

El artrópodo *Moina macrocopa* presentó un alto riesgo ambiental acuático de cartap mediante el método del cuociente de ERA, inclusive en el escenario menos crítico. Además, el análisis del TL₅₀ mostró un efecto moderadamente tóxico.

El análisis GENEEC, que incorpora los parámetros fisicoquímicos del cartap, mostró los mismos resultados que los encontrados por el método del cuociente para los tres organismos no destinatarios de la biota animal.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la estudiante de Biología Srta. Marisela Calderón, de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad Nacional Federico Villarreal, por el apoyo en el manejo de *M. macrocopa* en el laboratorio.

Este trabajo fue presentado en una exposición oral en el área de Biotecnología Ambiental del II Congreso Internacional de Biotecnología, Arequipa, Perú, 16 al 20 de julio del 2001.

LITERATURA CITADA

- Antolin, M.F., D.S. Guertin, and J.J. Petersen. 1996. The origin of gregarious *Muscidifurax* (Hymenoptera: Pteromalidae) in North America: an analysis using molecular markers. *Biol. Control* 6:76-82.
- APHA. 1995. Standard methods for examination of water and wastewater. 1100 p. 19th ed. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF). Washington, D.C., USA.
- Bezerril, E.F., J.D.S. Carneiro, and J. Torres-Filho. 1992. Chemical control of the leafminer *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) in the Ibiapaba Plateau, Ceara. *Ann. Soc. Entomol. Bras.* 21:217-224.
- Blümel, S., F. Bakker, and A. Grove. 1993. Evaluation of different methods to assess the side effects of pesticides on *Phytoseiulus persimilis* A-H. *Exp. Appl. Acarol.* 17:161-169.
- Calow, P. 1993. Handbook of ecotoxicology. 478 p. Vol. I. Blackwell Science, Sheffield, UK.
- Danfa, A., B. Fall, and H. Van Der Valk. 1998. Acute toxicity tests with *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae), using different locust control insecticides in the Sahel. p. 117-136. Chapter 6. In J.W. Everts, D. Mbaye, O. Barry, and W. Mullié (eds.). *Locustox project: Environmental side-effects of locust and grasshopper control*. Vol. 3. Plant Protection Directorate. Ministry of Agriculture, Dakar, Senegal. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Diraviam, J., and C.A. Viraktamath. 1993. Toxicity of some insecticides to *Curinius coeruleus* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), an introduced predator of the subadult psyllid. *Entomon (India)*. 18:77-79.
- Endo, T., T. Kusaka, N. Tan, and M. Sakai. 1982. Effect of the insecticide cartap hydrochloride on soil microflora. *J. Pestic. Sci. (Tokyo)* 7:1-7.
- Floate, K.D., and A.S. Fox. 1999. Indirect effects of ivermectin residues across trophic levels: *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) and *Muscidifurax zaraptor* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Bull. Entomol. Res.* 89:225-229.
- Geden, C.J., D.A. Rutz, Scott, J.G., and S.J. Long. 1992. Susceptibility of house flies (Diptera: Muscidae) and five pupal parasitoids (Hymenoptera: Pteromalidae) to abamectin and seven commercial insecticides. *J. Econ. Entomol.* 85: 435-440.
- Iannacone, J., M. Alayo, M. Abanto, J. Sánchez, y E. Zapata. 2001. *Porcellio laevis* Latreille, 1804 (Isopoda: Porcellionidae) como bioindicador para evaluación de plomo. *Rev. per. Ent.* 42:175-183.
- Iannacone, J.A., y L. Alvarino. 2000. *Chironomus calligraphus* Goeldi y *Moina macrocopa* (Sars) como herramientas ecotoxicológicas para la evaluación del lindano y clorpirifos. *Bol. Soc. Biol. Concepción (Chile)* 71:33-39.
- Iannacone, J.A., y W. Dale. 1999. Protocolo de bioensayos ecotoxicológicos para evaluar metales pesados contaminantes de agua dulce con *Chironomus calligraphus* (Diptera: Chironomidae) y *Moina macrocopa* (Crustacea: Cladocera), en el río Rímac, Lima, Perú. *Rev. per. Ent.* 41:111-120.
- Kogan, M., and E.F. Legner. 1970. A biosystematic revision of the genus *Muscidifurax* (Hymenoptera: Pteromalidae) with description of four new species. *Can. Entomol.* 102:1268-1290.
- Komala, Z. 1982. *Paramecium* bioassay test in studies on cartap. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 28:660-663.
- Komala, K. 1995. Notes on the use of invertebrates, especially ciliates, in studies on pollution and toxicity. *Folia Biologica (Cracow)* 43:25-27.

- Lysyk, T.J. 2001. Relationships between temperature and life history parameters of *Muscidifurax raptorellus* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Environ. Entomol.* 30: 983-992.
- Parker, R.D., and P.D. Rieder. 1995. GENEEC The Generic Expected Environmental Concentration Program. Users Manual. 19 p. Environmental Fate and Effects, Division Office of Pesticide Programs. U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C., USA.
- Rae, D.J., D.M. Watson, W.G. Liang, M. Li, M.D. Huang, Y. Ding, J.J. Xiong, D.P. Du, J. Tang, and G.A.C. Beattie. 1996. Comparison of petroleum spray oils, abamectina, cartap, and methomyl for control of citrus leafminer (Lepidoptera: Gracillariidae) in Southern China. *J. Econ. Entomol.* 89:493-500.
- Reis, P.R., and J.C.D. Souza. 1998. Chemical control of *Tuta absoluta* (Meyrick) in staked tomato plants. *Ciencia e Agrotecnol.* 22:13-21.
- Scott, J.G., C.J. Geden, D.A. Rutz, and N. Liu. 1991. Comparative toxicity of seven insecticides to immature stages of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) and two of its important biological control agents, *Muscidifurax raptor* and *Spalangia cameroni* (Hymenoptera: Pteromalidae). *J. Econ. Entomol.* 84:776-779.
- Siqueira, H.A.A., R.N.C. Guedes, M. Picanço, and E.E. Oliveira. 2000. Cartap resistance and synergism in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). p. 353. Abstract Book I. XXI International Congress of Entomology. Foz de Iguazu, Brazil, August 20-26, 2000. EMBRAPA, Brasilia, Brasil.
- Takada, Y., S. Kawamura, and T. Tanaka. 2001. Effects of various insecticides on the development of the egg parasitoid *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *J. Econ. Entomol.* 94:1340-1343.
- Throne, J.E., D.K. Weaver, V. Chew, and J.E. Baker. 1995. Probit analysis of correlated data: multiple observations over time at one concentration. *J. Econ. Entomol.* 88:1510-1512.
- Toia, R.E., D.K. Christ, R.E. Poole, P.E. Bent, and G.A. Peters. 1981. Effects of selected pesticides on physiological and composition of four *Azolla* species. *Plant Physiol.* 67:81-90.
- USEPA. 1993. Probit analysis program. Version 1,5. U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C., USA.
- Vargas, R.M., y A.F. Ubillo. 2001. Toxicidad de pesticidas sobre enemigos naturales de plagas agrícolas. *Agric. Téc. (Chile)* 61:35-41.
- Vega, M.M., A. Urzelai, and E. Angulo. 1999. Minimum data required for deriving soil quality criteria from invertebrate ecotoxicity experiments. *Environ. Toxicol. Chem.* 18:1304-1310.
- Werner; I., L.A. Deanovic, V. Connor, V.D. Vlaming, H.C. Bailey, and D.E. Hinton. 2000. Insecticide-caused toxicity to *Ceriodaphnia dubia* (Cladocera) in the Sacramento-San Joaquín River Delta, California, USA. *Environ. Toxicol. Chem.* 19:215-227.
- Xia, Q., P. Tang, X. Feng, M. Cheng, N. Kajihara, M. Minai, and Y. Hosaka. 1992. Assessment of the molluscicidal activities of tribromosalan, cartap and chlorothalonil against *Oncomelania hupensis*. *Jpn. J. Med. Sci. Biol.* 45:75-80.
- Zidar, P., D. Drobne, and J. Strus. 1998. Determination of moult stages of *Porcellio scaber* (Isopoda) for routine use. *Crustaceana* 71:646-654.