

EFFECTOS ECOTOXICOLÓGICOS DEL CARTAP SOBRE *POECILIA RETICULATA* “GUPPY” (POECILIDAE) Y *PARACHEIRODON INNESI* “NEON TETRA” (CHARACIDAE)

ECOTOXICOLOGICAL EFFECTS OF CARTAP ON *POECILIA RETICULATA* “GUPPY” (POECILIDAE) AND *PARACHEIRODON INNESI* “NEON TETRA” (CHARACIDAE)

Jose Iannacone^{1,2}, Roxana Onofre² & Olga Huanqui²

¹Laboratorio de Invertebrados. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma, Av. Benavides 5440, Santiago de Surco, Lima, Perú. E-mail: joseiannacone@yahoo.es

²Laboratorio de Ecofisiología Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal. Calle San Marcos 383, Lima 21, Perú. E-mail: ROCHI2980@hotmail.com; marioli1379@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó el impacto ecotoxicológico del insecticida carbámico cartap (1,3 di (carbamoitio)-2-dimetilaminopropano) usado para el control de plagas agrícolas y como molusquicida de vectores de importancia en Salud Pública, sobre dos especies de peces del ecosistema acuático continental: *Poecilia reticulata* (Peters 1859) “guppy” (Poeciliidae) y *Paracheirodon innesi* (Myers 1936) “Neon Tetra” (Characidae). Ellos fueron utilizados como organismos no destinatarios en ensayos de corta duración, para determinar el impacto toxicológico del cartap. Para ambas especies de peces se evaluó el porcentaje de mortalidad, y dos respuestas subletales: el incremento del movimiento opercular y el nado extraño. A 3 h de exposición para *P. reticulata*, se encontró un valor de CL_{50} (Concentración letal media) de $6,75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y valores de CE_{50} (Concentración efectiva media) de $<7,55$ y $< 8,16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para el incremento del movimiento opercular y nado extraño, respectivamente. Para *P. innesi*, se encontró un valor de CL_{50} de $<0,02 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y valores de CE_{50} de $< 0,01$ y $< 0,03 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, para el incremento del movimiento opercular y nado extraño, respectivamente. *P. innesi* fue más sensible al cartap que *P. reticulata*. Se calculó los cocientes de riesgo (RQ) para la evaluación del riesgo ambiental (ERA) de este insecticida sobre el ecosistema acuático, indicando que *P. innesi* es más adecuada que *P. reticulata* como herramienta ecotoxicológica para evaluar cartap.

PALABRAS CLAVES: Bioensayo, cartap, insecticida, *Paracheirodon*, *Poecilia*.

ABSTRACT

The ecotoxicological impact of the carbamate insecticide cartap (1,3 di (carbamoitio)-2-dimethylaminopropan) used for agriculture pests and as mollusquicide of vectors of Public Health importance was evaluated, on two fish species of the continental aquatic ecosystem. *Poecilia reticulata* (Peters 1859) “guppy” (Poeciliidae) and *Paracheirodon innesi* (Myers 1936) “Neon Tetra” (Characidae) were employed as non-target organisms in assays of short duration to determine the toxicological impact of cartap. For both fish, percentage of mortality and two sublethal responses: increase of opercula movement and strange swim, were evaluated. In *P. reticulata* after 3 h exposure it was found a LC_{50} (mean Lethal Concentration) of $6.75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ and values of EC_{50} (mean Effective Concentration) of <7.55 and $<8.16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ as speed up of opercula movement and strange swim, respectively. For *P. innesi*, it was found an LC_{50} value of $<0.02 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ and values of EC_{50} of <0.01 and $<0.03 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, as speed up of opercula movement and strange swim, respectively. *P. innesi* was more sensitive to cartap than *P. reticulata*. Risk Quotients (RQ) to evaluate environmental risk (ERA) of this insecticide on aquatic ecosystem were calculated, indicating that *P. innesi* was more accurate than *P. reticulata* as ecotoxicological tool to evaluate cartap.

KEY WORDS: Bioassay, cartap, insecticide, *Paracheirodon*, *Poecilia*.

INTRODUCCION

Los bioensayos de toxicidad aguda o crónica permiten evaluar el efecto de una sustancia química en organismos vivos (Adams & Greeley 2000). Las pruebas ecotoxicológicas agudas cuantifican las concentraciones letales de un xenobiótico sobre una especie en particular de la biota (Iannacone & Alvarino 2005). Los bioensayos de toxicidad, con agentes contaminantes bajo condiciones de laboratorio, se han incrementado en estos últimos años debido a la brevedad con que se obtiene la información sobre la concentración letal media (CL_{50}) (en mg o $\mu\text{g L}^{-1}$) y los efectos subletales que afectan negativamente a la biota en los ambientes marinos, estuarinos y dulceacuácolas (Adams & Greeley 2000).

Las pruebas ecotoxicológicas con peces son tradicionalmente empleadas en muchas partes del mundo, ya que éstos juegan un papel importante dentro de la cadena alimenticia (Iannacone & Alvarino 1998). Los peces consumen y controlan las poblaciones de insectos, microcrustáceos y algas, y permiten de esta forma la recirculación, remoción y resuspensión del material orgánico dentro del ecosistema. Debido a su gran importancia, se han desarrollado una gran variedad de bioensayos que han empleado especies de peces, que son sensibles a la presencia de determinados agentes tóxicos. Los peces son organismos acuáticos extremadamente sensibles a la perturbación ambiental, siendo afectados en su crecimiento y en sus funciones reproductivas (Iannacone *et al.* 1999). Numerosas especies de peces han sido propuestos como bioindicadores para evaluar la ecotoxicidad de sustancias químicas contaminantes como: *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1792) (Salmonidae), *Pimephales promelas* (Cope 1868) (Cyprinidae), *Lepomis macrochirus* (Rafinesque 1819) (Centrarchidae), *Carassius auratus* (Linnaeus 1758) (Cyprinidae), *Micropterus salmoides* Boulenger 1896 (Centrarchidae), *Leiostomus xanthurus* Lacepede 1802 (Sciaenidae) y *Cyprinodon variegatus* Lacepede 1803 (Cyprinodontidae) (Iannacone & Alvarino 1998), entre otros.

Poecilia reticulata (Peters 1859) “guppy” (Poeciliidae) es una especie exótica invasora e introducida en Perú para el control biológico de larvas de *Anopheles pseudopunctipennis* Theobald,

1901 (Diptera: Culicidae) y de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) (Iannacone & Alvarino 1998). Es considerada una especie de importancia ornamental por la acuarofilia mundial (Balon 2004). Se han realizado en *P. reticulata* diversos estudios en el ámbito del aprendizaje y del comportamiento reproductivo (Brosnan *et al.* 2003, Croft *et al.* 2003, Grether *et al.* 2003), así como modificaciones en el comportamiento por acción de pesticidas organofosforados (Selvi *et al.* 2004).

Paracheirodon innesi (Myers, 1936) “Neon Tetra” (Characidae), es una especie amazónica, domesticada y conocida por los acuaristas a nivel mundial (Balon 2004). En esta especie se han realizado varios estudios fisiológicos con relación a adaptaciones cromáticas por variaciones de luminosidad a nivel de la piel y ocular (Hayashi *et al.* 1993), así como efectos de la calidad del agua (pH, dureza y metales pesados), factores nutricionales (vitaminas) y formas parasitarias (*Ichthyophthirius multifiliis* Foquet, 1876) sobre la fisiología de *P. innesi* (Schmahl *et al.* 1992, Pannevis & Earle 1994, González *et al.* 1998, Tao *et al.* 2002).

El hidrocloreto de cartap es un insecticida análogo sintético de una forma de oxidación de la nereistoxina (NTX) y es un bloqueador de canales iónicos de receptores de acetilcolina nicotínico (Iannacone & Alvarino 2005). 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 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae), la polilla minadora de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton, 1856 (Lepidoptera: Gracillariidae), la polilla de la col *Plutella xylostella* (Linnaeus 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) y la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller 1873) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Iannacone & Lamas 2003a, Iannacone & Alvarino 2005). Además se ha utilizado como molusquicida sobre el gasterópodo dulceacuícola *Oncomelania hupensis* Gredler, 1881 para el control del hospedero intermediario de *Schistosoma japonicum* (Katsurada 1904) (Digenea: Schistosomatidae) (Iannacone & Alvarino 2002).

En Perú, Iannacone & Alvarino (2002, 2005) evaluaron el riesgo ambiental del cartap en bioensayos con once organismos no destinatarios. En adición, se ha determinado la selectividad del cartap empleando al depredador *Chrysoperla externa* (Hagen 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)

y a los parasitoides *Trichogramma pintoi* Vögelé, 1982 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Copidosoma koehleri* Blanchard, 1940 (Hymenoptera: Encyrtidae) y *Dolichogenidea gelechiidivoris* (Marsh 1979) (Hymenoptera: Braconidae) (Iannacone & Lamas 2002, 2003b). Sin embargo, se requiere un mayor número de especies perteneciente a diferentes nichos ecológicos para determinar adecuadamente la selectividad del cartap sobre la biota no destinataria animal (Finizio *et al.* 2001).

Por ende, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto ecotoxicológico del cartap en bioensayos de corta duración sobre *P. reticulata* y *P. innesi*. En ambos peces se evaluó el porcentaje de mortalidad y dos respuestas subletales: el incremento del movimiento opercular y el nado extraño.

MATERIALES Y METODOS

Los bioensayos ecotoxicológicos con el cartap se realizaron en el laboratorio de Ecofisiología Animal de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú, durante el 2003 y 2004.

ORIGEN DE LOS PECES

Especímenes adultos de *P. reticulata* "Guppy" fueron colectados de una laguna ubicada en el Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa, Chorrillos, Lima, Perú. En cambio, los especímenes adultos de *P. innesi* "Neon tetra" fueron obtenidos de un acuario del distrito de San Martín de Porres (Aquapets), Lima, Perú. En ambos casos, los peces fueron trasladados al laboratorio en baldes de plástico de 4 L de capacidad. Antes de la aclimatación en el laboratorio se descartaron los individuos que hubieran sufrido daños mecánicos durante el transporte.

ACLIMATACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO

Los adultos fueron colocados dos semanas previas a las pruebas ecotoxicológicas en dos acuarios de vidrio de 90 cm de largo x 40 cm ancho x 30 cm de alto, en un medio a base de una solución amortiguadora (buffer-fosfato) con agua destilada y agua de grifo de Lima, Perú, reposada en igual cantidad. Se introdujo en el acuario plantas acuáticas (*Elodea* sp.) para evitar el estrés de los

peces. Los peces fueron alimentados semanalmente con alimento en hojuelas para peces a base de escamas de pescado y algas (Tetramin®). En el caso de los neones tetra se implantó un calentador en su acuario para alcanzar los 25-26°C.

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA

Los parámetros físicos como la temperatura (16-18°C para *P. reticulata* y 25-26°C para *P. innesi*), pH (7,6-7,9) del cultivo se midieron tres veces por semana mediante un termómetro y un pH metro.

CARTAP

El formulado utilizado fue Bala® 50 PS, con las siguientes propiedades fisicoquímicas del cartap: solubilidad en agua = 178 g L⁻¹ a 20 °C y 200 g L⁻¹ a 25 °C; punto de ebullición = 179-181 °C; tiempo de vida media en el agua = 10 min a pH 7 y 25 °C. Para los ensayos la sustancia química se disolvió al 0,1 % en agua destilada (pH = 7,6; conductividad específica = 70 µmhos·cm⁻¹). En los ensayos se aplicó concentraciones de ingrediente activo (IA) en µg·L⁻¹ y con un factor de dilución de 0,5. La dosis de aplicación de cartap para el control de plagas en agricultura es de 1000 mg IA L⁻¹.

PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

Los guppys y neones tetra usados en los bioensayos se extrajeron del cultivo a partir de la segunda semana de aclimatación. Los peces seleccionados presentaron una apariencia externa saludable para su uso en los ensayos toxicológicos. Las pruebas de toxicidad se realizaron con cuatro repeticiones, y cuatro concentraciones más el control, en el caso de los guppys y cinco concentraciones más el control en el caso de los neones. Para *P. reticulata* se emplearon cuatro concentraciones: 3,12 mg IA L⁻¹, 6,25 mg IA L⁻¹, 12,5 mg IA L⁻¹ y 25 mg IA L⁻¹. En cambio para *P. innesi* se empleó cinco concentraciones: 0,19 mg IA L⁻¹, 0,39 mg IA L⁻¹, 0,78 mg IA L⁻¹, 1,56 mg IA L⁻¹ y 3,12 mg IA L⁻¹. Las lecturas definitivas de pruebas ecotoxicológicas se realizaron a los 20 min, 40 min; 1 h, 2 h y 3 h de exposición. Los peces no se alimentaron durante los bioensayos. Se usaron 80 guppys y 120 neones para cada prueba de toxicidad. Cada grupo de cuatro guppys y de cinco neones se colocaron al azar en recipientes plásticos circulares de 250 mL con las respectivas concentraciones y el control. Este tamaño del envase fue seleccionado debido a que los ensayos

fueron de muy corta exposición (< 3 h), los peces no se alimentaron durante la prueba y para *P. reticulata* el peso de los peces de 1 g L⁻¹ no fue sobrepasada (Calow 1993). Para ambas especies se utilizaron tres parámetros como punto final de lectura: un letal M (Muerte: al tocar el pez con un estilete y si después de 10 seg no realiza ningún movimiento), y dos subletales: a) MO (Movimiento del opérculo: al tocar el pez con un estilete y si después de 10 seg sigue moviendo el opérculo) y b) NE (Nado extraño). Culminadas las pruebas de ecotoxicidad se obtuvieron para ambos peces cuatro datos biométricos: longitud total (cm), longitud estándar (cm), ancho lateral (cm) y peso (g).

DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Las pruebas de toxicidad aguda se evaluaron en cuatro a cinco concentraciones más el control, con cuatro repeticiones, en un diseño en bloque completamente aleatorio (DBCA). 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 (Concentración letal media) y las CE₅₀ (Concentración efectiva media) se calcularon usando el programa computarizado Probit versión 1,5. El modelo de regresión fue verificado usando el estadístico Chi-cuadrado. En adición, se empleó el ANDEVA para determinar las diferencias en los promedios de LT, LE, Anch. y P en cada una de las concentraciones para cada uno de los peces. Se empleó el paquete estadístico SPSS, versión 12,00 para Window 98 para el cálculo de los estadísticos descriptivos e inferenciales.

SELECTIVIDAD

Se empleó esta técnica para determinar la naturaleza y magnitud de riesgo ambiental del cartap, empleando los escenarios más críticos y de mayor exposición, utilizando dos especies no destinatarios del control químico, *P. reticulata* y *P. innesi*. Con los resultados de toxicidad aguda (CL₅₀) a 3 h de exposición y con los niveles de exposición o concentraciones ambientales esperadas predichas (CEEs), calculados a partir de la dosis de aplicación media del cartap o su equivalente en mg L⁻¹, se

determinó los cuocientes de riesgo (RQs). Para el cálculo de la CEE acuática se asumió una profundidad del cuerpo de agua de 30 cm. 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 organismos no destinatarios.

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 incorpora las propiedades físico - químicas del plaguicida cartap y estima la CEE a 3 h de exposición, con el paquete estadístico GENEEC versión 1,2 (Parker & Rieder 1995).

RESULTADOS

Los cuatro parámetros biométricos [longitud total (cm), longitud estándar (cm), ancho lateral (cm) y el peso (mg)] de *P. reticulata* y *P. innesi*, no mostraron diferencias significativas entre las concentraciones crecientes de cartap y el control (Tablas I y II).

A 3 h de exposición para *P. reticulata*, se encontró un valor de CL₅₀ de 6,75 mg•L⁻¹ y valores de CE₅₀ de <7,55 y <8,16mg•L⁻¹ para el incremento del movimiento opercular y nado extraño, respectivamente. Para *P. innesi*, se encontró un valor de <0,02 mg•L⁻¹ y valores de CE₅₀ de <0,01 y <0,03 mg•L⁻¹, para el incremento del movimiento opercular y nado extraño, respectivamente. *P. innesi* fue más sensible al cartap que *P. reticulata* (Tabla III). Para *P. reticulata* y para *P. innesi* no se encontraron diferencias notorias en términos de CL₅₀/CE₅₀ entre los valores de toxicidad aguda y subaguda en mg•L⁻¹ de IA del cartap (Tabla IV).

La selectividad mediante el método del cuociente mostró ausencia de riesgo a nivel del ambiente acuático para *P. reticulata*, para los tres puntos finales de lectura (mortalidad, movimiento opercular y nado extraño) (Tabla IV). Se observó que *P. innesi* fue 413 veces más sensible en términos de RQ al cartap que *P. reticulata* (Tabla IV). El modelo matemático GEENEC, que incorpora los parámetros físico-químicos del cartap, indicó efectos solo sobre *P. innesi*, más no sobre *P. reticulata*.

TABLA I. Cuatro parámetros biométricos de *P. reticulata* expuestos al cartap.

TABLE I. Four biometric parameters of *P. reticulata* exposed to cartap.

mg IA L ⁻¹	LT (cm)	Sig.	LE (cm)	Sig.	Anc.(cm)	Sig.	P (mg)	Sig.
control	1,64±0,18	a	1,33±0,18	a	0,28±0,08	a	28±16	a
3,12	1,65±0,16	a	1,31±0,16	a	0,30±0,03	a	45±16	a
6,25	1,68±0,38	a	1,36±0,33	a	0,33±0,13	a	63±80	a
12,5	1,80±0,44	a	1,44±0,32	a	0,33±0,10	a	79±92	a
25	1,86±0,43	a	1,41±0,38	a	0,32±0,08	a	71±53	a
F	1,14		0,47		0,65		1,73	
Sig.	0,34		0,75		0,62		0,15	

LT = Longitud total. LE = Longitud estándar. Anc. = Ancho lateral. P = Peso.

Sig. = Significancia. F = Estadístico de Fisher.

Letras iguales en sentido vertical señalan que los promedios son estadísticamente iguales. Prueba de Tukey (SPSS versión 12).

TABLA II. Cuatro parámetros biométricos de *P. innesi* expuestos al cartap.

TABLE II. Four biometric parameters of *P. innesi* exposed to cartap.

mg IA L ⁻¹	LT (cm)	Sig.	LE (cm)	Sig.	Anc.(cm)	Sig.	P(mg)	Sig.
Control	1,89±0,13	a	1,52±0,13	a	0,42±0,07	a	76±19	a
0,01	1,82±0,13	a	1,45±0,11	a	0,41±0,04	a	75±15	a
0,03	1,83±0,17	a	1,51±0,17	a	0,42±0,05	a	76±23	a
0,06	1,76±0,15	a	1,43±0,13	a	0,42±0,05	a	85±47	a
0,13	1,84±0,07	a	1,52±0,08	a	0,41±0,05	a	83±14	a
0,27	1,84±0,14	a	1,49±0,11	a	0,43±0,07	a	81±16	a
F	1,41		1,54		0,22		0,40	
Sig.	0,22		0,18		0,95		0,84	

LT = Longitud total. LE = Longitud estándar. Anc. = Ancho lateral. P = Peso.

Sig. = Significancia. F = Estadístico de Fisher.

Letras iguales en sentido vertical señalan que los promedios son estadísticamente iguales. Prueba de Tukey (SPSS versión 12).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

En muchos países, la percepción de los problemas ligados al uso de pesticidas, es diferente entre los agricultores que siguen un Manejo Integrado de Plagas (MIP) versus los no-MIP (Berg 2001). Un estudio en Vietnam indica que en una perspectiva integral y sustentable usando los campos de arroz (agricultura) para el cultivo de peces de importancia en la alimentación (acuicultura) por los agricultores conlleva al menor empleo de insecticidas, entre ellos el cartap (Berg 2001).

En el cultivo de tomate se ha visto altos rendimientos de frutos al emplear cartap para el control de *T. absoluta* (Picanço *et al.* 1998). Sin embargo, estudios recientes en *P. xylostella* muestran alta tolerancia al

cartap por aumento de las enzimas de detoxificación (hidrolasas, transferasas y oxigenasas) (Mohan & Gujar 2003). Las grandes diferencias de susceptibilidad encontradas al cartap entre *P. reticulata* y *P. innesi* pudiera deberse a variaciones en las concentraciones de estas enzimas detoxificantes entre ambas especies de peces (Kim *et al.* 1993) (Tabla III).

Los residuos de cartap a las concentraciones empleadas para el control de plagas agrícolas han producido 100 % de mortalidad en la microavispa parasitoide *Diadegma semiclausum* (Hellen, 1949) (Hymenoptera: Ichneumonidae) luego de 30 d (Haseeb *et al.* 2000), lo cual confirma el impacto que puede tener el cartap sobre organismos no destinatarios del control químico.

En peces como *Oreochromis mossambicus* (Peters 1852) "Tilapia" (Cichlidae), expuesto a 2 mg L⁻¹, se ha observado 100 % de mortalidad y un valor de CL_{50-24 h} de 1,75 mg L⁻¹ de cartap (Palanivelu & Balasubramanian 1997). En otros peces, como *C. auratus*, *Oryzias latipes* Jordan & Zinder, 1906 (Adrianichthyidae) y *Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor 1842) (Cobitidae), se han observado CL_{50-48 h} de 0,58 mg L⁻¹; 0,36 mg L⁻¹ y 0,095 mg L⁻¹ de cartap, respectivamente (Asaka *et al.* 1990). Debido a

su mayor sensibilidad y a su carácter nativo del Perú, *P. innesi* resultó ser una especie más adecuada que *P. reticulata* como herramienta ecotoxicológica para la evaluación del cartap en el ambiente acuático.

Mediante el método del cociente de la Evaluación de Riesgo Ambiental (ERA), solo *P. innesi* mostró riesgo para el cartap a nivel acuático. El Análisis GEENEC, que incorpora los parámetros fisicoquímicos del cartap, indicó efectos solo sobre *P. innesi*, más no sobre *P. reticulata*.

TABLA III. Valores comparativos de toxicidad aguda/subaguda (CL₅₀/CE₅₀) del cartap sobre *P. reticulata* y *P. innesi* a diferentes periodos de exposición.

TABLE III. Comparative values of acute/subacute toxicity (LC₅₀/EC₅₀) to cartap on *P. reticulata* y *P. innesi* to different periods of exposure.

Especie de Pez	Periodos de Exposición (h)	CL ₅₀ mg L ⁻¹	CE ₅₀ (MO) mg L ⁻¹	CE ₅₀ (NE) mg L ⁻¹
<i>Poecilia reticulata</i>	20 min	9,29 ²	9,92 ²	8,46 (7,78-9,21)
	40 min	8,84 (8,26-9,46)	8,64 ²	8,29 ²
	1	8,84 (8,26-9,46)	8,64 ²	8,16 ²
	2	8,53 ²	7,55 ²	< 8,16
	3	6,75 ²	< 7,55	< 8,16
<i>Paracheirodon innesi</i>	20 min	> 0,08	0,05 (0,03-0,07)	0,03 (0,02-0,03)
	40 min	0,08 (0,05-0,12)	0,02 (0,01-0,02)	< 0,03
	1	0,03 (0,03-0,05)	0,01 ²	< 0,03
	2	0,02 (0,01-0,04)	< 0,01	< 0,03
	3	< 0,02	< 0,01	< 0,03

MO = Movimiento del opérculo.

NE = Nado extraño.

² No se detectaron los límites de confianza.

TABLA IV. Resumen de la evaluación de riesgos ambientales (ERA) en dos especies de peces expuestos al cartap.

TABLE IV. Summary of environmental risk assessment (ERA) on two fishes exposed to cartap.

Especie	Efecto	Toxicidad (3h)	Exposición	RQ	LOC	Riesgo
<i>Poecilia reticulata</i>	CL ₅₀ mg L ⁻¹	6,75	0,33	0,04	0,5	No
<i>Poecilia reticulata</i>	CE ₅₀ (MO) mg L ⁻¹	7,55	0,33	0,04	0,5	No
<i>Poecilia reticulata</i>	CE ₅₀ (NE) mg L ⁻¹	8,16	0,33	0,04	0,5	No
<i>Paracheirodon innesi</i>	CL ₅₀ mg L ⁻¹	0,02	0,33	16,5	0,5	Si
<i>Paracheirodon innesi</i>	CE ₅₀ (MO) mg L ⁻¹	0,01	0,33	33	0,5	Si
<i>Paracheirodon innesi</i>	CE ₅₀ (NE) mg L ⁻¹	0,03	0,33	11	0,5	Si

MO = Movimiento del opérculo.

NE = Nado extraño.

Exposición = CEE = Concentración efectiva ambiental.

RQ = Cuociente de riesgo = Exposición / Toxicidad.

LOC = Nivel crítico.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Benjamín Rey (SERFI) por su apoyo con proporcionarnos el cartap (BALA®). Este trabajo fue presentado en el I Congreso Nacional Estudiantil en Ciencias Ambientales, 19 al 23 de Abril del 2004, Lima, Perú.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, S. M., M.S. GREELEY. 2000. Ecotoxicological indicators of water quality: using multi-response indicators to assess the health of aquatic ecosystems. *Water, Air and Soil Pollution* 123: 103-115.
- ASAKA, A., H. ONISHI, T. KAMI & Y. SATO. 1990. Safety to fish of root zone application of cartap soluble powder mixed with paste fertilizer. *Journal of Takeda Research Laboratory* 49: 31-41.
- BALON, E. K. 2004. About the oldest domesticates among fishes. *Journal of fish Biology* 65: 1s1-27s1.
- BERG, H. 2001. Pesticide use in rice and rice-fish farms in the Mekong Delta, Vietnam. *Crop Protection* 20: 897-905.
- BROSNAN, S. F., R.L. EARLEY & L.A. DUGATKIN. 2003. Observational learning and predator inspection in guppies (*Poecilia reticulata*). *Ethology* 109: 823-833.
- CALOW, P. 1993. *Handbook of ecotoxicology*. Blackwell Science Ltd. Vol. I. 478 pp.
- CROFT, D. P., B. ALBANESE, B.J. ARROWSMITH, M. BOTHAM, M. WEBSTER & J. KRAUSE. 2003. Sex-biased movement in the guppy (*Poecilia reticulata*). *Oecologia* 137: 62-68.
- FINIZIO, A., M. CALLIERA & M. VIGHI. 2001. Rating system for pesticide risk classification on different ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 49: 262-274.
- GONZALEZ, R. J., C.M. WOOD, R.W. WILSON, M.L. PATRICK, H.L. BERGMAN, A. NARAHARA & A.L. VAL. 1998. Effect of water pH and calcium concentration on ion balance in fish of the Rio Negro, Amazon. *Physiology Zoology* 71: 15-22.
- GRETHER, G. F., S. KASAHARA, G.R. KOLLURU & E.L. COOPER. 2003. Sex-specific effects of carotenoid intake on the immunological response to allografts in guppies (*Poecilia reticulata*). *Proceedings of the Royal Society of London B*. 271: 45-49.
- HAYASHI, H., M. SUGIMOTO, N. OSHIMA & R. FUJII. 1993. Circadian motile activity of erythrocytes in the red abdominal skin of tetra fishes and its possible significance in chromatic adaptation. *Pigment Cell Research* 6: 29-36.
- IANNACONE, J. & L. ALVARIÑO. 1998. Ecotoxicidad aguda del zinc sobre el "guppy" *Poecilia reticulata*. *Wiñay Yachay* 2(3): 67-74.
- IANNACONE, J., L. ALVARIÑO, A.R. GUTIERREZ. 1999. Cinco ensayos ecotoxicológicos para evaluar metales pesados en el agua dulce. *Boletín de la Sociedad Química del Perú* 65: 30-45.
- IANNACONE, J. & L. ALVARIÑO. 2002. Evaluación del riesgo ambiental del insecticida cartap en bioensayos con tres invertebrados. *Agricultura Técnica (Chile)* 62: 366-374.
- IANNACONE, J., ALVARIÑO, L. 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. 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., LAMAS, G. 2003b. Efectos toxicológicos del nim, rotenona y cartap sobre tres microavispa parasitoides de plagas agrícolas en el Perú. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas* 29: 123-142.
- KIM, I. S., K.B. LEE, J.H. SHIM & Y.T. SUH. 1993. Synergistic effects of pesticides on detoxifying enzyme activity of cartap (*Cyprinus carpio* L.). *Journal of Korean Agriculture and Chemical Society* 36: 64-69.
- MOHAN, M. & G.T. GUJAR. 2003. Local variation in susceptibility of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) to insecticides and role of detoxification enzymes. *Crop Protection* 22: 495-504.
- PALANIVELU, V. & N.P. BALASUBRAMANIAN. 1997. Food consumption of *Oreochromis mossambicus* exposed to sublethal concentration of cartap hydrochloride. *Geobios (Jodhpur)* 24: 51-54.
- PANNEVIS, M.C. & K.E. EARLE. 1994. Nutrition of ornamental fish: water soluble vitamin leaching and growth of *Paracheirodon innesi*. *Journal of Nutrition* 124: 2633S-2635S.
- PARKER, R. D. & P.D. RIEDER. 1995. GENECC (The Generic Expected Environmental Concentration Program). Users Manual. 19 p. Environmental fate and effects Division Office of Pesticide Programs. U.S. Environmental Protection Agency, USA.
- PICANÇO, M., G.L.D. LEITE, R.N.C. GUEDES & E.A. SILVA. 1998. Yield loss in trellised tomato affected by insecticidal sprays and plant spacing. *Crop Protection* 17: 447-452.
- SCHMAHL, G., S. RUIDER, H. MEHLHORN, H. SCHMIDT & G. RITTER. 1992. Treatment of fish parasites. 9. Effects of a medicated food containing malachite green on *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet 1876

- (Hymenostomatida, Ciliophora) in ornamental fish. Parasitology Research 78: 183-192.
- SELVI, M., R. SARIKAYA & F. ERKOC. 2004. Acute behavioral changes in the guppy (*Poecilia reticulata*) exposed to temephos. G.U. Journal of Science 17: 15-19.
- TAO, S., A. LONG, B. PAN, F. XU & R. DAWSON. 2002. Uptake of copper complexed to EDTA, diaminoethane, oxalid acid, or tartaric acid by Neon Tetras (*Paracheiroduon innesi*). Ecotoxicology and Environmental Safety 53: 317-322.

Recibido: 04.12.06
Aceptado: 03.07.07