

TOXICIDAD AGUDA DEL SULFATO DE COBRE EN POSTLARVAS DE CAMARÓN *CRYPHIOPS CAEMENTARIUS*

ACUTE TOXICITY OF COPPER SULFATE ON POSTLARVAE OF FRESHWATER PRAWN *CRYPHIOPS CAEMENTARIUS*

Mendoza-Rodríguez, R.

Facultad de Ciencias. Universidad Nacional del Santa. Urb. Bellamar. Nuevo Chimbote, Ancash. Perú.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Sobrevivencia. Actividad natatoria.

ADDITIONAL KEYWORDS

Survival. Swimming activity.

RESUMEN

Se evaluó la toxicidad del sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) en postlarvas de camarón *Cryphiops caementarius* mediante pruebas de toxicidad aguda, con el objetivo de determinar las concentraciones letales (LC_{10} , LC_{50}), concentración efectiva (EC_{50}). Se propusieron concentraciones de 0,6; 1,0; 1,9; 3,1; 4,0; 7,8 y 12,5 mg/l y el control libre de sustancia tóxica en agua dulce. Se utilizaron 240 postlarvas con tres réplicas de 10 postlarvas por tratamiento. Los resultados de la prueba de toxicidad aguda reflejaron que este estadio es muy sensible al sulfato de cobre encontrando valores de LC_{10} , LC_{50} y EC_{50} para 24 h: 1,41; 3,875 y 3,97 mg/l, para 48 h: 0,828; 3,399 y 3,37 mg/l, para 72 h: 0,212; 2,55 y 2,96 mg/l y para 96 h: 0,174; 2,054 y 2,28 mg/l $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. La sobrevivencia y la actividad natatoria fueron afectadas por el sulfato de cobre, disminuyendo a medida que aumenta la concentración, encontrándose que las concentraciones peligrosas y nocivas fueron 7,8 y 12,5 mg/l (90 y 100% de mortalidad antes de 24 h respectivamente); las concentraciones de 0,6 y 1,0 mg/l fueron tolerables alcanzando 100% de sobrevivencia para 48 h.

SUMMARY

This paper evaluated toxicity of copper sulfate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) on postlarvae freshwater prawn *Cryphiops caementarius* through acute toxicity tests, to determine lethal concentrations (LC_{10} , LC_{50}) and effective concentration (EC_{50}). Concentrations equivalent to 0.6, 1.0, 1.9, 3.1, 4.0, 7.8 and 12.5 mg/l, and the control free of toxic

substance were utilized in freshwater. A total of 240 postlarvae were utilized, three replicates of 10 postlarvae each. The results of acute toxicity test reflected that this stage is very sensitive to copper sulfate finding values of LC_{10} , LC_{50} and EC_{50} for 24 h: 1.41, 3.875 and 3.97 mg/l, for 48 h: 0.828, 3.399 and 3.37 mg/l, for 72 h: 0.212, 2.55 and 2.96 mg/l and for 96 h: 0.174, 2.054 and 2.28 mg/l $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. The survival and swimming activity were affected for copper sulfate; diminish with the increase of the concentrations. Concentrations of 7.8 and 12.5 mg/l were dangerously pollutant (90 and 100% mortality for 24 h respectively), concentrations of 0.6 and 1.0 mg/l were tolerable (100% survival for 48 h).

INTRODUCCIÓN

El camarón *Cryphiops caementarius* es una especie nativa de los ríos de la cuenca del pacífico sur, abarcando su distribución desde Perú hasta Chile, siendo una especie de gran importancia comercial y excelente para la acuicultura. Actualmente se están desarrollando diversos estudios en ambos países en producción de larvas, postlarvas y juveniles para desarrollar la camaronicultura de esta especie (Lip, 1976; Wehrmann y Báez, 1997; Cavero y Mogollón, 2000; Campoverde *et al.*, 2004; Villanueva *et al.*, 2003; Loayza *et al.*, 2004).

En algunas localidades representa una

Recibido: 8-5-06. Aceptado: 17-9-08.

Arch. Zootec. 58 (221): 103-110. 2009.

de las pesquerías rentables alcanzando varias toneladas anuales en extracción. Sin embargo, es un recurso altamente vulnerable por la fuerte presión en su extracción y la contaminación acuática, lo cual ha llevado a su casi extinción (Yépez y Bandín, 1996).

La camaronicultura es una actividad relevante y de gran importancia económica, por lo que en las granjas comerciales se utiliza el sulfato de cobre como alguicida para el control de cianobacterias que disminuyen el contenido de oxígeno disuelto en el agua y producen mal sabor y olor en la carne y otras que producen compuestos tóxicos. Es recomendado también para el tratamiento de ctenóforos y protozoarios parásitos que producen la declinación de la producción de las granjas camaroneras y langostineras vertiéndose aproximadamente 2 kg/ha de sulfato de cobre (Cheng y Wang, 2001; Townsend, 2002; Osunde *et al.*, 2004).

El problema que acarrea esta práctica, es la toxicidad del ión cobre en los organismos de cultivo, por la alta solubilidad que presenta el sulfato de cobre en el agua (g 100/ml); que al ser aplicado en dosis subletales, los iones de cobre interrumpen la osmorregulación de las branquias y causan daños mecánicos y fisiológicos en los organismos (Massaut, 1999).

El tratamiento químico con sulfato de cobre en estanques de camaronicultura se viene dando con más frecuencia en el cultivo del camarón dulce-acuícola *Macrobrachium rosenbergii* (Osunde *et al.*, 2004) y langostino marino *Litopenaeus vannamei*, aplicándose antes de la siembra de los organismos (Cornejo, 2002).

Esta práctica no es selectiva, dosis subletales acarrear diversos problemas en los organismos de cultivo, como incremento en la tasa respiratoria, disminución de hemocitos, deficiencia en la fagocitosis (Yeh *et al.*, 2004), problemas de comportamiento (Burba, 1999), inhibición de la metamorfosis, inhibición de la muda, malformaciones (Scelzo,

1997), disminución en el crecimiento (Mendez y Green, 2005), disminución en la ingesta de alimento (Boock y Neto, 2000) bioacumulación, inhibición de sistemas enzimáticos relacionados a la formación de amonio y mortalidad (Bat *et al.*, 1999; Boock y Neto, 2000; Ramírez *et al.*, 2002), dependiendo todas estas de la concentración, especie, estadio y fisiología.

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la toxicidad del sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) en postlarvas del camarón de agua dulce *C. caementarius* por ser un estadio sensible, mediante pruebas de toxicidad aguda.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron pruebas de toxicidad aguda tipo estático de 96 h de duración, en acuarios de vidrio de 2 l de capacidad. Se utilizaron 7 tratamientos y un grupo *control* libre de sustancia tóxica con 3 réplicas respectivamente. Se requirieron 240 postlarvas; en cada acuario se colocaron grupos homogéneos de 10 ejemplares de $35 \pm 0,5$ mg de peso promedio y $11,1 \pm 0,2$ mm de longitud total promedio. Mediante pruebas preliminares (APHA, 1991; Castillo, 2004), se propusieron 7 concentraciones de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$): 0,6; 1,0; 1,9; 3,1; 4,0; 7,8 y 12,5 mg/l.

Los acuarios se mantuvieron con aireación constante y las postlarvas recibieron un suministro de alimento balanceado de tipo *camaronina*, *ad libitum* para evitar la muerte de los organismos por canibalismo. Se retiraron las postlarvas muertas, alimento no consumido y se registraron parámetros iniciales y finales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto (mg/l), salinidad (‰), dureza (mg/l CaCO_3) y pH.

La sobrevivencia se evaluó obteniendo el porcentaje del total de organismos vivos por cada tratamiento al final de las 96 h. Las concentraciones letales (LC_{10} y LC_{50}) fueron obtenidas de los ejemplares muertos en término de número. Se determinaron utilizando el método Probit con límites de confianza al

TOXICIDAD DEL SULFATO DE COBRE EN POSTLARVAS *CRYPHIOPS CAEMENTARIUS*

95% y verificado usando Chi-cuadrado. De igual manera, la concentraciones efectivas medias (EC_{50}) se determinaron con el método Sperman-Karber con límites de confianza al 95% y ajuste Sperman-Karber, utilizando los softwares: EPA Probit Analysis Program v. 1,5 y Sperman-Karber method v.1,5 respectivamente.

Para valorar el desempeño de la actividad natatoria en postlarvas se utilizó como referencia:

Hiperactividad natatoria postlarval (HNPL):

(4) reacción de escape, síntomas de estrés, adhesión a los vidrios fuera del agua.

Actividad natatoria postlarval normal (ANNPL):

(3) búsqueda de alimento, lucha territorial, desplazamiento en toda la columna de agua, reacción rápida a estímulos mecánicos brindados.

Hipoactividad natatoria postlarval (hNPL):

(2) falta de desplazamiento, falta de lucha, reacción a estímulos mecánicos brindados.

(1) sin reacción, síntomas de aletargamiento.

Muerte (M):

(0) falta de signos vitales, organismo muerto.

RESULTADOS

CONDICIONES DEL AGUA

El agua se mantuvo entre $20,2 \pm 0,44^\circ\text{C}$; $5,82 \pm 0,18$ mg/l de oxígeno disuelto y salinidad de 1,0 ‰; dureza de $40,9 \pm 0,3$ mg/l CaCO_3 , el pH se mantuvo en 7,0 en el grupo *control* y las concentraciones de 0,6; 1,0; 1,9; 3,1; 4,0 mg/l se mantuvieron en 6,5 y provocando el incremento de la acidez del agua registrándose pH 6,0 a concentraciones de 7,8 y 12,5 mg/l $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

SOBREVIVENCIA Y ACTIVIDAD NATATORIA

Las postlarvas de *C. caementarius* fueron muy sensibles al sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), encontrando una relación inversa entre concentración y sobrevivencia influyendo directamente en la actividad natatoria (**tabla I, figura 1**).

El grupo *control* (0 mg/l) mantuvo el 100% de sobrevivencia con signos normales de búsqueda de alimento, lucha territorial, desplazamiento en toda la columna de agua, reacción rápida a estímulos mecánicos brindados (ANNPL-3).

La concentración de 0,6 mg/l reportó mayor sobrevivencia de postlarvas con 83,3% en relación a las demás, mientras que la sobrevivencia a concentraciones de 1,0 y 1,9 mg/l fueron iguales a 63,3% respectivamente. Estas concentraciones provocaron después de las 24 h transcurridas, escasez

Tabla I. Sobrevivencia de postlarvas de camarón *Cryphiops caementarius* empleados en pruebas de toxicidad aguda de 96 h de duración a concentraciones de 0,6; 1,0; 1,9; 3,1; 4,0; 7,8 y 12,5 mg/l de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). (Survival of postlarvae freshwater prawn *Cryphiops caementarius* used in tests of acute toxicity of 96 h of duration to concentrations of 0.6, 1.0, 1.9, 3.1, 4.0, 7.8 and 12.5 mg/l copper sulfate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)).

| Tiempo (h) | Concentraciones (mg/l) | | | | | | | |
|------------|------------------------|------|------|------|------|------|-----|------|
| | 0 | 0,6 | 1,0 | 1,9 | 3,1 | 4,0 | 7,8 | 12,5 |
| 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 24 | 100 | 100 | 100 | 100 | 63,3 | 43,3 | 10 | 0 |
| 48 | 100 | 100 | 100 | 80 | 60 | 43,3 | 10 | 0 |
| 72 | 100 | 83,3 | 80 | 80 | 60 | 40 | 6,7 | 0 |
| 96 | 100 | 83,3 | 63,3 | 63,3 | 50 | 36,7 | 0 | 0 |

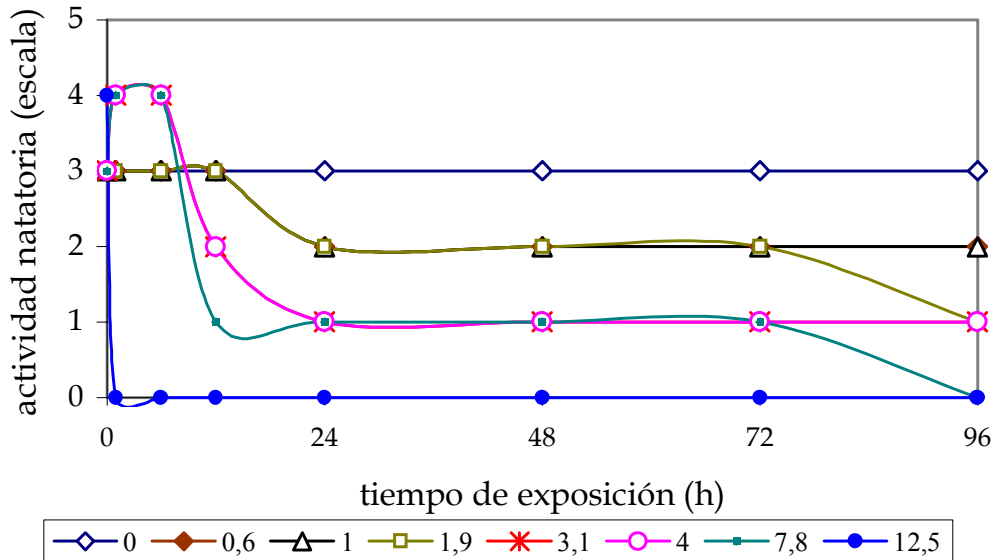


Figura 1. Desempeño de la actividad natatoria en postlarvas del camarón *Cryphiops caementarius* expuestas a diferentes concentraciones de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). (Swimming activity development in postlarvae freshwater prawn *Cryphiops caementarius* exposed to different concentrations from copper sulfate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)).

en movimientos natatorios pero se mantenían alertas a los estímulos mecánicos que se les aplicaban (hNPL-2) y al final de las 96 h; falta de actividad natatoria con claros síntomas de aletargamiento (hNPL-1).

Las concentraciones de 3,1 y 4,0 mg/l tuvieron 50 y 36,7% de sobrevivencia y mostraron desde las primeras horas de exposición movimientos natatorios desesperados colocándose por algunos minutos sobre los vidrios de los acuarios por encima del nivel de agua (HNPL-4) hasta llegar a la falta de actividad natatoria al final de las 96 h (hNPL-1).

A concentración elevada de 7,8 mg/l la sobrevivencia disminuyó precipitadamente a las primeras horas de exposición llegando a sobrevivir solo el 10% al final de las 24 h mostrando desde las primeras horas de exposición movimientos natatorios desesperados colocándose por algunos minutos sobre los vidrios de los acuarios por encima del nivel de agua (HNPL-4); conforme iba

transcurriendo las horas se comenzó a evidenciar los primeros síntomas de aletargamiento, falta de respuesta a estímulos mecánicos brindados y falta de apetito al final de las 72 h de 6,7% de sobrevivencia (hNPL-1) y la muerte de los organismos (M-0) al final de las 96 h.

La concentración 12,5 mg/l fue altamente nociva para los organismos; mostrando signos de desesperación a los primeros minutos de exposición a la sustancia tóxica (HNPL-4) provocando la muerte a las primeras horas (M-0).

CONCENTRACIONES LETALES Y EFECTIVAS

Los valores obtenidos de LC_{10} , LC_{50} y EC_{50} (tablas II, III y figura 2) tuvieron relación inversa al tiempo de exposición al sulfato de cobre. El LC_{10} -24 h fue de 1,41, LC_{50} -24 h de 3,875 y EC_{50} -24 h de 3,97 mg/l respectivamente mostrándose el aumento de la mortalidad de postlarvas en concentraciones altas, se obtuvieron valores de

TOXICIDAD DEL SULFATO DE COBRE EN POSTLARVAS *CRYPHIOPS CAEMENTARIUS*

Tabla II. Valores de concentraciones letales (LC_1 y LC_{50}) para postlarvas de camarón *Cryphiops caementarius* y sus límites de confianza del 95% (entre paréntesis) a diferentes concentraciones de sulfato de cobre ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$). (Lethal concentrations values (LC_1 and LC_{50}) for postlarvae freshwater prawn *Cryphiops caementarius* and limit of confidence of 95% (between parenthesis) to different concentrations from copper sulfate ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$).

| Concentración Letal | Tiempo (h) | | | |
|---------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 24 | 48 | 72 | 96 |
| LC_1^* | 1,41 (0,96 - 1,78) | 0,828 (0,516 - 1,119) | 0,212 (0,012 - 0,546) | 0,174 (0,009 - 0,465) |
| LC_{50}^* | 3,875 (3,437 - 4,10) | 3,399 (2,931 - 3,946) | 2,55 (1,47 - 4,223) | 2,054 (1,114 - 3,33) |

*Chi-cuadrado (0,05)= 11,070.

LC_1 -48 h de 0,828, LC_{50} -48 h de 3,399 y EC_{50} -48 h de 3,37 mg/l donde no fueron elevadas las mortalidades de postlarvas, el LC_1 -72 h fue de 0,212, LC_{50} -72 h de 2,55 y EC_{50} -72 h de 2,96 mg/l donde se comenzaron a dar las primeras mortalidades de las concentraciones bajas de 0,6 y 1,0 mg/l de sulfato de cobre y LC_1 -96 h de 0,174, LC_{50} -96 h de 2,054 y EC_{50} -96 h de 2,28 mg/l de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. La declinación de los valores de LC_1 , LC_{50} y EC_{50} manifiestan un aumento de toxicidad en función del tiempo de exposición.

DISCUSIÓN

Cornejo (2002) encontró en postlarvas del langostino *L. vannamei* de 40 mg de peso a pH 6,7; 26°C y salinidad de 35‰ un LC_{50} -96 h de 1,741 mg/l $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, mientras que a pH 8,0 y valores iguales de salinidad y temperatura, el LC_{50} -96 h fue de 3,45 mg/l $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. La concentración de cobre fue elevada luego de la aplicación del sulfato de cobre y disminuyó rápidamente debido a la reacción con carbonatos y materia orgánica. Mientras que Ramírez *et al.* (2002) encontraron en postlarvas (PL5) de la misma especie un LC_{50} -96 h de 6,77 mg/l $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ a 27°C y salinidad de 37‰. Estos resultados manifiestan que el grado de toxicidad del cobre depende en gran medida de la dureza, alcalinidad y salinidad presentes en el agua; esta relación inversa se debe a la formación de complejos menos tóxicos con el cobre (Tong *et al.*, 1999). En el caso de PL3 de *Metapenaeus ensis* alcanzaron un LC_{50} -48 h de 4,76 mg/l de cobre (Cu^{2+}) (18,77 mg/l $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) (Scelzo, 1997) Ello podría deberse a que se trata de especies diferentes, a que fueron expuestas a

nidad y temperatura, el LC_{50} -96 h fue de 3,45 mg/l $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. La concentración de cobre fue elevada luego de la aplicación del sulfato de cobre y disminuyó rápidamente debido a la reacción con carbonatos y materia orgánica. Mientras que Ramírez *et al.* (2002) encontraron en postlarvas (PL5) de la misma especie un LC_{50} -96 h de 6,77 mg/l $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ a 27°C y salinidad de 37‰. Estos resultados manifiestan que el grado de toxicidad del cobre depende en gran medida de la dureza, alcalinidad y salinidad presentes en el agua; esta relación inversa se debe a la formación de complejos menos tóxicos con el cobre (Tong *et al.*, 1999). En el caso de PL3 de *Metapenaeus ensis* alcanzaron un LC_{50} -48 h de 4,76 mg/l de cobre (Cu^{2+}) (18,77 mg/l $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) (Scelzo, 1997) Ello podría deberse a que se trata de especies diferentes, a que fueron expuestas a

Tabla III. Valores de concentración efectiva media (EC_{50}) para postlarvas de camarón *Cryphiops caementarius* y sus límites de confianza del 95 % (entre paréntesis) expuestos a diferentes concentraciones de sulfato de cobre ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$). (Effective concentration average values (EC_{50}) for postlarvae freshwater prawn *Cryphiops caementarius* and limit of confidence of 95% (between parenthesis) exposed different concentrations from copper sulfate ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$).

| Concentración Efectiva | Tiempo (h) | | | |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 24 | 48 | 72 | 96 |
| EC_{50} | 3,97* (3,51 - 4,49)* | 3,37* (2,89 - 3,93)* | 2,96** (2,29 - 3,81)** | 2,28** (1,75 - 2,96)** |

*ajuste Sperman-Karber: 0,00%; **ajuste Sperman-Karber: 16,67%.

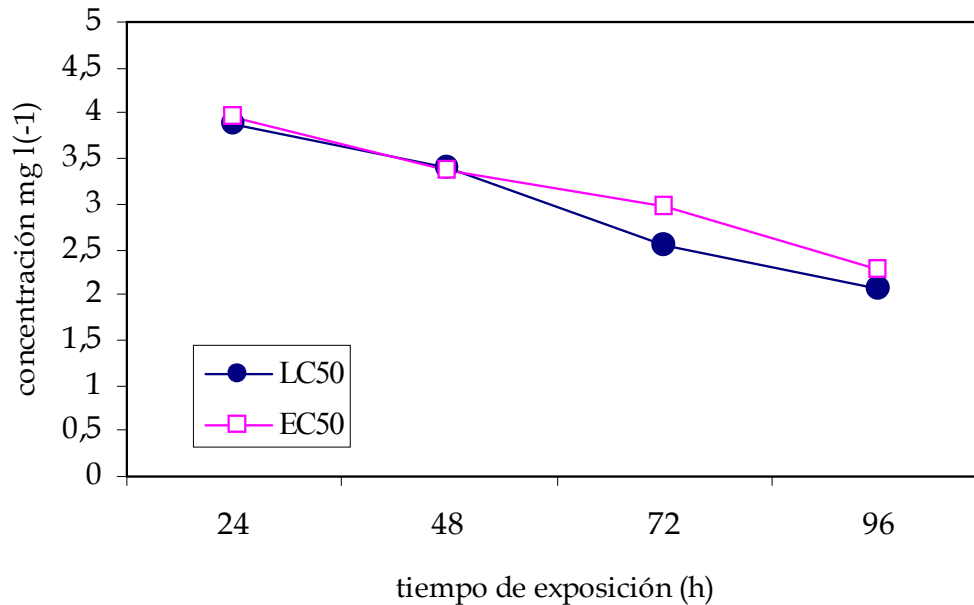


Figura 2. Valores de LC_{50} y EC_{50} para postlarvas de camarón *Cryphiops caementarius* expuestos a sulfato de cobre ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$). (Values of LC_{50} and EC_{50} for postlarvae freshwater prawn *Cryphiops caementarius* exposed concentrations from copper sulfate ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$).

concentraciones ambientales distintas, por ejemplo la temperatura, salinidad, dureza, alcalinidad, etc.

Exposiciones subletales de cobre en el pez *Lepomis macrochirus* a concentraciones de 0,04; 0,08; 0,4; 4,0 y 16 mg/l Cu^{2+} , durante 6 a 8 días provocaron disminución de la actividad locomotora dependiente de la concentración y el tiempo de exposición (Ellgaard y Guillot, 1988). Burba (1999) encontró que la exposición aguda de cobre en el crustáceo *Astacus astacus*, afectaba negativamente a la orientación, reacción e investigación-búsqueda, mientras que la reacción contacto-pelea aumentaba drásticamente volviéndose más agresivos. Según la OMRI (2001) estos problemas de actividad locomotora, comportamiento y mortalidad está relacionado con la desnaturalización de las proteínas celulares de los organismos que ocasiona el sulfato de cobre.

Diversos estudios han llegado a la conclusión que los crustáceos acumulan mayor

cantidad de metales a bajas salinidades y altas temperaturas, que en aguas saladas o aguas templadas ya que el proceso de muda incrementa la ingestión de calcio y con ello puede incrementarse la tasa de ingestión de metales pesados. Las respuestas fisiológicas que ocurren en crustáceos expuestos agudamente al cobre entre el rango de 0,1 a 10 mg de cobre son: permeabilidad aparente del agua, actividad cardíaca, actividad enzimática, concentración de hemocianina, consumo de oxígeno, presión parcial arterial de oxígeno, tasa ventilación/perfusión, mientras que una exposición crónica a dosis menores de 0,1 mg/l de cobre produce ultraestructuración de branquias y estrés proteico (Lara, 2003).

Además, Méndez y Green (2005) evidenciaron una disminución en la producción de heces en concentraciones de 0,6; 1,0 y 1,9 mg/l y falta de excreción en concentraciones mayores de 3,1; 4,0 y 7,8 mg/l Cu^{2+} . En el poliqueto *Capitella* sp. se encontró la

TOXICIDAD DEL SULFATO DE COBRE EN POSTLARVAS *CRYPHIOPS CAEMENTARIUS*

misma relación, mientras que en copépodos el cobre no modifica la tasa de excreción pero disminuye la alimentación (Giarratano *et al.*, 2003). También la exposición al sulfato de cobre puede causar depresión de la respuesta inmunológica. Cheng y Wang (2001) trabajando con *M. rosenbergii* a concentraciones mínimas de sulfato de cobre (0,1 mg/l) expuestos a la bacteria *Lactococcus garvieae* (2×10^5 ufc/camarón) al cabo de 96 h de exposición se obtuvo un 100% de sobrevivencia, mientras que a 0; 0,2; 0,3 y 0,4 mg/l las mortalidades fueron de 3,3; 10; 23,3 y 40% de sobrevivencia respectivamente a la misma densidad bacteriana.

CONCLUSIONES

Las postlarvas del camarón *C. caementarius*

fueron muy sensibles al sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), encontrando una relación inversa entre concentración y sobrevivencia e influyendo directamente en la actividad natatoria.

Las pruebas de toxicidad aguda demostraron que la concentración de 12,5 mg/l de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ fue altamente nociva para los organismos, produciendo durante los primeros minutos de exposición hiperactividad natatoria y la mortalidad de todos los individuos sometidos a las primeras horas de exposición.

Los valores de $\text{LC}_{1-96\text{h}}$ de 0,174, $\text{LC}_{50-96\text{h}}$ de 2,054 y $\text{EC}_{50-96\text{h}}$ de 2,28 mg/l de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ encontrados para postlarvas del camarón *C. caementarius* a $20,2 \pm 0,44^\circ\text{C}$; pH $6,5 \pm 0,5$; dureza $40,9 \pm 0,3$ mg/l de CaCO_3 y salinidad de 1,0‰ del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA. 1991. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17th ed. Washington, D.C. p. 81-143.
- Bat, L., A. Gündoğdu, M. Sezgin, M. Çulha and G. Cönlügür. 1999. Acute toxicity of zinc, copper and lead to three species of marine organisms from the Sinop Peninsula, Black Sea. *Tr. J. of Biology*, 23: 537-544.
- Boock, M. e M. Neto. 2000. Estudos toxicológicos do oxiclreto de cobre para tilápia vermelha (*Oreochromis* sp.) *Arq. Inst. Biol.*, 67: 215-221.
- Burba, A. 1999. The effect of copper on behavioural reactions of noble crayfish *Astacus astacus* L. *Act. Zoo. Lit. Hydrobiologia*, 9: 30-36.
- Campoverde, L., W. Reyes, H. Luján y L. Moreno. 2004. Efecto térmico en la vitalidad de larvas recién eclosionadas de *Cryphiops caementarius* Molina, 1872 (Crustacea, Decapada, Palaemonidae), en condiciones de laboratorio. Informe Investigación. Universidad Nacional del Santa, Perú. 10 p.
- Castillo, G. 2004. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. IDRC/IMTA. 202 p.
- Cavero, J. y V. Mogollón. 2000. Evolución de la fertilidad del camarón *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) madurado bajo condiciones controladas. *Rev. Wiñay yachay*, 4: 7-16.
- Cheng, W. and C. Wang. 2001. The susceptibility of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* to *Lactococcus garvieae* and its resistance under copper sulfate stress. *Dis. Aquat. Org.*, 47: 137-144.
- Cornejo, G. 2002. Concentraciones letales de compuestos químicos en camarones juveniles de *Litopenaeus vannamei*. *Bol. Inf. Qui. Cenain Informa*, 50: 1.
- Ellgaard, E. and J. Guillot. 1988. Kinetic analysis of the swimming behaviour of bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus* Rafinesque, exposed to copper: hypoactivity induced by sublethal concentrations. *J. Fish Biol.*, 33: 601.
- Giarratano, E., O. Amin, J. Esteves y M. Noemi. 2003. Toxicidad de metales pesados en el isópodo *Exosphaeroma gigas*, en el Canal Beagle, Tierra del Fuego. Argentina. Informe Técnico. Universidad Nacional de la Patagonia. San Juan Bosco, Argentina. 7 p.
- Lara, M. 2003. Origen, cantidad y destino de metales pesados en langostino del río Marabasco, México. Tesis Maestría. Universidad de Colima, México. 79 p.

MENDOZA-RODRÍGUEZ

- Lip, G. 1976. Primera madurez sexual del camarón de río *Cryphiops caementarius* Molina, 1782 (Natantia, Palaemonidae) en el río Moche. Trujillo. Tesis Grado Bachiller en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Perú. p. 5-30.
- Loayza, R., W. Reyes y L. Moreno. 2004. Fototaxia y fotocinesis en larvas recién eclosionadas de *Cryphiops caementarius* Molina, 1872 (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) a diferentes intensidades de luz artificial, en laboratorio. Informe de Investigación. Universidad Nacional del Santa. Perú. 18 p.
- Massaut, L. 1999. Manejo de sabores/olores no deseados (off-flavor) en cultivo de camarón en el Ecuador. *El Mundo Acuicola*, 5: 24-26.
- Méndez, N. and C. Green. 2005. Preliminary observations of cadmium and copper effects on juvenile of polychaete *Capitella* sp. y (Annelida: Polichaeta) from estero del Yugo, Mazatlán, México. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 78: 701-710.
- OMRI. 2001. Copper sulfate, as alguicide and invertebrate pest control. NOSBETAP. p. 1-17.
- Osunde, I., S. Coyle, J. Tidwell and N. Russell. 2004. Acute toxicity of copper sulfate to juvenile freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *J. Appl. Aquat.*, 14: 71-74.
- Ramírez, R., S. Duran, J. Salazar, M. D'suze y T. Cabrera 2002. Incidencia del sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) en la sobrevivencia de postlarvas de *Litopenaeus vannamei*. VI Congreso Venezolano de Acuicultura: 22-25.
- Scelzo, M. 1997. Toxicidad del cobre en larvas nauplii del camarón comercial *Artemesia longinaris* Bate (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). *Invest. Mar. Valparaíso*, 25: 177-185.
- Tong, S., S. Yap, I. Ishak and S. Devi. 1999. Asean marine water quality criterial for copper. ASEAN-Canada CPMS-II. p. 40-41.
- Townsend, S. 2002. Aislamiento, identificación y cultivo de cianobacterias con potencial toxicidad sobre postlarvas de *Litopenaeus vannamei*. *Bol. Inf. Censim Informa*, 58: 1-2.
- Villanueva, O., W. Reyes y A. Castro. 2003. Características bioquímicas de las proteasas de *Cryphiops caementarius* Molina 1872 (Crustacea, Palaemonidae). Informe de Investigación. Universidad Nacional del Santa. Perú. 10 p.
- Wehrmann, I. and P. Báez. 1997. Larvae and early development stages of decapod crustaceans from Chile: published descriptions. *Invest. Mar. Valparaiso*, 25: 263-276.
- Yeh, S., C.H. Lui and J. Chen. 2004. Effect of copper sulfate on the immune response susceptibility to alginolyticus in the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fish Shellfish Immun.*, 17: 437-446.
- Yépez, V. y R. Bandín. 1996. Estimación poblacional del camarón *Cryphiops caementarius* Molina 1972 (Natantia, Palaemonidae) en los ríos Ocoña, Majes-Camaná y Tambo, junio 1996. Informe. Instituto del Mar del Perú. 43 p.