

BIOASIMILACIÓN DE OLIGOELEMENTOS EN EL CAMARÓN DE RÍO, *Macrobrachium amazonicum* (CRUSTACEA, PALAEMONIDAE)

Yolimar Carvajal¹, Wuili Orozco¹, Jorge Amaya¹, Saida Matute²,
Lué Merú Marcó² y Germán Poleo³

RESUMEN

El camarón de río, *Macrobrachium amazonicum*, presenta características que lo señalan como un organismo con potencial para el cultivo. El objetivo de este estudio fue evaluar su composición bromatológica y bioasimilación de los elementos Fe, Cu, Zn y Se. Para analizar la capacidad de bioasimilación se distribuyeron 300 individuos juveniles en 15 acuarios de 20 L para evaluar cinco tratamientos con tres repeticiones cada uno en un diseño de bloques al azar. Un grupo control fue alimentado con concentrado comercial. Para los tratamientos experimentales se mezcló el alimento concentrado con cada elemento por separado, en concentraciones dos veces mayor a las establecidas para especies similares. Luego de 20 días los camarones se sacrificaron separando el tejido muscular del exoesqueleto para su posterior análisis. El grupo control presentó 58,1 % de proteínas, 11,0 % de grasas, 8,6 % de carbohidratos y 0,15 % de fósforo. Se detectaron diferencias significativas en el tejido muscular de los camarones que recibieron alimento suplementado con cobre, con respecto al control (170 vs. 130 mg·kg⁻¹, respectivamente) y con cinc (80 vs. 70 mg·kg⁻¹, respectivamente). Estas diferencias fueron mayores cuando se evaluaron las concentraciones en el exoesqueleto (200 vs. 140 mg·kg⁻¹ para cobre y 100 vs. 90 mg·kg⁻¹ para cinc). Los resultados sugieren que este camarón representa una fuente rica en oligoelementos cuando se compara con otros alimentos de la dieta humana y presenta una cierta capacidad para la bioacumulación de cobre y cinc, especialmente en el exoesqueleto.

Palabras clave adicionales: Composición bromatológica, carbohidratos, fósforo, grasas, proteínas, tejido muscular, exoesqueleto

ABSTRACT

Bioaccumulation of oligoelements in the river prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae)

The river prawn, *Macrobrachium amazonicum*, presents characteristics that make it potentially desirable for culture. The objective of this study was to evaluate its proximal analysis and bioaccumulation of the elements Fe, Cu, Zn and Se. In order to analyze its bioaccumulation capability, 300 juvenile individuals were distributed into 15 20-L aquaria and five treatments with three repetitions were evaluated in a completely randomized block design. A control group of prawns was feed with commercial fish food. Prawns in the experimental treatments were feed with fish food mixed separately with each one of the elements (Fe, Cu, Zn, Se). The concentration level being twice the nutritional requirements for similar species. After 20 days prawns were sacrificed to split the exoskeleton from the muscular tissue for later analysis. The control group showed a content of 58.1 % protein, 11.0 % fats, 8.6 % carbohydrate, and 0.15 % phosphorus. Significant differences were found within the muscular tissue when compared the control group vs. prawns fed with food with copper (130 vs. 170 mg·kg⁻¹) and zinc (70 vs. 80 mg·kg⁻¹). The differences were higher when element concentrations were evaluated in the exoskeleton (140 vs. 200 mg·kg⁻¹ for copper, and 90 vs. 100 mg·kg⁻¹ for zinc). This study showed that this prawn represents a rich source of oligoelements when compared with other foods for human consumption, and has some capability for bioaccumulation of copper and zinc, especially at the exoskeleton tissue.

Additional key words: Proximal analysis, protein, carbohydrate, phosphorus, fats, muscular tissue, exoskeleton

INTRODUCCIÓN

En Venezuela existe una diversidad de especies de organismos acuáticos que no son explotados

comercialmente y sin embargo presentan un potencial para ser utilizados como alimento de consumo humano (Moreno et al., 2000). Este es el caso del camarón de río, *Macrobrachium*

Recibido: Julio 22, 2008

Aceptado: Junio 24, 2009

¹ Dpto. de Ingeniería Química, Universidad Nacional Experimental Politécnica, Núcleo Barquisimeto. Venezuela.

² Dpto. de Química y Suelos, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto. Venezuela. e-mail: mparra@ucla.edu.ve

³ Estación de Piscicultura, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: gpoleo@ucla.edu.ve

amazonicum, el cual ha sido subestimado por su pequeño tamaño y su efecto negativo sobre los cultivos de peces. Por esto, poco se conoce de él y sólo algunos estudios pilotos a nivel de producción se han realizado en el país (Romero, 1982). En otros países de la región como Brasil y Perú, este camarón es explotado comercialmente (Ayarza et al., 2006; Moraes-Valenti y Valenti, 2007) y se ha comenzado con una producción piloto en el Noreste Brasileiro (Da Silva et al., 2004; Furuya et al., 2006; Moraes-Valenti y Valenti, 2007). El camarón de río presenta características que lo señalan como un organismo con potencial para el cultivo, como son: un ciclo reproductivo enteramente en agua dulce a diferencia de otros camarones (New, 2002; Sampaio et al., 2007), reproducción durante todo el año (Ayarza et al., 2006), y alto nivel nutricional con respecto a los ácidos grasos esenciales y al contenido proteico (Boscolo et al., 2004; Furuya et al., 2006). Con respecto a otros elementos nutricionales importantes, se ha observado en especies de camarones altos niveles de oligoelementos lo que los convierte en fuentes potenciales de estos elementos en la nutrición humana y animal (Tacon, 1989; FAO, 2002; Drava et al., 2004).

El enriquecimiento de alimentos con oligoelementos es uno de los mecanismos que se ha utilizado para atacar las deficiencias en la nutrición humana, y éste se puede realizar indirectamente mediante el suministro a los organismos vivos (plantas o animales) a través del alimento (bioasimilación). El presente trabajo tuvo como objetivos realizar un análisis bromatológico parcial y nutricional de los elementos hierro, cobre, cinc y selenio en el camarón de río, y evaluar la capacidad de bioacumulación de estos oligoelementos al suministrarlos con el alimento.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Estación de Piscicultura del Decanato de Agronomía de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, ubicada en el sector Guaremal, Yaritagua, estado Yaracuy, a 500 msnm. La población fue de 300 camarones de la especie *Macrobrachium amazonicum*, que fueron seleccionados en etapa juvenil con una talla por encima de 40 mm.

Se acondicionaron 15 acuarios de 20 litros conteniendo 20 individuos cada uno, distribuidos al azar, en un sistema con los siguientes cinco tratamientos (tres réplicas): T1, control, alimentado con alimento comercial para peces (Puripargo, Purina, Venezuela) con 28 % de proteína cruda, 3 % de grasa y 5 % de fibra; T2; igual al T1 enriquecido con hierro; T3; T1 enriquecido con cobre; T4: T1 enriquecido con cinc, y T5: T1 enriquecido con selenio. Antes de comenzar la alimentación con los suplementos, todos los camarones se mantuvieron con concentrado comercial durante una semana para adaptarlos a su nuevo hábitat. Los camarones se alimentaron por un período de 20 días contados una semana después de su proceso de adaptación en el medio artificial. La ración fue suministrada diariamente a saciedad en una sola porción en horas de la mañana, y la dosis correspondió a concentraciones dos veces mayores a los requerimientos nutricionales establecidos para especies similares.

Las dosis seleccionadas de Fe, Cu, Zn y Se se prepararon con base a los requerimientos diarios recomendados para cría de camarones (Tacon, 1989) y se partió de soluciones madre de monoelementales con una concentración de 1000 mg·L⁻¹. Se tomaron porciones de 200 g de alimento y se homogeneizaron por separado con volúmenes de la solución patrón de 28 mL para Fe, 3,6 mL para Cu, 36 mL para Zn y 0,076 mL para Se. Las muestras fueron amasadas para la elaboración de los piensos enriquecidos y luego secadas en estufa a 50 °C por 24 horas.

El análisis del Fe, Cu y Zn se realizó por espectroscopia de absorción atómica en un espectrómetro Perkin Elmer 3110, mientras que para el selenio se utilizó un acople de generación de hidruros. Los análisis para el exoesqueleto y la masa muscular del camarón se realizaron por separado e inicialmente se obtuvieron los pesos secos de cada uno de estos dos componentes corporales. Las muestras fueron secadas en estufa a 68 °C por 48 horas, finamente divididas con un mortero y almacenadas hasta la digestión. Para el caso de Fe, Cu y Zn la digestión se realizó utilizando HNO₃ a temperatura de 80 °C y peróxido de hidrógeno. Para el selenio se empleó HCl, borohidruro de sodio (NaBH₄) y NaOH.

Para la composición bromatológica, a una muestra representativa de harina de camarones

con exoesqueleto se le determinaron los parámetros de humedad, proteínas, cenizas, grasas, carbohidratos y fósforo, de acuerdo al manual AOAC (Cunniff, 1998). Se realizaron pruebas de t usando el programa SPSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aunque se observó una tasa de mortalidad entre 10 y 30 % en los diferentes grupos, las diferencias con respecto al control no fueron significativas, lo que indica que la incorporación de los oligoelementos en el alimento no tuvo efecto sobre la sobrevivencia o desarrollo de los animales durante los 20 días de la prueba. La mortalidad observada pudo deberse al comportamiento territorial que tiene esta especie de camarones (Moraes-Valenti y Valenti, 2007) y a la vulnerabilidad que presentan durante la etapa de muda, la cual hace al organismo susceptible al ataque de otros individuos.

El análisis bromatológico parcial del camarón mostró un alto nivel nutricional y de los oligoelementos hierro, cobre y cinc (Cuadros 1 y 2), lo cual concuerda con lo reportado por otros autores (Boscolo et al., 2004; Furuya et al., 2006). El tratamiento control presentó niveles de Fe, Cu y Zn en los rangos requeridos en la nutrición humana y mayores que los presentes en otros alimentos de la dieta humana (INN, 2001; FAO, 2002; González et al., 2007). Esto también es observado en otras especies de crustáceos (White y Rainbow 1987; Boada et al., 2007). Esta característica aunada a su ciclo reproductivo enteramente en agua dulce hacen de este camarón un organismo con buen potencial para el cultivo con fines de alimentación humana o para la fabricación de alimentos concentrados para animales (Boscolo et al., 2004). Este camarón de río puede constituir una fuente nutricional accesible en muchos lugares de la geografía venezolana donde se podría fomentar su explotación.

Cuando se compararon los niveles de hierro entre los distintos tratamientos no se encontraron diferencias significativas entre los grupos control y experimental, para ambos componentes corporales (exoesqueleto y tejido muscular (Cuadro 2). Tampoco se encontraron diferencias significativas entre los niveles en el exoesqueleto

con respecto a los niveles en tejido muscular, lo cual indica que el exceso de hierro en el medio del grupo experimental no fue incorporado a la quitina de la concha. Esto podría deberse a que su disponibilidad y absorción generalmente es abatida por la presencia elevada de cobre y cinc en la dieta suministrada y a los iones calcio presentes en el agua de las peceras (Tacon, 1989).

La concentración de cobre fue significativamente mayor en el grupo experimental, tanto en el exoesqueleto como en el tejido muscular (Cuadro 2). No se encontraron diferencias significativas entre los niveles del exoesqueleto y tejido muscular, tanto del grupo control como del experimental. El camarón es rico en proteínas, y dada la afinidad que presenta el elemento cobre para unirse y formar complejos con las mismas, en forma de metalotioneína, es posible que se dé en forma efectiva la bioasimilación del elemento. Adicionalmente, puede inferirse un efecto relacionado con los requerimientos fisiológicos de hemocianina (proteína ligada al cobre presente en la sangre de los crustáceos), los cuales aumentan a medida que crece el individuo, lo que explicaría las diferencias existentes entre la bioasimilación de cobre respecto a los restantes elementos (White y Rainbow, 1987).

Cuadro 1. Composición bromatológica de la harina de camarón de río, *Macrobrachium amazonicum* (promedio \pm SD; n=5).

Componente (%)	Harina de camarón
Humedad	5,38 \pm 0,04
Proteína	58,1 \pm 0,3
Ceniza	16,9 \pm 0,3
Grasas	11,0 \pm 0,1
Carbohidratos	8,6 \pm 0,5
Fósforo	0,151 \pm 0,004

Se observaron diferencias significativas en cuanto a los niveles de cinc entre los grupos control y experimental, tanto para el exoesqueleto como para el tejido muscular (Cuadro 2). También hubo diferencias significativas cuando se compararon ambos componentes corporales, siendo mayores los valores para el exoesqueleto. La diferencia de concentración entre el exoesqueleto y el tejido muscular podría explicarse en términos de que el primero

está compuesto por quitina, la cual es un biopolímero con capacidad de bioadsorción de diversos metales (Flores et al., 2001), por lo que puede resultar más efectiva la bioadsorción que la bioabsorción del cinc. La condición de contacto directo del organismo con el agua, en la cual el alimento es arrojado a la pecera antes de ser

ingerido por el camarón, puede también ser un factor que explique en cierta medida la diferencia en los niveles del metal en el exoesqueleto respecto al tejido muscular, sumado a que el exoesqueleto no tiene mecanismos de regulación del elemento, mientras que en el tejido muscular sí existen.

Cuadro 2. Comparación de las concentraciones ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) de oligoelementos en exoesqueleto y tejido muscular del camarón de río, *M. amazonicum*, alimentado con concentrado comercial (grupo control) o suplementado por separado con Fe, Cu, Zn y Se (grupo experimental)

Elemento	Componente corporal			
	Exoesqueleto		Tejido muscular	
	Control	Experimental	Control	Experimental
Fe	25,6 aA	25,7 aA	24,8 aA	24,8 aA
Cu	140 bA	200 aA	130 bA	170 aA
Zn	90 bA	100 aA	70 bB	80 aB
Se	0,17 aA	0,16 aA	0,085 aB	0,09 aA

Para cada caso, medias con letras iguales son estadísticamente iguales según la prueba de t. Letras minúsculas para las comparaciones entre grupos, y mayúsculas para comparaciones entre los componentes corporales del camarón

Cuando se analizaron los niveles de selenio no se encontraron diferencias significativas entre los grupos, pero sí al comparar el exoesqueleto y el tejido muscular del grupo control. En el grupo experimental no se observaron diferencias significativas. La no acumulación neta del selenio se atribuye a que los organismos son capaces de regular niveles altos de este elemento mediante la excreción; sin embargo, en presencia de altas dosis el elemento y periodos de tiempo mayores se ha observado que el elemento puede ser bioacumulado (Barwick y Maher, 2003).

Las diferencias encontradas en la eficiencia de bioasimilación de los oligoelementos estudiados por parte del camarón de agua dulce pueden deberse a factores ligados al balance de material dentro del camarón, tales como la velocidad de ingreso, tasa metabólica y velocidad de excreción (Kojadinovic et al., 2007).

En general, las concentraciones promedio de Fe y Zn en el cuerpo del animal se encuentran dentro del rango reportado para otras especies de camarón (White y Rainbow, 1987; Drava et al., 2004; Boada et al., 2007). En el caso del cobre tanto en camarón entero como en el cuerpo de los grupos control y experimental, la concentración fue en todos los casos significativamente mayor para el *M. amazonicum* en comparación con otras especies de camarón. También se observó que los

camarones expuestos a un exceso de Cu y Zn presentaron concentraciones significativamente superiores que los controles con porcentajes de acumulación promedio de 35 y 17%, respectivamente, al considerar el conjunto de los dos componentes corporales (Cuadro 2).

CONCLUSIONES

El camarón de río, *M. amazonicum*, posee niveles de proteínas, fósforo y lípidos, así como los oligoelementos hierro, cobre, cinc y selenio suficientes para los requerimientos de la nutrición tanto de animales como de humanos, superiores a otros alimentos de la dieta básica.

Las concentraciones de hierro y cinc se encuentran dentro del rango reportado para especies similares, mientras que los niveles de cobre son superiores a los señalados para las mismas especies.

En el lapso de 20 días la especie bioacumuló cinc y cobre tanto en el tejido muscular y como en el exoesqueleto, mientras que reguló los niveles de hierro. No hubo bioacumulación de selenio en ese período. La bioacumulación de cinc fue mayor en el exoesqueleto que en el tejido muscular del animal.

Las características nutricionales del camarón de río aunadas a las características ecológicas lo convierten en un organismo con alto potencial

para ser utilizado en la alimentación humana o animal en Venezuela.

AGRADECIMIENTO

A la Lic. Gosmyr Torres por los análisis estadísticos. Al Lic. Alexander Parra por su ayuda en los análisis bromatológicos. Este proyecto fue realizado bajo el financiamiento del CDCHT-UCLA (Fondo PPI).

LITERATURA CITADA

1. Ayarza J. A., R. D. del Aguila, C.R. García y F. Alcántara. 2006. Pesquería y biología reproductiva del camarón de río *Macrobrachium amazonicum*, en las cochas Macutari, Pungal y Grande. Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto. IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. CIVA. pp. 1-8.
2. Barwick, M. y W. Maher. 2003. Biotransference and biomagnification of selenium, copper, cadmium, zinc, arsenic and lead in a temperate sea grass ecosystem from Lake Macquarie Estuary, NSW, Australia. *Mar. Env. Res.* 56: 471-502
3. Boada, M., M.A. Moreno, H. Gil, J. Marcano y J. Maza. 2007. Metales pesados (Cu^{+2} , Cd^{+2} , Pb^{+2} , Zn^{+2}) en músculo y cefalotórax de camarones silvestres *Litopenaeus schmitti*, *Farfantepenaeus subtilis*, *F. notialis* y *F. brasiliensis* de la región oriental de Venezuela. *Rev. Cient.* 17: 186-192.
4. Boscolo, W.R., C. Hayashi, F. Meurer, F. Feiden y R.A. Bombardelli. 2004. Degestibilidade aparente da energia e proteina das farinhas de residuo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão Canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. *Rev. Bras. Zootec.* 33: 8-13.
5. Cunniff, P. 1998. Official Methods of Analysis of AOAC. Association of Official Analytical Chemist. Arlington, Virginia. pp. 35-60.
6. Da Silva, R.R., C.M.S. Sampaio y J. A. Santos. 2004. Fecundity and fertility of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae). *Braz. J. Biol.* 64(3): 489-500.
7. Drava, G., R. Capelli, V. Minganti, R. De Pellegrini, L. Orsi Relini y M. Ivaldi. 2004. Trace elements in the muscle of red shrimp *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) (Crustacea, Decapoda) from Ligurian sea (NW Mediterranean): Variations related to the reproductive cycle. *Sci. Total Env.* 321: 87-92.
8. FAO. 2002. Tabla de Composición de Alimentos de América Latina. Red latinoamericana de Composición de Alimentos. <http://www.inta.cl/latinfoods> (consulta del 28/07/2008).
9. Flores J., M. Ly, N. Tapia y H. Maldonado. 2001. Bioremediación de metales tóxicos en efluentes mineros aplicando biosorción. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica* 4(7): 46-51.
10. Furuya W.M., C. Hayashi, A.B. Martins da Silva, O.O. Santos Júnior, N.E. de Souza, M. Matsushita y J.V. Visentainer. 2006. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos do camarão-d'água-doce. *R. Bras. Zootec.* 35(4): 1577-1580
11. González, A., A. Márquez, W. Senior y G. Martínez. 2007. Constituyentes minerales del morocoto *Piaractus Brachypomus* en el Orinoco Medio de Venezuela. *Rev. Cient.* 17(4): 325-329.
12. INN. 2001. Tabla de composición de alimentos para uso práctico. Publicación 54. Serie Cuadernos Azules. Instituto Nacional de Nutrición. Caracas, Venezuela. 97 p.
13. Kojadinovic, J., M. Potier, M. Le Corre, R.P. Cosson y P. Bustamante. 2007. Bioaccumulation of trace elements in pelagic fish from the Western Indian Ocean. *Envir. Pollu.* 146(2): 548-566.

14. Moraes-Valenti, P.M.C y W.C. Valenti. 2007. Effect of intensification on grow out of the Amazon River prawn, *Macrobrachium amazonicum*. J. World Aquaculture Society 38(4): 516-526.
15. Moreno, C.A., C.A. Graziani y T.J. Orta. 2000. Reproducción natural y artificial del camarón de río *Macrobrachium carcinus* (L.). Interciencia 25(5): 249-253.
16. New, M. 2002. Farming freshwater prawns. A manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Fish Technical Paper 428. FAO. Roma. 207 p.
17. Romero, M. E. 1982. Preliminary observations on potential of culture of *Macrobrachium amazonicum* in Venezuela. In: M.B. New (ed.). Giant Prawn Farming. Elsevier, Amsterdam. pp. 411-416.
18. Sampaio, C.M., R.R. Silva, J.A. Santos y S.P. Sales. 2007. Reproductive cycle of *Macrobrachium amazonicum* females (Crustacea, Palaemonidae). Braz. J. Biol. 67(3): 551-559.
19. Tacon, A.G.J. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. Programa cooperativo gubernamental FAO-Italia. GCP/RLA/102/ITA Documento de campo N° 4. Brasilia.
20. White, S. L y P. S. Rainbow. 1987. Heavy metal concentrations and size effects in the mesopelagic decapod crustacean *Systellaspis debilis*. Mar. Ecol. Prog. 37: 147-151.