

constante, a una densidad de cinco organismos/m². La temperatura se mantuvo a 30 ± 1 °C que fue la que ambos estadios eligieron en un gradiente horizontal de temperatura (Díaz-Herrera 1989).

Las salinidades experimentales en las cuales se colocó durante 30 días a las poslarvas y los juveniles fueron 0, 2, 4, 6, 8, 12, 16 y 20 ‰ que se incrementaron gradualmente en 2 ‰ por día. Para preparar estos medios experimentales se utilizó agua de mar filtrada de 35 ‰ y las diluciones se hicieron con agua dulce previamente desclorada. Para cada condición experimental se realizaron tres repeticiones y el fotoperíodo se mantuvo en 12 h luz.

El intervalo de peso húmedo de las poslarvas fue de 0.068 g a 0.093 g y de los juveniles de 0.161 g a 0.353 g. Durante la fase experimental ambos estadios se alimentaron con la dieta balanceada comercial Chow Trucha Purina (Díaz-Herrera *et al.* 1992).

Las mediciones experimentales del consumo de oxígeno y excreción de amonio se hicieron con organismos en inanición previa (24 h).

La cuantificación individual del consumo de oxígeno (Oxímetro YSI 554 ARC) de las poslarvas y juveniles se hizo cada dos horas durante seis, simultáneamente en 20 cámaras respirométricas semiabiertas de 250 ml cada una. Durante una hora las cámaras permanecieron con un flujo continuo de agua que correspondió a la medición inicial de oxígeno. Las cámaras se cerraron durante el experimento solamente una hora para evitar que el oxígeno disminuyera más del 25 al 30% del contenido inicial y no constituyera un factor de estrés (Stern *et al.* 1984).

En forma simultánea se midió en ambos estadios del langostino el consumo de oxígeno y la producción de amonio mediante la técnica de azul de indofenol (Rodier 1981). Terminados los experimentos los organismos se sacrificaron y secaron a 60 °C en una estufa hasta peso seco constante y los resultados se expresaron como QO₂ en mg O₂.h⁻¹.g⁻¹ P.S. y QNH₄ en mg N-NH₄.h⁻¹.g⁻¹ P.S.

El consumo de oxígeno y la excreción de amonio de las poslarvas y de los juveniles del langostino aclimatados a diferentes salinidades se relacionaron con su peso seco corporal para calcular las ecuaciones con el método de regresión resistente (Mosteller y Tuckey 1977) los valores esperados que se obtuvieron se suaviza-

ron con la técnica 4253H Tuckey (1977) con el fin de absorber los casos extremos.

Los valores del consumo de oxígeno, excreción de amonio y relación atómica O:N, obtenidos en cada salinidad se ordenaron en forma creciente para identificar la mediana (M), y observar y describir el comportamiento de esos parámetros representados en diagramas de cajas en paralelo (Tuckey 1977).

Para comparar los efectos de la salinidad sobre el consumo de oxígeno, la excreción de amonio y la relación atómica O:N en ambos estadios se utilizó el análisis de varianza de una vía.

RESULTADOS

El consumo de oxígeno de las poslarvas (Fig. 1A) tuvo un incremento significativo ($p < 0.05$) entre 0 y 2 ‰, se mantuvo constante hasta 6 ‰, y en 8 ‰ descendió al mínimo, se incrementó en 16 ‰ y volvió a descender en 20 ‰. En los juveniles la tasa metabólica subió ($p < 0.05$) entre 0 y 4 ‰ se mantuvo constante hasta 6 ‰ y se incrementó ligeramente en 8 ‰ donde se obtuvo el máximo

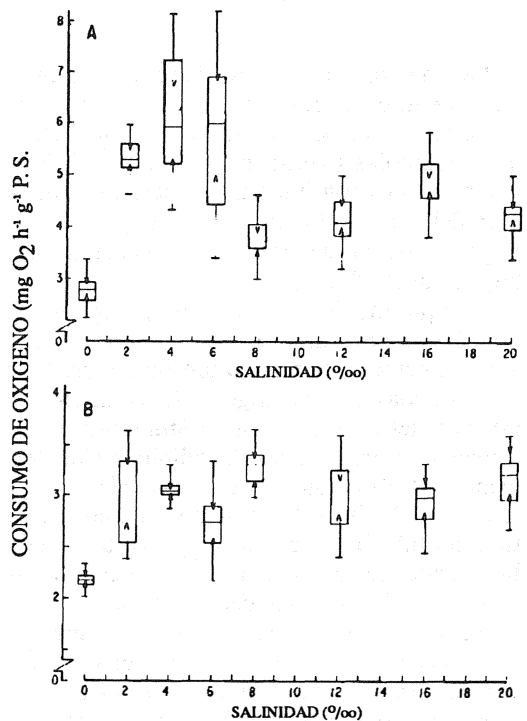


Fig. 1. Consumo de oxígeno de poslarvas (A) y de juveniles (B) del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* expuestos a diferentes salinidades. Mediana ± Intervalo de confianza.

consumo de oxígeno (3.30 ± 0.07), entre 12 y 20 ‰ se mantuvo constante (Fig. 1B).

La tasa de producción de amonio de las poslarvas se incrementó de manera significativa entre 0 y 4 ‰ ($p < 0.05$) descendió en 8 ‰ donde se registró el mínimo, en 12 ‰ aumentó y se mantuvo constante hasta 20 ‰ en 0.155 ± 0.009 mg N-NH₄.h⁻¹.g⁻¹ P.S. (Fig. 2A). En los juveniles la tasa de excreción de amonio tuvo un comportamiento similar al de las poslarvas; se incrementó ligeramente en 8 ‰, y alcanzó sus valores máximos entre 12 y 16 ‰ donde se mantuvo constante en 0.472 ± 0.046 mg N-NH₄.h⁻¹.g⁻¹ P.S. (Fig. 2B).

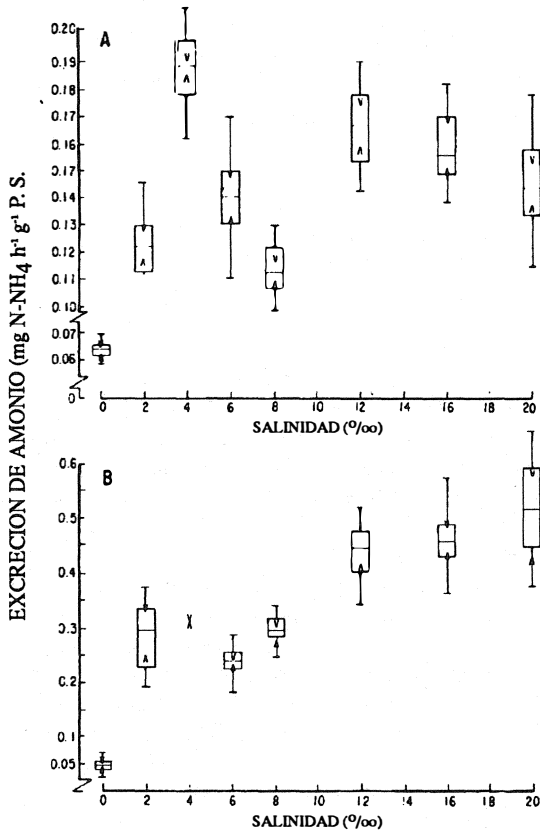


Fig. 2. Excreción de amonio de poslarvas (A) y de juveniles (B) de *M. rosenbergii* en diferentes salinidades. Mediana \pm Intervalo de confianza.

Los valores máximos (26.8 y 27.3) de la relación atómica O:N se detectaron en las poslarvas aclimatadas a medios diluidos, mientras que los mínimos (16.5 y 17.6) se obtuvieron en los organismos expuestos a salinidades altas (Fig. 3A). En los juveniles se encontró que ésta relación tuvo un valor máximo de 28.2 en 0 ‰, y en las

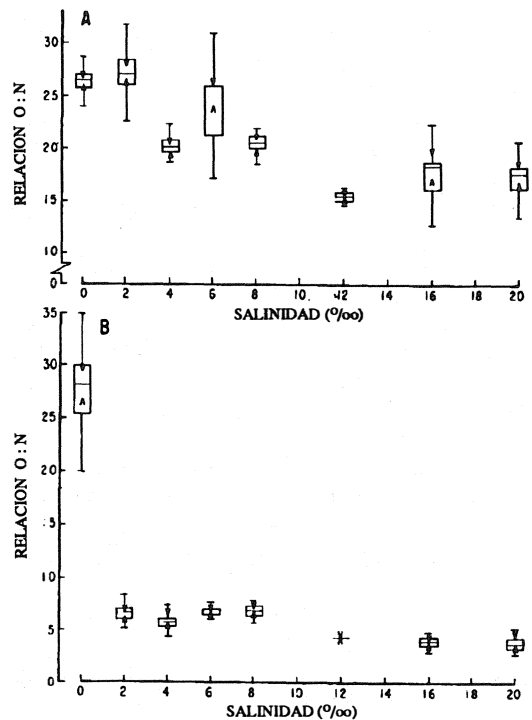


Fig. 3. Relación atómica O:N de poslarvas (A) y de juveniles (B) de *M. rosenbergii* aclimatados a diferentes salinidades. Mediana \pm Intervalo de confianza.

salinidades experimentales de 2 a 20 ‰ los valores de la relación descendieron significativamente ($p < 0.05$) hasta 5.0 (Fig. 3B).

DISCUSION

Las curvas de salinidad-tasa metabólica obtenidas para las poslarvas y juveniles del *M. rosenbergii* indican que hubo un incremento en la tasa metabólica en medios diluidos, que posiblemente se debió a que las poslarvas como los juveniles requirieron mas energía para mantener el acentuado gradiente osmótico entre el medio interno y el externo. En las salinidades altas, la tasa metabólica de ambos estadios se mantuvo constante porque se utilizó menos energía para hiperosmoconformarse (Díaz-Herrera 1989).

Estos resultados son opuestos a los obtenidos por Stephenson y Knigh (1980) y Nelson *et al.* (1977) para las poslarvas y los juveniles de *M. rosenbergii* porque las mediciones del consumo de oxígeno las realizaron después de un período de adaptación de 48 h a las diferentes

salinidades utilizadas. Por el contrario en este estudio los langostinos permanecieron 30 días en sus respectivos medios experimentales, y las discrepancias en los resultados pudieran reflejar diferencias en el tiempo de adaptación. Este factor está involucrado en las respuestas endocrinas o neurales, síntesis de proteínas, cambios en el comportamiento y la actividad enzimática, los cuales influyen para alcanzar un nuevo estado estable fisiológico (Prosser 1958, Somero y Hochachka 1975).

En relación a la excreción de amonio se han obtenido resultados similares a este estudio en *Orconectes rusticus* y *M. rosenbergii* donde la tasa de excreción de amonio se incrementó después de ser sometidos a cambios de salinidad (Sharma 1966, Stern *et al.* 1984). El aumento en la tasa de excreción de amonio observada en esta investigación se relacionó con lo propuesto por Kormanik y Cameron (1981) y Pressley *et al.* (1981), en el sentido de que un incremento en la actividad de la bomba de intercambio iónico $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$ en medios diluidos o concentrados puede contribuir al mantenimiento de niveles altos de Na^+ en la hemolinfa de los crustáceos. Díaz-Herrera (1989) comprobó que las poslarvas y los juveniles en las salinidades altas se mantuvieron hiper-osmoconformando y probablemente este mecanismo fue el que utilizaron los langostinos para captar sales y contrarrestar el estrés osmótico al que fueron sometidos.

La relación atómica O:N es un índice cualitativo de la utilización del tipo de sustrato metabólico, ya que proporciona una estimación del balance en el tejido entre la tasa de catabolismo de proteínas, lípidos y carbohidratos.

En *Crangon crangon* se observó que la relación O:N fue de 27, lo que indicó un catabolismo de lípidos-carbohidratos; después de someter a los organismos a un estrés continuo, esta relación descendió hasta un valor de 10 lo cual evidencia que solamente las proteínas fueron catabolizadas (Regnault 1981). Para *M. rosenbergii* sometido a diferentes medios salinos e iónicos Stern *et al.* (1984) señalaron que la relación O:N en los medios diluidos tuvo un valor de 22.6. En consecuencia, los organismos utilizaron lípidos-carbohidratos como sustrato energético; en las salinidades altas esta relación disminuyó a 12.2 lo que causó un incremento del catabolismo de las proteínas. En la presente investigación las poslarvas mantenidas en agua

dulce y medios diluidos de (2 a 8 ‰) la relación O:N fue similar porque reflejó un catabolismo de carbohidratos, en tanto que en los medios salinos (12 a 20 ‰) hubo un descenso y los organismos recurrieron a una mezcla de lípidos-carbohidratos. En los juveniles expuestos al agua dulce la relación O:N tuvo un valor de 28.4 lo que representó un catabolismo de carbohidratos, por el contrario en las salinidades de 2 a 20 ‰ esta relación disminuyó significativamente hasta un valor de 5, lo cual significó que los juveniles incrementaron de manera considerable el metabolismo de las proteínas. Se puede concluir entonces que la salinidad tuvo un mayor efecto osmótico sobre los juveniles que sobre las poslarvas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Eugenio Díaz-Iglesia del Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana, su revisión y valiosos comentarios al manuscrito.

RESUMEN

El consumo de oxígeno de las poslarvas y juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* en los medios diluidos se elevó debido a un mayor requerimiento de energía para mantener el acentuado gradiente osmótico; en las salinidades altas, la tasa metabólica se mantuvo constante porque los organismos utilizaron menos energía para hiper-osmoconformarse. Al aumentar la salinidad se incrementó la excreción de amonio a consecuencia de una mayor actividad de la bomba de intercambio iónico $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$ para balancear los niveles de Na^+ en la hemolinfa de los organismos. Los valores de la relación atómica O:N, calculada tanto para las poslarvas como para los juveniles, demostraron un cambio en la utilización del sustrato energético de acuerdo al estrés osmótico al que fueron sometidos: utilizaron carbohidratos-lípidos en los medios diluidos y proteínas en las salinidades altas.

REFERENCIAS

- Díaz-Herrera, F. 1989. Estudio ecofisiológico del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, D.F., 105 p.

- Díaz-Herrera, F., G. Juárez-Castro, E. Pérez-Cruz & L.F. Bückle Ramírez. 1992. Balance energético de poslarvas y juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* De Man (Crustacea: Palaemonidae). *Ciencias Marinas* 18:19-32.
- John, M.C. 1958. Bionomics and life-history of *Macrobrachium rosenbergii*. *Bull. Cent. Res. Ins.* 5:93-102.
- Kormanik, G.A. & J.N. Cameron. 1981. Ammonia excretion in the sea water blue crab *Callinectes sapidus* occurs by diffusion and not $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$ exchange. *J. Comp. Physiol.* 141:457-462.
- Ling, S.W. 1969. The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii*. *F.A.O. Fish. Rep.* 57:589-606.
- Mayzaud, P. & R.J. Conover. 1988. O:N atomic rate as a tool to describe zooplankton metabolism. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 45:289-302.
- McNamara, J.C., G.S. Moreira & P.S. Moreira. 1983. The effect of salinity on respiratory metabolism, survival and moulting in the first zoea of *Macrobrachium amazonicum*. *Hydrobiologia* 101:239-242.
- McNamara, J.C., G.S. Moreira & S.C.R. Souza. 1986. The effect of salinity on respiratory metabolism in selected ontogenetic stages of the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersii*. *Comp. Biochem. Physiol.* 83A:359-363.
- Mosteller, F. & J.W. Tuckey. 1977. *Data analysis and regression*. Addison-Wesley, Readings, Massachusetts. 588 p.
- Nelson, S.G., D.A. Armstrong, A.W. Knight & H.W. Li. 1977. The effect of temperature and salinity on the metabolic rate of juvenile *Macrobrachium rosenbergii*. *Comp. Biochem. Physiol.* 56A:533-537.
- Pressley, A.T., J.G. Graves & A.R. Krall. 1981. Amiloride sensitive ammonium and sodium ion transport in the blue crab. *Am. J. Physiol.* 241:370-378.
- Prosser, C.L. 1958. General summary: The nature of physiological adaptation, p. 167-180. *In* C.L. Prosser (ed.). *Physiological adaptation*. Amer. Physiol. Soc., Washington, D.C.
- Regnault, M. 1981. Respiration and ammonia excretion of the shrimp *Crangon crangon* metabolic response to prolonged starvation. *J. Comp. Physiol.* 141:549-555.
- Regnault, M. 1987. Nitrogen excretion in marine and fresh-water crustacea. *Biol. Rev.* 62:1-24.
- Rodier, J. 1981. *Analisis de las aguas*. Omega, Barcelona. 1059 p.
- Sharma, M.L. 1966. Studies on the changes in the pattern of nitrogenous excretion of *Orconectes rusticus* under osmotic stress. *Comp. Biochem. Physiol.* 19:681-690.
- Somero, N.G. & P.W. Hochachka. 1971. Biochemical adaptations to the environment. *Am. Zool.* 11:159-167.
- Stephenson, M.J. & A.W. Knight. 1980. The effects of temperature and salinity on oxygen consumption of postlarvae of *Macrobrachium rosenbergii*. *Comp. Biochem. Physiol.* 67A:699-703.
- Stern, S., A. Borut & D. Cohen. 1984. The effect of salinity and ionic composition on oxygen consumption and nitrogen excretion of *Macrobrachium rosenbergii*. *Comp. Biochem. Physiol.* 79A:271-274.
- Tuckey, J.W. 1977. *Exploratory data analysis*. Addison-Wesley, Readings, Massachusetts. 688 p.
- Vernberg, W.B. & F.J. Vernberg. 1972. *Environmental physiology of marine animals*. Springer-Verlag, Nueva York. 346 p.