Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente 34 (1 & 2): 33-40 (1995); 6 figs

SALINIDADES OPTIMAS EN LARVAS Y POSTLARVAS DE *Macrobrachium Carcinus* (L.) (DECAPODA: PALAEMONIDAE)

CÉSAR A. GRAZIANI, MARCOS DE DONATO
Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
&
KYUNG S. CHUNG
Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

RESUMEN: Se determinaron las salinidades óptimas durante el desarrollo larval y en el período de reaclimatación al agua dulce de las postlarvas del camarón de río *Macrobrachium carcinus* (L.), utilizando para ello un aparato de gradientes de salinidad sin barreras. Las preferencias de salinidad de las larvas fueron cambiando de 0-15 °/oo, en un período de 7 días. Las postlarvas mostraron un período de reaclimatación al agua dulce de 12 días después de la metamorfosis. El aparato utilizado para determinar las salinidades óptimas de larvas y poslarvas y sus cambios a lo largo del desarrollo ontogenético se ajustó bien a *M. carcinus* y seguramente puede ser aplicable a otros crustáceos.

ABSTRACT: Optimal salinities in the larval rearing of the freshwater prawn *Macrobrachium carcinus* and the postlarval reacclimation to the freshwater were determined with a device of gradient without barrier. Salinity preferences in larvae were changing from 0 to 15 °/oo in a 7 days period. Postlarvae also showed a reacclimation period to the freshwater of 12 days after metamorphosis. The device used seems to be suitable to determine the optimal salinities of larvae and postlarvae, as well as their changes throughout the ontogenetic development in *M. carcinus* and it seems to be usable for others crustaceans species.

INTRODUCCION

Las larvas de distintas especies de camarones de agua dulce, requieren diferentes niveles de salinidad para llevar a cabo su desarrollo (GRAZIANI, 1987a). Esto ha sido considerado por algunos investigadores como prueba de su origen marino y como indicador de la reciente adaptación del género *Macrobrachium* hacia los habitats dulceacuícolas (ORTMANN, 1902, citado por READ, 1984).

El creciente interés en el cultivo de camarones de río y la importancia que reviste el desarrollo larval para la producción masiva, han propiciado la realización de diferentes estudios para determinar los requerimientos de salinidad de larvas de diferentes especies pertenecientes al género *Macrobrachium*: *M. rosenbergii* (NELSON *et al.*, 1977; STEPHENSON & KNIGHT, 1980; GÓMEZ-DÍAZ, 1987) y *M. carcinus* (CHOUDHURY, 1971a; DUGAN *et al.*, 1975; MOREIRA *et al.*, 1988). Sin embargo, ésto se ha realizado determinando la supervivencia de las larvas en tanques con salinidades fijas, sin tomar en cuenta que sus patrones de requerimiento de salinidad van cambiando a lo largo de las distintas etapas larvales y postlarvales (READ, 1984; 1986; MCNAMARA *et al.*, 1986). Además, la diversidad de tanques experimentales utilizados introducen un factor de error para la determinación precisa de la salinidad óptima (COOPER & HEINEN, 1991).

Por otra parte, con la utilización de tanques verticales con gradientes salinos sin barreras, se plantean dudas sobre la confiabilidad de los resultados (ALDRICH, 1963), ya que las larvas y postlarvas de crustáceos tienen una gravedad específica mayor que la del agua de mar y por ello tienden a hundirse, por lo que para poder mantener su posición en un determinado gradiente de la columna de agua, necesitan nadar contínuamente. En el momento de realizar el contaje, pueden ser registradas en un gradiente que no corresponde con la salinidad realmente preferida.

En este estudio, se determinaron los requerimientos de salinidad en larvas y postlarvas de *M. carcinus*, mediante un aparato inclinado, donde una de sus paredes ofrece un sustrato de "descanso" que permite evidenciar la variación de dichos requerimientos en las distintas etapas de crecimiento.

MATERIALES Y METODOS

OBTENCIÓN DE LARVAS

Hembras y machos de *M. carcinus* capturados en ríos cercanos a Cumaná, Estado Sucre, Venezuela (10° 25' 00" N, 64° 05' 00" W) fueron aclimatados en acuarios durante quince días. Ocurrido el apareamiento y desove, 17 hembras ovígeras fueron separadas en acuarios rectangulares de 80 litros de capacidad con agua dulce, donde se llevó a cabo la incubación de los huevos (GRAZIANI *et al.*, 1993). Con el fin de mantener la composición genética poblacional, al ocurrir la eclosión (en un mismo día) de los huevos de 9 hembras, las larvas fueron colocadas en un tanque "almacén 1" con agua dulce a razón de 200 larvas/l. De aquí se tomarían la zoeas para realizar cada uno de los bioensayos de requerimientos de salinidad larval..

APARATO DE GRADIENTES

Para determinar las salinidades óptimas en larvas y postlarvas de *M. carcinus*, se utilizó el aparato de gradientes de salinidad sin barreras modificado de KEISER & ALDRICH (1973), el cual consta de dos tanques (experimental y control), dispuestos paralelamente y con 25° de inclinación (Fig. 1A). La pendiente de los tanques, permite a los organismos quedarse en cualquier gradiente utilizando la pared inferior como sustrato, minimizando así el error que pudiese generar la mayor gravedad específica de los organismos. Líneas paralelas al piso fueron marcadas en el exterior de ambos tanques, a intervalos de 15 cm, para indicar los límites entre gradientes (30 cm c/gradiente) y visualizar la posición de los organismos (Fig. 1B). Los bioensayos se realizaron en cuarto oscuro, la única iluminación fue la proporcionada por dos tubos fluorescente de luz

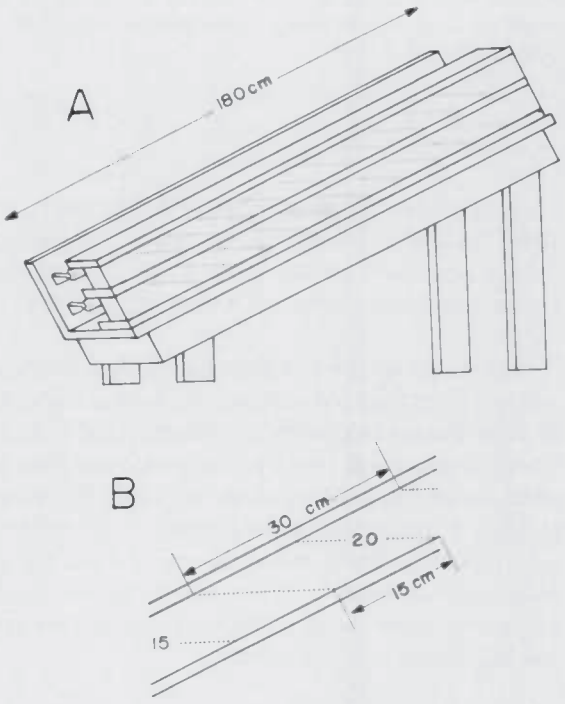


Fig. 1. A) Aparato de gradientes de salinidad sin barreras, modificado de KEISER & ALDRICH (1973). B) Detalle de uno de los tanques, donde se observa cómo fueron marcados externamente para visualizar los límites de los gradientes.

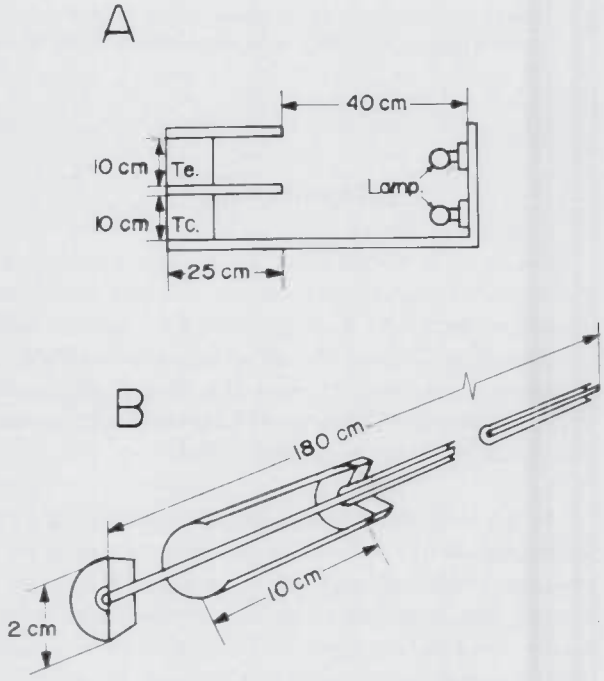


Fig. 2. A) Representación de una sección transversal donde se observan los tanques experimental y control (Te y Tc) y los tubos de luz fluorescentes (Lamp) en el respaldo posterior. B) Detalle del dispositivo-jeringa con el que fueron introducidos los organismos en los tanques.

blanca (96" de largo y 74 W c/u), colocados en la parte posterior del aparato (Fig. 2A), lo que facilitaba la ubicación de los organismos y evitaba su perturbación en los momentos de ser contabilizados.

PREPARACIÓN DE LOS GRADIENTES

En el tanque experimental se ensayaron salinidades de 25, 20, 15, 10, 5 y 0 °/oo, las que fueron previamente preparadas con agua de mar y dulce, pasadas a través de filtros de membrana tipo cartrige de 0,5 µm y aireadas durante 24 horas para asegurar la saturación de oxígeno. La solución de mayor salinidad fue colocada en el fondo del tanque, en tanto que las otras, se fueron colocando, por goteo, en orden decreciente de concentración. Una manguerita de 1,3 mm de d.i., de 2,5 m de largo (formada por secciones de 25 cm), había sido introducida previamente a lo largo del tanque. Ella serviría para confirmar las concentraciones en cada gradiente, al terminar de llenar los tanques y al finalizar los bioensayos, lo que se hizo con un refractómetro American Optical de 2 °/oo de precisión.

El Tanque control, fue llenado totalmente con solución de la misma salinidad en la que fueron introducidos los organismos en el tanque experimental. Este tanque fue utilizado para comprobar si la respuesta de los organismos (en el tanque experimental) era realmente por preferencia a determinada salinidad o estaba influenciada por la presión de la columna de agua. El llenado de ambos tanques requirió aproximadamente de unas 6-8 horas.

INTRODUCCIÓN DE LOS ORGANISMOS

Para introducir los organismos en los tanques, se utilizó un dispositivo-jeringa (Fig. 2B), en el cual se depositaron los organismos con agua de salinidad igual a la del gradiente a experimentar. Luego de cerrado, era introducido lentamente en el tanque experimental, para evitar mezclar las salinidades. Al llegar a la línea media del gradiente deseado, los organismos eran depositados por inyección, cerrado el dispositivo y retirado lentamente. En el tanque control, los organismos fueron depositados a la misma profundidad en que se depositaron en el tanque experimental. Se utilizaron 50 organismos/tanque, los cuales fueron desechados al terminar cada bioensayo.

DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE SALINIDAD

En cada bioensayo, la preferencia de salinidad se estableció al observar, en el tanque experimental, durante 24 horas, la movilización de los organismos de un gradiente a otro, contabilizándolos a intervalos de 10 minutos, por 1 hora, cada 6 horas (N acumulado = 1.200). En el tanque control se procedió de igual forma, registrándolas en el "supuesto gradiente" en que se observaron. Durante los bioensayos, la temperatura se mantuvo a 26 ± 1 °C y no se suministró alimento, para evitar que los organismos migraran en su búsqueda y se introdujera error en el método.

A) REQUERIMIENTOS DE SALINIDAD EN LARVAS

Durante el dasarrollo larval se realizaron 18 bioensayos interdiarios. Para el primer bioensayo, 50 zoeas de 24 horas de edad fueron tomadas del tanque "almacén 1" e introducidas en el tanque experimental, en el gradiente de 0 °/oo de salinidad, ya que su eclosión se llevó a cabo en agua dulce (GRAZIANI *et al.*, 1993). Igual número de zoeas fueron introducidas en el tanque control, con agua a 0 °/oo. Los siguientes 17 bioensayos se realizaron cada 48 horas y hasta que, en el tanque "almacén 1", aparecieron las primeras postlarvas.

Concluido cada bioensayo y habiéndose determinado la salinidad larval preferida, ésta fue ajustada en el tanque "almacén 1". Sería en el gradiente con esta misma salinidad, donde se colocarían las larvas en el tanque experimental para el siguiente bioensayo, así como la salinidad en el tanque control.

B) REQUERIMIENTOS DE SALINIDAD EN POSTLARVAS

Postlarvas recién metamorfoseadas, obtenidas del tanque "almacén 1", fueron trasvasadas a otro tanque "almacén 2" de 0,57 m^2 de superficie de fondo y 180 l de agua a 15 °/oo. De allí se tomaron las postlarvas para realizar 10 bioensayos interdiarios.

Para el primer bioensayo, 50 poslarvas de 24 horas después de ocurrida la metamorfosis fueron colocadas en cada tanque del aparato de gradientes. El gradiente donde se introdujeron las postlarvas en el tanque experimental, así como la salinidad en el tanque control, fue el de 15 °/oo, ya que ésta fue la salinidad preferida por las larvas justo antes de la metamorfosis. Los siguientes 9 bioensayos se realizaron cada 48 horas y hasta que las postlarvas prefirieron el agua dulce.

Concluido cada bioensayo y habiéndose establecido la salinidad postlarval preferida, ésta fue ajustada en el tanque "almacén 2". Sería en el gradiente con esta misma salinidad, donde se colocarían las postlarvas en el tanque experimental para el siguiente bioensayo, así como la salinidad colocada en el tanque control.

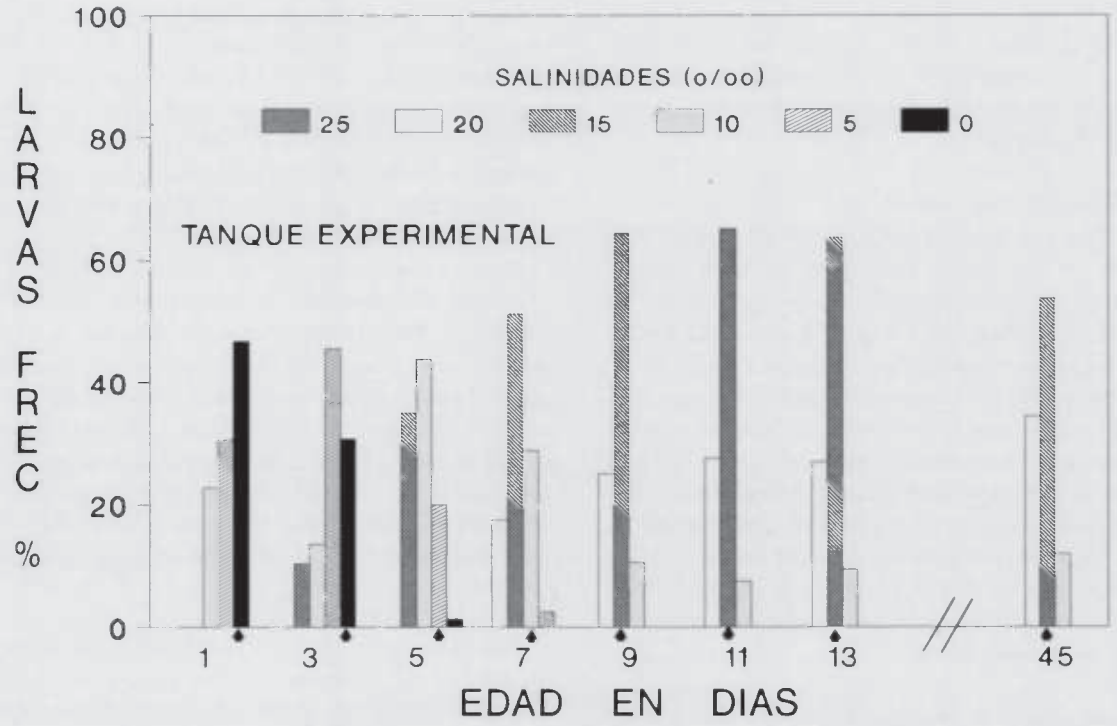


Fig. 3. Salinidad óptima, escogida por las larvas en cada bioensayo. Se indica con ⬆ el gradiente de salinidad donde fueron depositadas las larvas al inicio del bioensayo.

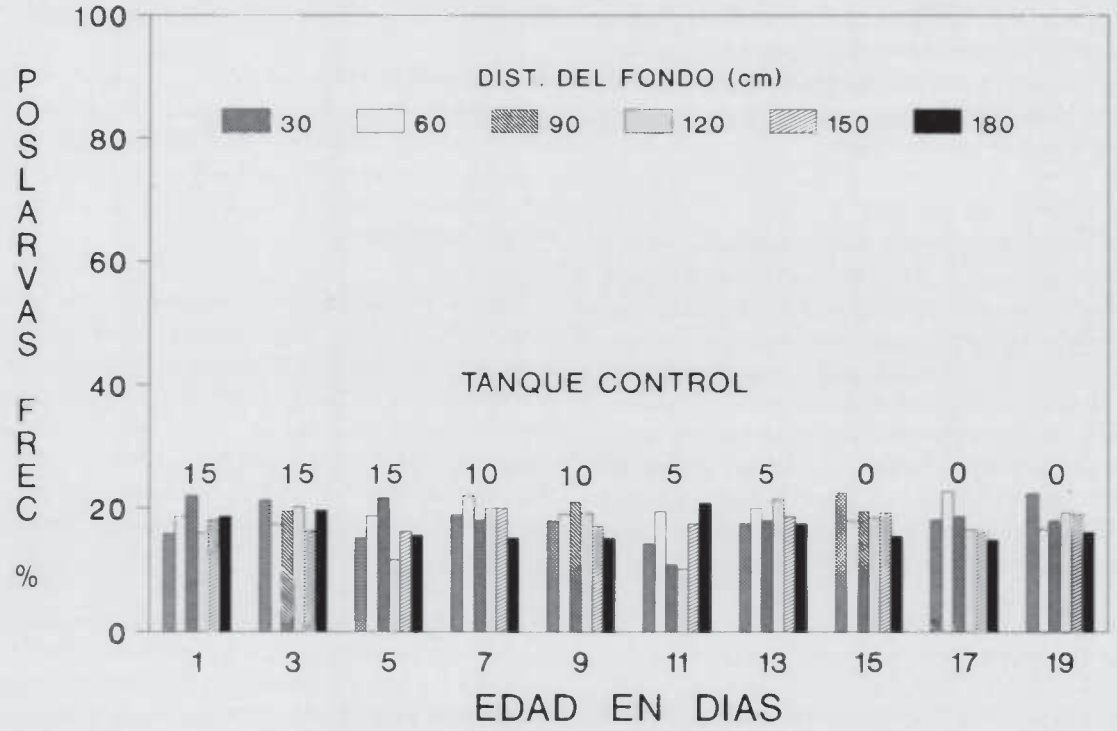


Fig. 4. Distribución de las larvas en cada bioensayo en el tanque control. Los valores en las barras indican la salinidad del tanque.

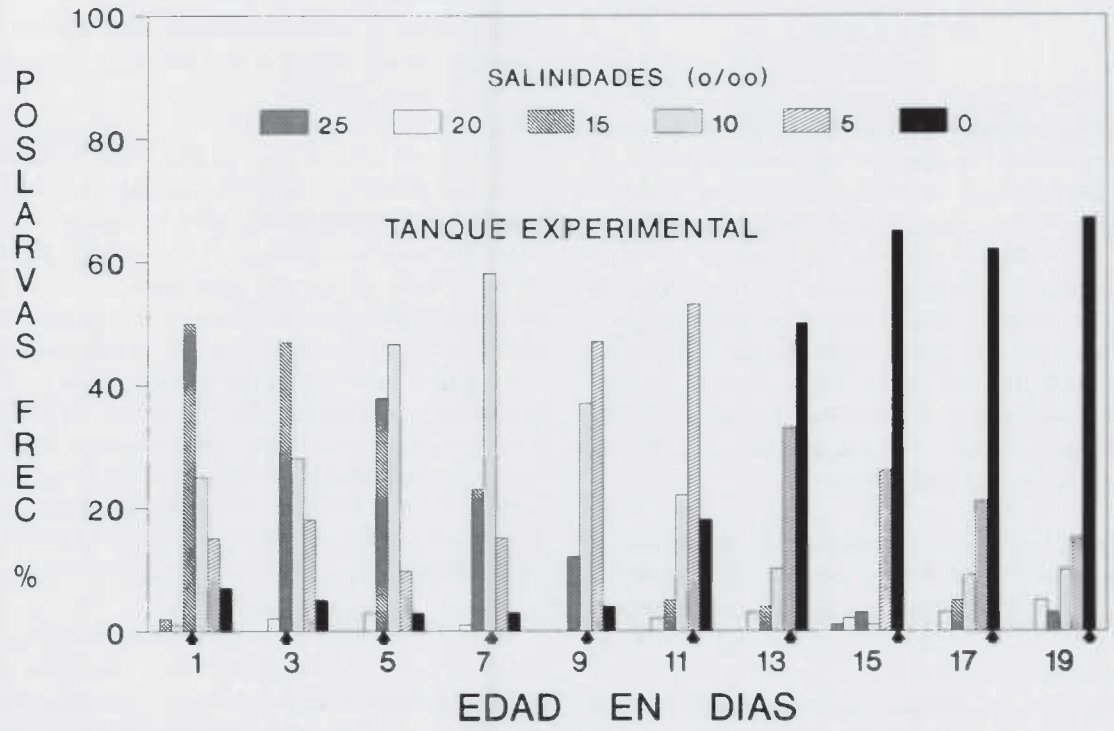


Fig. 5. Salinidad óptima, escogida por las postlarvas en cada bioensayo. Se indica con ⬆ el gradiente de salinidad donde fueron depositadas las

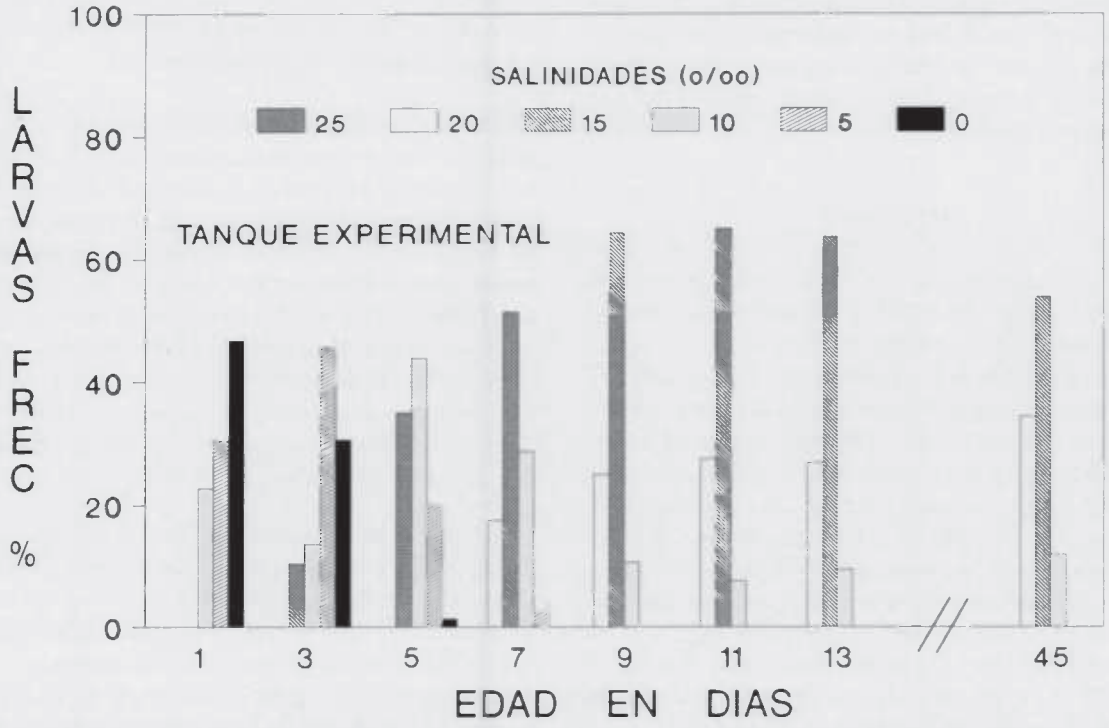


Fig. 6. Distribución de las postlarvas en cada bioensayo en el tanque control. Los valores sobre las barras indican la salinidad del tanque.

RESULTADOS

Los bioensayos para determinar los requerimientos de salinidad durante todo el período larval (Fig. 3), mostraron que las larvas de *M. carcinus* de un día de nacidas prefirieron el agua dulce. Para el tercer día, la mayoría de las larvas introducidas en el gradiente de 0 ‰, se desplazaron hacia el de 5 ‰. Para el quinto día de edad, las larvas se introdujeron en este último gradiente y se observó que se movilizaron hacia el gradiente de 10 ‰. Para el séptimo día, la mayor parte de las larvas, introducidas a 10 ‰, se trasladaron al gradiente de 15 ‰ y mantuvieron esta preferencia durante todo el resto del período larval. Por su parte, las larvas introducidas en el tanque control (Fig. 4) mostraron una distribución homogénea.

En cuanto a las postlarvas, inicialmente introducidas en el gradiente de 15 ‰ (Fig. 5), siguieron prefiriendo esa salinidad hasta el tercer día después de la metamorfosis. Para el quinto día, la mayoría de las postlarvas, introducidas en el gradiente anteriormente preferido, se movilizaron hacia el de 10 ‰ y continuaron prefiriéndolo para el séptimo día. El noveno día, la mayoría de las postlarvas, introducidas en el último gradiente preferido, se trasladaron hacia el de 5 ‰, manteniéndose en éste para el décimo primer día. Fue a partir del décimo tercer día, después de haber ocurrido la metamorfosis, que las postlarvas prefirieron el agua dulce. Por su parte, las postlarvas introducidas en el tanque control (Fig. 6) se distribuyeron homogéneamente.

DISCUSION

Los resultados obtenidos en este estudio, muestran que las preferencias de salinidad en las larvas de *M. carcinus* no son constantes, sino que cambian a lo largo de los diferentes estadíos ontogenéticos. Se observó un proceso gradual de 7 días, para su aclimatación desde el agua dulce al agua salobre (15 ‰), lo que concuerda con lo señalado para *M. petersi* (Read, 1985) en donde el estadío I, que migra del agua dulce al estuario posee un extraordinario poder osmorregulador. Sin embargo, el estadío II, que se encuentra sólo en el estuario, no puede osmorregular en agua dulce (Read, 1984). Comportamientos migratorios similares han sido señalados en *M. ohione* (Dugan & Frakes, 1972; Chung, 1977) y para *M. olfersii* y *M. heterochirus* (McNamara *et al.*, 1986). Los patrones migratorios de las larvas de *M. carcinus* (Graziani, 1987c) guardan estrecha relación con este comportamiento, ya que nacen frecuentemente en agua dulce y luego en pocos días llegan a los estuarios donde encontrarán las aguas salobres necesarias para completar su desarrollo hasta postlarvas.

Una menor tolerancia a altas salinidades, mostrada por larvas de distintas especies de *Macrobrachium* puede usarse para reflejar los grados diferenciales de adaptación al agua dulce. De acuerdo a ello, Read (1986) clasificó a las larvas en tres grupos. Los valores de salinidad óptima de *M. carcinus* obtenidos por diferentes autores (Choudhry, 1971a; Dobkin *et al.*, 1974) y en este estudio, indican que pertenecen al grupo intermedio, ya que están alrededor de 15 ‰, con punto isosmótico de 492 (Moreira *et al.*, 1981). Mientras que *M. rosenbergii* parece estar más adaptada al medio dulceacuícola por tener un ámbito salino más bajo (entre 10 y 15 ‰) (Hagood & Willis, 1976; New & Singholka, 1984; New, 1990) y un punto isosmótico menor (485) (Singh, 1980).

Las postlarvas de *M. carcinus* también mostraron en este estudio un proceso gradual de aclimatación, desde las 15 ‰ hasta el agua dulce, de 13 días después de la metamorfosis. Esto difiere de lo informado para *M. rosenbergii*, cuyas poslarvas después de ocurrida la metamorfosis pueden ser transferidas a agua dulce en pocas horas (New & Singholka, 1984), evidenciando su mayor adaptación al medio dulceacuícola.

Los cambios de requerimientos de salinidad de las larvas de *M. carcinus*, para aclimatarse desde agua dulce hasta 15 ‰, ocurrieron en la mitad del tiempo del tomado por las postlarvas para preferir el agua dulce. Esto podría guardar relación con las condiciones migratorias de sus larvas y postlarvas en el medio natural, ya que aunque *M. carcinus* es de hábitos dulceacuícolas, en la época reproductiva migra hacia la desembocadura de los ríos, donde las larvas al nacer, en poco tiempo encuentran las condiciones de salinidad necesarias para su desarrollo (Pereira & de Pereira, 1982; Graziani, 1987b), en tanto que las postlarvas requieren de más tiempo en su migración río arriba.

El aparato de gradientes sin barreras utilizado en este estudio, se ajustó bien para determinar los requerimientos de salinidad de larvas y postlarvas de *M. carcinus*. Sin embargo, presentó limitaciones para ser implementado con soluciones de concentración menores a las utilizadas en este estudio, ya que la escasa diferencia de densidad entre soluciones vecinas provocó que se mezclaran. Keiser & Aldrich (1973) alegan que la imposibilidad de proporcionar

aireación y alimentación, en los tanques del aparato de gradientes sin barreras, limita la duración de los experimentos a 2 ó 3 días; tampoco recomiendan la utilización de dicho aparato con escaso número de organismos y por cortos períodos. Sin embargo, indican que 50 organismos y 24 horas son suficientes para establecer la preferencia de salinidad en larvas y postlarvas de camarones.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro reconocimiento al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, por haber parcialmente financiado este trabajo (CI- 5-19-174/86-87). Agradecemos a William Lampe, José G. Ojeda y Antulio Prieto por la lectura crítica del manuscrito.

REFERENCIAS

Aldrich, D. V. 1963. Tolerances to environmental factors. pp 57-60. *In: Fishery Research Fiscal Year 1962*, Biological Laboratory, Galverston, Texas. U.S. Dept. Interior, Fish & Wild. Serv., Cir. 161.

Cooper, R. K. & J. M. Heinen. 1991. A starvation test to determine optimal salinities for larval freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii*. *Comp. Biochem. Physiol.* 100A (3): 537-542.

Choudhury, P.C. 1971. Responses of larval *Macrobrachium carcinus* (L.) to variations in salinity and diet (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, 20 (2): 113-120.

Chung, K. S. 1977. The salinity and temperature tolerance and the growth of *Macrobrachium ohione* (Smith, 1874) reared in laboratory tanks. *Tex. J. Sci.* 28 (1-4): 271-284.

Dobkin, S., W. P. Azzinaro & J. Van Mont Frans. 1974. Culture of *Macrobrachium acanthurus* and *M. carcinus* with notes on the selective breeding and hybridization of these shrimps. *Proc. World Mar. Soc.* 5: 51-62.

Dugan, C. C. & T. A. Frakes. 1972. Culture of brackish-freshwater shrimp *Macrobrachium acanthurus*, *M. carcinus*, *M. ohione*. *Proc. World Mar. Soc.* 3: 185-191.

————., R. W. Hagood & T. A. Frakes. 1975. Development of spawning and mass larval rearing techniques for brackish-freshwater shrimps of the genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae). *Florida Mar. Res. Publ.* 12: 1-28.

Gómez-Díaz, G. 1987. Effect of environmental embryonic temperature on larval development of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 114: 39-47.

Graziani, C. A. 1987a. Salinidad larval e influencia en la producción de postlarvas de *Macrobrachium carcinus* L. *XXXVII Convención Anual de AsoVAC, 22-27 noviembre, Maracaibo, Venezu*ela.

————. 1987b. Postlarvas de *Macrobrachium carcinus* L. y requerimientos de salinidad. XXXVII *Convención Anual de AsoVAC, 22-27 noviembre, Maracaibo, Venezu*ela.

————. 1987c. Contribución al cultivo del camarón de río *Macrobrachium carcinus* L. (Decapoda: Palaemonidae). *Trab. de Maestría. Universidad de Oriente, Venezu*ela.

————., K. S. Chung & M. de Donato. 1993. Comportamiento reproductivo y fertilidad del camarón de río *Macrobrachium carcinus* L. (Decapoda: Palaemonidae). *Rev. Biol. Trop.* 41 (3):657-665.

Hagood, R. W. & S. A. Willis. 1976. Test comparisons of rearing larvae of freshwater shrimp, *Macrobrachium acanthurus* and *M. rosenbergii*, to juveniles. *Aquaculture*, 7: 59-74.

Keiser, R. K. & D. V. Aldrich. 1973. A gradient apparatus for the study of salinity frecuence of small and free swimming organisms. *Contr. Mar. Sci.* 17: 153-162.

McNamara, J. C., G. S. Moreira & S. C. Souza. 1986. The effect of the salinity on respiratory metabolism in selected ontogenetic stages of the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersii* (Decapoda, Palaemonidae). *Comp. Biochem. Physiol.* 83A (2): 359-363.

Moreira, G. S., J. C. McNamara, P. S. Moreira & S.E. Shumway. 1981. Osmorregulaçao em *Macrobrachium acanthurus* e *M. carcinus* (Decapoda: Palaemonidae). *Ciênc. Cult. Suppl., São Paulo, Brazil*, 33: 1-626.

————————., P. V. Ngan, P. S. Moreira & S. E. Shumway. 1988. The effect of salinity on the osmoionic regulation of *Macrobrachium carcinus* (L). *Comp. Biochem. Physiol.* 91A (1): 105-108.

Nelson, S. G., D. A. Amstrong, A. W. Knight & H. W. Li. 1977. The effects of temperature and salinity on the metabolic rate of juvenile *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Palaemonidae). *Comp. Biochem. Physiol.* 56A: 533-537.

New, M. B. 1990. Freshwater prawn culture: a review. *Aquaculture*, 88: 99-143.

————————. & S. Singholka. 1984. Cultivo del camarón de agua dulce. Manual para el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii*. *FAO, Doc. Téc. Pesca*, (225): 118 pp.

Pereira, G. & M. de Pereira. 1982. El camarón gigante de nuestros ríos (*Macrobrachium carcinus*). *Natura*, 72: 22-24.

Read, G. H. 1984. Intraspecific variation in the osmorregulatory capacity of larval, postlarval, juvenile and adult *Macrobrachium petersi* (Hilgendorf). *Comp. Biochem. Physiol.* 78A: 501-506.

————————. 1985. Aspects of larval, postlarval and juvenile ecology of *Macrobrachium petersi* (Hilgendorf) in the Keiskamma estuary. *South Africa. Estuar. Coastal Shelf Sci.* 21: 501-510.

————————. 1986. A surface response analysis of the role of salinity in the development of larval and postlarval *Macrobrachium petersi* (Hilgendorf). *Comp. Biochem. Physiol.* 84A (1): 159-168.

Singh, T. 1980. The isosmotic concept in relation to aquaculture of the giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 20: 251-256.

Stephenson, M. & A. Knight. 1980. The effects of temperature and salinity on oxigen consumption of postlarvae of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) (Crustacea: Palaemonidae). *Comp. Biochem. Physiol.* 67A: 699-703.