

## Research Article

# Influencia de la disposición espacial y la superficie de refugios sobre la supervivencia y crecimiento de juveniles de *Cherax quadricarinatus* (Parastacidae) y su aplicación al cultivo intensivo

Natalia S. Calvo<sup>1</sup>, Ana L. Tomas<sup>1</sup> & Laura S. López-Greco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biodiversidad y Biología experimental, FCEyN, Universidad de Buenos Aires Ciudad Universitaria C1428EGA, Buenos Aires. IBBEA, CONICET-UBA, Argentina

**RESUMEN.** *Cherax quadricarinatus* es una especie de elevado interés para la acuicultura y de gran tolerancia a las altas densidades, lo que la hace propicia para el cultivo en sistemas intensivos. El objetivo de este trabajo es determinar el diseño más adecuado de disposición espacial y la superficie de "red cebollera", usualmente utilizada como refugio de juveniles en cultivo, que permita disminuir la mortalidad y mejorar el crecimiento en condiciones de alta densidad. Se realizaron dos experimentos, poniéndose a prueba la disposición espacial (redes paralelas en posición vertical, horizontal y sin ordenamiento) y la superficie de red cebollera (0,612 m<sup>2</sup>, 1,224 m<sup>2</sup> y 1,836 m<sup>2</sup>) en cultivo con alta densidad de juveniles (41,7 juveniles de 1 g m<sup>-2</sup>). A los 60 días se registró el número y peso de juveniles, y se calculó la mortalidad y biomasa. En el segundo experimento se contabilizó también la cantidad de quelas faltantes y juveniles con todos sus apéndices, para estimar las interacciones agonísticas. La mortalidad resultó menor en el tratamiento sin ordenamiento y en el tratamiento con menor superficie de redes ( $P < 0,05$ ). Por cada m<sup>2</sup> de fondo, 2,55 m<sup>2</sup> de red cebollera colocada en forma aleatoria sería suficiente como refugio para una densidad alta de juveniles. La biomasa y las interacciones agonísticas fueron similares en todos los casos. Se determinó que la colocación de la red al azar es la disposición más adecuada y económica para los juveniles de *C. quadricarinatus*, y que su exceso podría perjudicar la supervivencia en cultivo.

**Palabras clave:** *Cherax quadricarinatus*, refugios, juveniles, supervivencia, cultivo intensivo.

## Influence of spatial distribution and shelter area upon survival and growth of *Cherax quadricarinatus* (Parastacidae) juveniles, and its application to intensive culture

**ABSTRACT.** *Cherax quadricarinatus* is an interesting species for aquaculture and is more tolerant to high densities than other species of commercially important crustaceans, making it suitable for intensive culture. The purpose of this study is to determine the most adequate spatial arrangement and area of onion bag mesh, commonly used as shelter in juvenile culture, to decrease mortality and improve growth under high-density conditions. Two experiments were conducted to evaluate the optimum onion bag mesh spatial distribution (parallel pieces of mesh arranged in a vertical and horizontal position, and mesh with a random arrangement), and area (0.612 m<sup>2</sup>, 1.224 m<sup>2</sup> and 1.836 m<sup>2</sup>) under high-juvenile density conditions (41.7 one-gram juveniles per m<sup>2</sup>). The weight and number of juveniles were recorded, and mortality and biomass were calculated at day 60. In the second experiment, the number of missing chelae and juveniles with all their walking legs were counted to estimate agonistic interactions. Mortality was lower in the treatment consisting in randomly arranged onion bag mesh and that with the smallest area. A mesh surface of 2.55 m<sup>2</sup> per m<sup>2</sup> of ground would be sufficient as shelter for juveniles stocked at high densities. Biomass and antagonistic interactions were similar in all cases. This study showed that a random arrangement of onion bag mesh is the most adequate and economic shelter for *C. quadricarinatus* juveniles, and that the use of high mesh areas could decrease survival in culture.

**Keywords:** *Cherax quadricarinatus*, shelters, juveniles, survival, intensive culture.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura se ha incrementado drásticamente en los últimos 50 años ocasionando que el suministro mundial de peces, crustáceos y moluscos aumente incluso más rápido que la población humana. En 2006, la producción acuícola mundial experimentó un fuerte crecimiento y dentro de los animales de cultivo se destacan los crustáceos, dado su elevado precio relativo (FAO, 2010).

*Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868), es una especie de agua dulce originaria de Australia y sur de Papua Nueva Guinea, considerada de elevado interés para la acuicultura, desde el inicio de la década del 90' (Edgerton, 2005; Rodgers *et al.*, 2006; Ghanawi & Saoud, 2012), y con este objetivo ha sido introducida en países latinoamericanos como México, Cuba, Ecuador, Uruguay y Argentina (Luchini, 2004; Panné-Huidobro *et al.*, 2004; Wicki *et al.*, 2008).

Aún siendo una especie potencialmente importante, la mejora en el crecimiento es un aspecto clave para incrementar el rendimiento de su producción (Rodgers *et al.*, 2006). Se han realizado numerosas investigaciones en esta especie, relacionadas con el crecimiento, principalmente referidas a la densidad de cultivo (Karplus & Barki, 2004; Naranjo-Páramo *et al.*, 2004).

Dado que *C. quadricarinatus* es una especie bentónica cuyos juveniles mudan frecuentemente, y de modo asincrónico, la sobrevida de los mismos no supera el 50% cuando el tamaño de siembra es menor a 1 g en estanques externos (Mills & McCloud, 1983; Jones, 1995; Parnes & Sagi, 2002). Wicki *et al.* (2008) recomiendan, antes de la siembra en estanques, el uso de una fase de pre-engorde (juveniles entre 1 y 10 g), que se desarrolla en tanques externos de cemento, colocados bajo media sombra, donde los individuos adquieren la coloración propia de la especie, antes de transferirlos a la etapa de engorde final en estanques excavados en tierra (300 m<sup>2</sup>). En la etapa de pre-engorde, el mejoramiento de los refugios sería una de las estrategias propuestas para obtener mayor crecimiento y minimizar el canibalismo de los juveniles, ya que los protege en el momento de la ecdisis cuando son más vulnerables (Jones, 1995; Jones & Ruscoe, 2001; Molony & Bird, 2005; Viau & Rodríguez, 2010; Ghanawi & Saoud, 2012).

Por otro lado, Barki *et al.* (2006) han demostrado que aún en condiciones no limitantes de alimentación, la interacción "social" también causa una significativa disminución de la sobrevida e inhibición del crecimiento, lo que ha puesto nuevamente de manifiesto el papel clave de la selección de refugios adecuados que minimicen tales interacciones. En

consecuencia, buscando optimizar el rendimiento del cultivo, es prioritario el mejoramiento de refugios y sustratos económicos para no incrementar los costos de producción (Villarreal & Peláez, 1999). Jones & Ruscoe (2001) mostraron que la provisión y tipo de refugio que se utilice en el cultivo de esta especie, durante la fase de engorde, tiene una influencia significativa sobre la producción de los animales. La misma fue menor cuando no se adicionó ningún tipo de refugio al cultivo, principalmente causada por un elevado canibalismo en comparación a la obtenida con adición de diferentes tipos de refugios: neumáticos, hojas simples o elevadas de cemento, tubos de PVC y manojos de redes. Principalmente este último refugio produjo un impacto significativamente positivo en la supervivencia.

El tipo de refugio usualmente utilizado en juveniles tempranos de *C. quadricarinatus* es la red de tipo "cebollera" (Jones, 1995; Masser & Rouse, 1997). Estas redes se unen entre sí semejando plantas acuáticas y ocupando la columna de agua. En esta superficie se desarrolla y crece el biofilm que los juveniles utilizan como alimento y mejora la calidad de agua (FAO, 2010; Viau *et al.*, 2012). Las redes también proporcionan una mayor superficie, optimizando el espacio y protegiendo a los juveniles de otros de mayor tamaño (Villarreal & Peláez, 1999). Sin embargo, no hay información sobre la disposición u ordenamiento ni de la cantidad de red necesaria a utilizar en la fase de pre-engorde de esta especie.

En este contexto, el objetivo de este trabajo es determinar el diseño más adecuado de disposición espacial y la superficie de "red cebollera", usualmente utilizada como refugio de los juveniles de *C. quadricarinatus* en cultivo, que permita disminuir la mortalidad y mejorar el crecimiento en la fase de pre-engorde en condiciones de alta densidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención de los juveniles

Los juveniles de *C. quadricarinatus* utilizados para efectuar este estudio, fueron obtenidos bajo condiciones de laboratorio a partir de dos lotes de reproductores. El primer lote, fue suministrado por la granja Las Golondrinas de Entre Ríos, y el segundo, por el Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC) de Corrientes, ambos de Argentina.

En el laboratorio, los reproductores provenientes de las granjas fueron asignados a grupos, cada uno de los cuales estaba formado por cuatro o cinco hembras y un macho (Jones, 1995). Estos fueron mantenidos en acuarios de 60x40x30 cm conteniendo 30 L de agua

corriente a pH 7,5-7,8, con temperatura de  $27 \pm 1^\circ\text{C}$  y aireación constante. Los animales fueron aclimatados al fotoperíodo (14:10 h luz: oscuridad) y alimentación utilizada previamente para esta especie en el laboratorio (Vazquez *et al.*, 2008; Tropea *et al.*, 2010). La alimentación consistió en *Elodea* sp. y alimento balanceado (Tetracolor, TETRA®), cuya composición aproximada es: 47,5% de proteína cruda, 6,5% de lípidos, 2,0% de fibra, 6,0% humedad, 1,5% de fósforo y  $100 \mu\text{g kg}^{-1}$  de vitamina C. Una vez ovígeras, hembras de peso similar (54,2-67,1 g) se separaron de los grupos de reproductores hasta la eclosión y posterior independencia de los juveniles. Luego de la independencia de los juveniles, éstos fueron separados en acuarios para engorde hasta el peso requerido para los experimentos.

### Diseño experimental

Se realizaron dos experimentos poniéndose a prueba la disposición espacial (experimento 1) y la superficie de red cebollera (experimento 2) en cultivo con alta densidad de juveniles ( $41,7$  juveniles  $\text{m}^{-2}$ ). En ambos ensayos, cada unidad experimental consistió en un acuario de  $60 \times 40 \times 30$  cm, conteniendo 48 L de agua, seis refugios cilíndricos de PVC de 5 cm de largo y 2 cm de diámetro, y 10 juveniles. Los acuarios fueron mantenidos con aireación y temperatura constante ( $27 \pm 1^\circ\text{C}$ ), alimentados diariamente con *Elodea* sp. y alimento balanceado *ad libitum* (Tetracolor, TETRA®) durante 60 días. Se cambió el 50% del volumen de agua en las semanas impares (7, 21, 35 y 49 días) y totalmente en las semanas pares (14, 28, 42 y 60 días). Cada 15 días se registró el número y peso de juveniles, y se calculó la mortalidad y biomasa [peso de todos los juveniles del acuario (g) / volumen de agua ( $\text{m}^3$ )].

### Experimento 1 (de disposición espacial)

Se seleccionaron 120 juveniles de  $0,95 \pm 0,15$  g (media  $\pm$  DE) que fueron distribuidos al azar en 12 acuarios, cada uno de ellos conteniendo  $0,612 \text{ m}^2$  de red cebollera con un tamaño de poro de 1 cm. Se puso a prueba tres diseños, que fueron ensayados por cuadruplicado:

- Vertical, con seis paños de  $60 \times 17$  cm sostenidos en forma vertical por ventosas (Fig. 1a)
- Horizontal, con tres paños de  $60 \times 34$  cm sostenidos en planos horizontales por ventosas (Fig. 1b).
- Aleatorio, con tres paños de  $60 \times 34$  cm colocados en forma aleatoria (Fig. 1c).

En este último tratamiento, la red utilizada ocupaba la columna debido a su rigidez, y para asegurar que la totalidad de la red permanezca sumergida se colocó un

hilo plástico (tanza) zigzagueante sostenido por ventosas a 20 cm del fondo (interface agua aire).

### Experimento 2 (de superficie)

Se seleccionaron 120 juveniles de  $0,93 \pm 0,13$  g (media  $\pm$  DE) que fueron distribuidos aleatoriamente en 12 acuarios conteniendo distintas superficies de red cebollera con un tamaño de poro de 1 cm. Las mismas se mantuvieron sumergidas con hilo plástico (tanza) zigzagueante, sostenido por ventosas a 20 cm del fondo. Se puso a prueba tres superficies de red, basadas en observaciones previas, que se ensayaron por cuadruplicado:

- Baja, con tres paños de  $60 \times 34$  cm colocados en forma aleatoria ( $0,612 \text{ m}^2$ ).
- Media, con seis paños de  $60 \times 34$  cm colocados en forma aleatoria ( $1,224 \text{ m}^2$ ).
- Alta, con nueve paños de  $60 \times 34$  cm colocados en forma aleatoria ( $1,836 \text{ m}^2$ ).

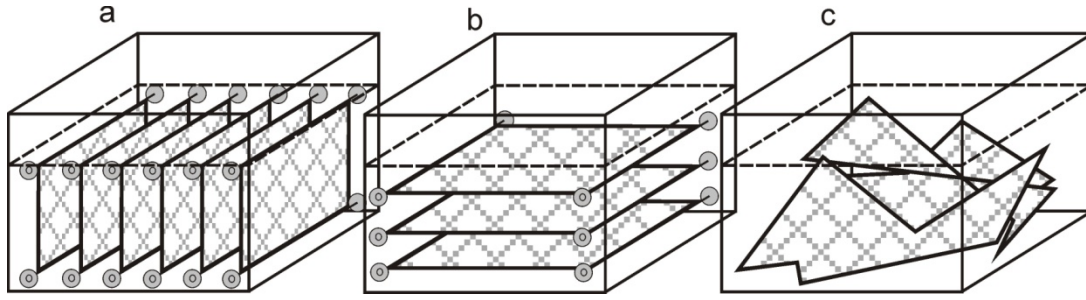
Para estimar las interacciones agonísticas entre los juveniles al finalizar el experimento (60 días), se contabilizó la cantidad de quelas faltantes y la cantidad de juveniles con todos los apéndices (animales intactos) por acuario, sobre la base del método de Amaral *et al.* (2009), aplicado en dos especies de crustáceos decápodos (*Cancer pagurus* y *Porcellana platycheles*).

Las variables medidas, en ambos experimentos, se evaluaron estadísticamente a los 60 días mediante ANOVA de un factor, seguido de test de Tukey para comparaciones múltiples (Zar, 2010).

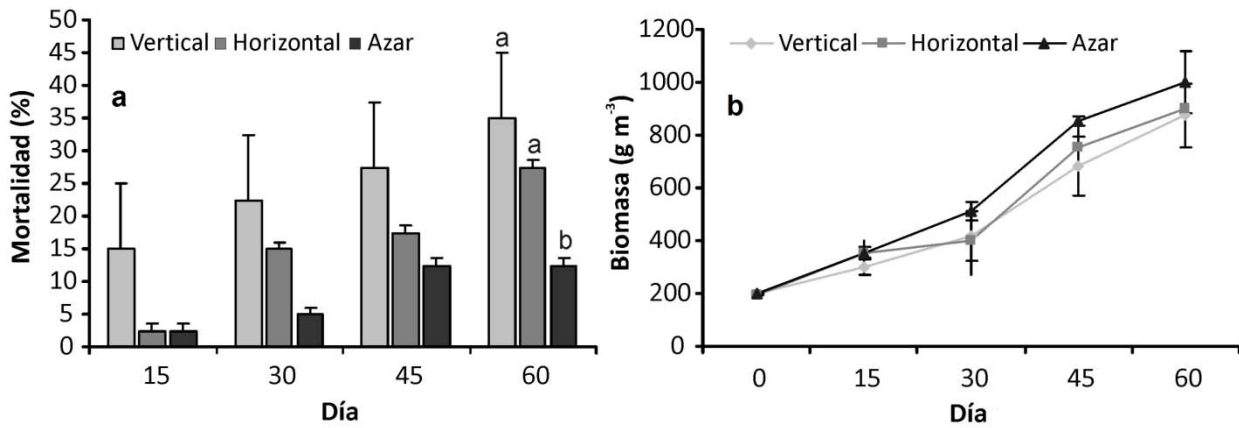
## RESULTADOS

En el experimento 1, la mortalidad promedio registrada en el tratamiento con disposición aleatoria de redes tendió a ser menor a lo largo de todo el experimento siendo significativamente menor a los 60 días ( $P < 0,05$ ; Fig. 2a). La biomasa de este tratamiento tendió a ser mayor a lo largo del experimento, sin embargo a los 60 días no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0,05$ ; Fig. 2b). El peso promedio de los juveniles a los 60 días fue de  $6,52 \pm 0,55$  g para la distribución vertical,  $5,93 \pm 0,26$  g para la disposición horizontal y  $5,52 \pm 0,90$  g para la distribución al azar.

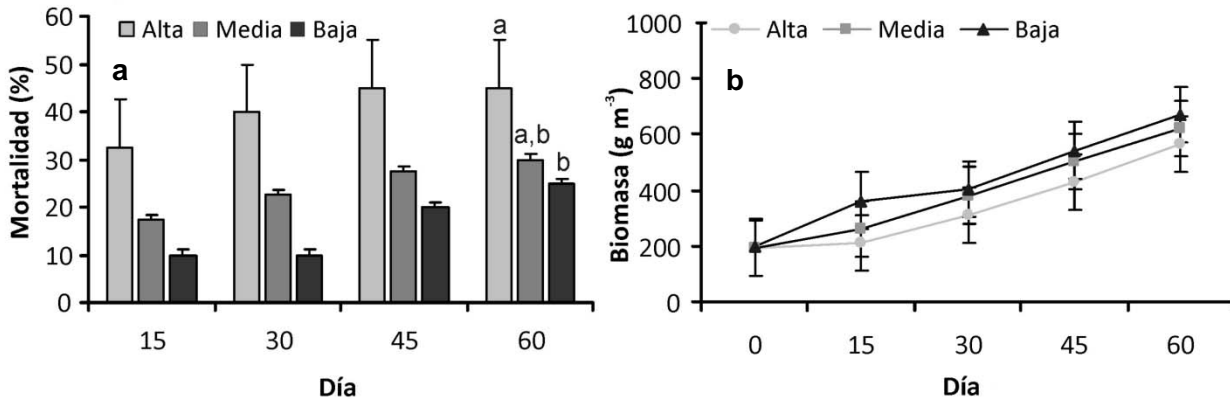
En el experimento 2, la mortalidad promedio registrada en el tratamiento con baja densidad de redes tendió a ser menor a lo largo de todo el experimento, y a los 60 días fue significativamente menor que el tratamiento con densidad alta ( $P < 0,05$ ; Fig. 3a). La biomasa aumentó en forma similar entre tratamientos



**Figura 1.** Esquema de las disposiciones de redes cebolleras ensayadas con *Cherax quadricarinatus*, con juveniles de un gramo en el Experimento 1: a) verticales, b) horizontales y c) aleatorias. Las líneas punteadas simbolizan el nivel del agua (20 cm de altura).



**Figura 2.** a) Mortalidad acumulada (promedio ± DE) y b) biomasa (promedio ± DE) de los juveniles de *Cherax quadricarinatus*, mantenidos en acuarios con disposición vertical, horizontal y al azar de la red cebollera, a lo largo del periodo experimental.



**Figura 3.** a) Mortalidad acumulada (promedio ± DE) y b) biomasa (promedio ± DE) de los juveniles de *Cherax quadricarinatus*, mantenidos en acuarios con densidad alta, media y baja de la red cebollera, a lo largo del periodo experimental.

y a los 60 días no se encontró diferencias significativas ( $P > 0,05$ ; Fig. 3b). El peso promedio de los juveniles, a los 60 días, fue de  $4,93 \pm 0,38$  g para el tratamiento de densidad alta,  $4,29 \pm 0,41$  g para densidad media y  $4,28 \pm 0,41$  g para densidad baja. No se encontraron diferencias en el porcentaje de juveniles intactos ni en el porcentaje de quelas faltantes entre tratamientos (Tabla 1).

## DISCUSIÓN

Los resultados indican que el ordenamiento espacial vertical u horizontal no mejora el crecimiento ni disminuye la mortalidad de juveniles de *C. quadricarinatus* durante la fase de pre-engorde. La disposición de red al azar es más económica, en términos de costos de manejo, sencilla de colocar, facilita la cosecha de los animales y, además, resultó más adecuada ya que presentó menor mortalidad. Si bien la producción fue similar entre tratamientos, en términos de biomasa, es recomendable la obtención de un mayor número de juveniles para la siembra en los estanques de engorde (Wicki *et al.*, 2008).

Para maximizar la supervivencia y crecimiento de juveniles de *C. quadricarinatus*, es esencial la utilización de refugios en cultivo. Sin embargo, en el segundo ensayo se demostró que el exceso de red puede ser perjudicial para el desarrollo de los juveniles, impidiendo que accedan fácilmente al alimento (observaciones de laboratorio), además de incrementar los costos de producción. En este trabajo, no hubo colonización de biofilm ya que los experimentos fueron realizados en condiciones controladas de laboratorio, con recambio de agua y sin exposición a la luz solar. Sin embargo, el exceso de red podría ser una desventaja para el cultivo a cielo abierto, ya que impediría el paso de luz (Parnes & Sagi, 2002), evitando que las comunidades de micro-organismos (biofilm) colonicen la red, mejoren la calidad de agua, y constituyan una fuente adicional de alimento para los juveniles (Viau *et al.*, 2012).

El número de quelas faltantes y de juveniles intactos fue similar entre tratamientos sugiriendo que la agresión entre juveniles no se vio afectada por la cantidad de refugios. *Ch. quadricarinatus* es considerada una especie relativamente no agresiva. Sin embargo, se ha observado una interacción negativa entre el aumento de la densidad y la mortalidad o crecimiento (Jones, 1990; Naranjo-Páramo *et al.*, 2004). Se especula sobre algunos factores etológicos que explicarían la disminución del crecimiento como el aumento del gasto energético (estrés) o interrupción en la alimentación (Jones & Ruscoe, 2000). Esto explicaría por qué, a pesar de observarse efecto de los tratamientos sobre la mortalidad en ambos experimentos, la biomasa final fue similar.

Por cada  $m^2$  de fondo con tubos de PVC (normalmente utilizados en estanques),  $2,55 m^2$  (superficie de red / superficie del fondo del acuario:  $0,612 m^2 / (60 \times 40 m)$ ) de red cebollera colocada en forma aleatoria sería suficiente, como refugio, para una densidad alta de juveniles ( $41,7$  juveniles  $m^{-2}$ ). La mortalidad media observada, en este tratamiento, fue de 12% para el experimento 1 y de 25% para el experimento 2. Esta fue similar a la observada por Viau & Rodríguez (2010) para juveniles de igual longitud y mucho menor que la registrada por otros autores para la fase de pre-engorde y con alta densidad de cultivo (Jones, 1995; Karplus *et al.*, 1995; Sagi *et al.*, 1997; Manor *et al.*, 2002).

La necesidad de incrementar la producción implica, entre otros factores, el aumento de la densidad de cultivo en los estanques. Sin embargo, una mayor cantidad de organismos conduce al canibalismo y/o a la disminución del crecimiento (Jones & Ruscoe, 2000; Barki *et al.*, 2006). Normalmente, en los estanques se utilizan refugios de PVC para disminuir la probabilidad de encuentro entre los animales. Villarreal & Peláez (1999) mencionan que los juveniles viven casi exclusivamente en los refugios formados por las mallas plásticas durante las primeras etapas del cultivo. Futuros trabajos podrían determinar

**Tabla 1.** Porcentaje de juveniles de *Cherax quadricarinatus*, intactos y con quelas faltantes (promedio  $\pm$  DE), a los 60 días, en acuarios con alta, media y baja densidad de red cebollera.

Densidad de redes	Peso de los juveniles (g)	Densidad ( $g m^{-2}$ )	Juveniles sin lesiones (%)	Quelas faltantes (%)
Alta	$4,93 \pm 0,38$	$31,71 \pm 5,27$	$72,65 \pm 22,66$	$14,29 \pm 17,65$
Media	$4,29 \pm 0,41$	$45,93 \pm 5,33$	$61,81 \pm 8,20$	$13,54 \pm 10,42$
Baja	$4,28 \pm 0,41$	$72,30 \pm 8,90$	$60,06 \pm 5,23$	$18,08 \pm 5,07$

si, en las condiciones del presente trabajo, es prescindible la colocación de tubos de PVC que se utilizan como rutina en el cultivo de esta especie (Jones, 1995). Entre tanto, se recomienda agregar a los estanques la red cebollera como refugio para juveniles ya que amplía la superficie del sustrato. Además, la red se distribuye por todo el volumen del tanque permitiendo la utilización completa de la columna de agua (Parnes & Sagi, 2002).

Para disminuir la mortalidad y mejorar el crecimiento en la fase de pre-engorde, en condiciones de alta densidad, este estudio determinó que el ordenamiento aleatorio de la red es la disposición más adecuada y económica para los juveniles de *C. quadricarinatus*. Sin embargo, su exceso, podría perjudicar la sobrevivencia. Aún queda por evaluar otros posibles factores como el tamaño de poro, materiales/texturas de la red o la combinación entre redes y disposiciones espaciales de tubos de PVC, así como también las condiciones de cultivo en estanques a cielo abierto, para mejorar la intensificación de su cultivo.

#### AGRADECIMIENTOS

Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2007 Proyecto 01187), CONICET (PIP 129) y UBACYT (X458 y 20020100100003) por el financiamiento del estudio, a la granja Las Golondrinas y al Centro Nacional de Desarrollo Acuícola, Corrientes, Argentina (CENADAC) por el suministro de los reproductores, y a Netting S.A. por la donación de las redes utilizadas en el experimento.

#### REFERENCIAS

- Amaral, V., J. Paula, S. Hawkins & S. Jenkins. 2009. Cannibalistic interactions in two co-occurring decapod species: effects of density, food, alternative prey and habitat. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 368: 88-93.
- Barki, A., I. Karplus, R. Manor, S. Parnes, E.D. Aflalo & A. Sagi. 2006. Growth of redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in a three-dimensional compartments system: Does a neighbor matter? *Aquaculture*, 252(2-4): 348-355.
- Edgerton, B.F. 2005. Freshwater crayfish production for poverty alleviation. *J. World Aquacult. Soc.*, 36: 48-64.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2010. SOFIA. The state of world fisheries and aquaculture. [<http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e>]. Reviewed: 11 June 2012.
- Ghanawi, J. & P. Saoud. 2012. Molting, reproductive biology, and hatchery management of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). *Aquaculture*, 358: 183-195.
- Jones, C.M. 1990. The biology and aquaculture potential of the tropical freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus*. Information Series, Q190028. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, 109 pp.
- Jones, C.M. 1995. Production of juvenile redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* von Martens. Decapoda, Parastacidae: I. Development of hatchery and nursery procedures. *Aquaculture*, 138: 221-238.
- Jones, C.M. & I.M. Ruscoe. 2000. Assessment of stocking size and density in the production of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda: Parastacidae), cultured under earthen pond conditions. *Aquaculture*, 189: 63-71.
- Jones, C.M. & I.M. Ruscoe. 2001. Assessment of five shelter types in the production of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) under earthen pond conditions. *J. World Aquacult. Soc.*, 32: 41-52.
- Karplus, I. & A. Barki. 2004. Social control of growth in the redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*: testing the sensory modalities involved. *Aquaculture*, 242: 321-333.
- Karplus, I., A. Barki, S. Cohen & G. Hulata. 1995. Culture of the Australian redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Israel. I. Polyculture with fish in earthen ponds. *Isr. J. Aquacult. Bamidgeh*, 47(1): 6-16.
- Luchini, L. 2004. Algo más sobre el cultivo de la red claw (*Cherax quadricarinatus*). [<http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/01-especies/index.php>]. Reviewed: 11 June 2012.
- Manor, R., R. Segev, M.P. Leibovitz, E.D. Aflalo & A. Sagi. 2002. Intensification of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* culture II. Growout in a separate cell system. *Aquacult. Eng.*, 26: 263-276.
- Masser, M.P. & D.B. Rouse. 1997. Australian red claw crayfish. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC). Stoneville, 24: 8.
- Mills, B.J. & P.I. McCloud. 1983. Effects of stocking and feeding rates on experimental pond production of the crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda: Parastacidae). *Aquaculture*, 34: 51-72.
- Molony, B.W. & C. Bird. 2005. Are marron, *Cherax tenuimanus* (Crustacea: Decapoda), populations in irrigation reservoirs habitat limited? A trial using artificial habitats. *Lake Reserv. Manage.*, 10: 39-50.
- Naranjo-Páramo, J., A. Hernandez-Llamas & H. Villarreal. 2004. Effect of stocking density on

- growth, survival and yield of juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) in gravel-lined commercial nursery ponds. *Aquaculture*, 242: 197-206.
- Panné-Huidobro, S., M. Alvarez & L. Luchini. 2004. Cultivo de la langosta australiana o redclaw (*Cherax quadricarinatus*). [<http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/01especies/index.php>]. Reviewed: 11 June 2012.
- Parnes, S. & A. Sagi. 2002. Intensification of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* culture I. Hatchery and nursery system. *Aquacult. Eng.*, 26: 251-262.
- Rodgers, L.J., P.I. Saoud & D.B. Rouse. 2006. The effects of monosex culture and stocking density on survival, growth and yield of redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in earthen ponds. *Aquaculture*, 259: 164-168.
- Sagi, A., A. Milstein, Y. Eran, D. Joseph, I. Khalaila, U. Abdu, S. Harpaz & I. Karplus. 1997. Culture of the Australian redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Israel, second grow out season of overwintered populations. *Isr. J. Aquacult. Bamidgeh*, 49: 222-229.
- Tropea, C., Y. Piazza & L.S. López-Greco. 2010. Effect of long-term exposure to high temperature on survival, growth and reproductive parameters of the "redclaw" crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*, 302: 49-56.
- Vazquez, F.J., C. Tropea & L.S. López-Greco. 2008. Development of the female reproductive system in the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda, Parastacidae). *Invest. Biol.*, 127: 433-443.
- Viau, V.E. & E.M. Rodríguez. 2010. Substrate selection and effect of different substrates on survival and growth of juveniles of the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Decapoda, Parastacidae). *Aquacult. Int.*, 18: 717-724.
- Viau, V.E., J.M. Oстера, A. Tolivia, E.L.C. Ballester, P.C. Abreu & E.M. Rodríguez. 2012. Contribution of biofilm to water quality, survival and growth of juveniles of the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda, Parastacidae). *Aquaculture*, 324-325: 70-78.
- Villarreal, H. & A. Peláez. 1999. Biología y cultivo de la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (Decapoda Parastacidae). Manual de producción, CIBNOR, México, 150 pp.
- Wicki, G., F. Rossi, O. Merino & L. Luchini. 2008. Engorde de la langosta de pinzas rojas (*Cherax quadricarinatus*), en el subtrópico argentino: primeros resultados [<http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/01-especies/index.php>]. Reviewed: 7 September 2012.
- Zar, J.H. 2010. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, New Jersey, 944 pp.

Received: 13 June 2012; Accepted: 15 October 2012