

Efecto de la presencia de refugios en el desarrollo de juveniles tempranos de *Cherax quadricarinatus* (Decapoda; Parastacidae)

Shelters presence effect on development of early juvenile *Cherax quadricarinatus* (Decapoda; Parastacidae)

María Cecilia Hernández-Rubio¹✉, Miguel de Jesús Gutiérrez-Ladrón de Guevara¹ y Gerardo Figueroa-Lucero²

Recibido: 10 de noviembre de 2020.

Aceptado: 10 de diciembre de 2020.

Publicado: abril de 2021.

RESUMEN

Antecedentes: *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) es una langosta australiana de agua dulce (Decapoda, Parastacidae), con gran importancia comercial en países tropicales y subtropicales. Uno de los aspectos más relevantes para incrementar su producción comercial es optimizar las tasas de crecimiento y de sobrevivencia, las cuales cambian con el período de desarrollo y la calidad del hábitat. **Objetivos:** Determinar el efecto de la presencia de refugios sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles tempranos, a través de diferente número de refugios por langosta. **Métodos:** Se dispusieron 30 juveniles en estadio III de desarrollo (inicio de la alimentación exógena) con un peso de 114.33 ± 3.5 mg, en cada uno de seis contenedores de 1000 L (Área = 1m^2). Se probaron tres densidades de refugios (tratamientos T): sin refugios (T_1), con 1 refugio por individuo (T_2) y con 2 refugios por individuo (T_3) con dos réplicas por tratamiento. Los juveniles se mantuvieron a 24°C , durante 92 días. Se alimentaron con alimento balanceado para camarón (48% proteína), al 10% de su peso. **Resultados:** Las tasas de crecimiento más altas se obtuvieron en los tratamientos T_2 y T_3 (0.065 y 0.055 g d^{-1}), significativamente diferentes de T_1 (0.030 gd^{-1}). Por el contrario, no hubo diferencias significativas entre tratamientos, en el crecimiento relativo del peso vs. la longitud, que fue de tipo alométrico positivo ($b = 3.09$ a 3.26), ni en la supervivencia final (80-85%). **Conclusiones:** La presencia y el número de refugios incrementan notablemente el crecimiento de las langostas. Un refugio por individuo es suficiente para obtener juveniles tempranos de *C. quadricarinatus* con pesos y longitudes altos.

Palabras clave: crecimiento, hábitat, langosta, refugios, sobrevivencia.

ABSTRACT

Background: *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) is an Australian freshwater crayfish (Decapoda, Parastacidae) of great commercial importance in tropical and subtropical countries. One of the most important aspects to increase its commercial production is to optimize growth and survival rates, which change with developmental phase and habitat quality. **Goals:** Determine shelters presence effect, on growth and survival rates of early juveniles through of different shelter number per crayfish. **Methods:** Three densities were assayed: without shelters (T_1), one shelter per individual (T_2), and two shelters per individual (T_3). Thirty juvenile cray fish on III development state (external feeding onset) (114.33 ± 3.5 mg) were kept in 1000 L tanks, with two replicates per treatment, at 24°C , for 92 days. Crayfish were fed every day with commercial balanced feed (48% protein). **Results:** Growth rates were higher in treatments T_2 and T_3 (0.065 and 0.055 g d^{-1}), both significantly different from T_1 (0.030 gd^{-1}). In contrast, no significant difference was found among treatments in relative growth weight to length, which showed a positive allometry ($b = 3.09$ - 3.26) and final survival either (80-85%). **Conclusions:** Presence and number of shelters increase growth of freshwater crayfish, notably. One shelter per individual is enough to obtain early juveniles *Cherax quadricarinatus* with high weights and lengths.

Keywords: crayfish, growth, habitat, shelters, survival.

¹ Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Prol. Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomás, Ciudad de México, 11340. México

² Planta Experimental de Producción Acuicola, Departamento de Hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Ciudad de México, 09340. México

*Corresponding author:

María Cecilia Hernández-Rubio: e-mail: cecheru@yahoo.com.mx

To quote as:

Hernández-Rubio, M. C., M. de J. Gutiérrez-Ladrón de Guevara & G. Figueroa-Lucero. 2021. Efecto de la presencia de refugios en el desarrollo de juveniles tempranos de *Cherax quadricarinatus* (Decapoda; Parastacidae). *Hidrobiológica* 31 (1): 69-75.

DOI:10.24275/uam/izt/dcbshidro/2021v31n1/Hernandez

INTRODUCCIÓN

Los crustáceos decápodos comprenden una gran variedad de especies que se explotan comercialmente, como los camarones, los langostinos, los cangrejos y las langostas. Dentro de estas últimas, las langostas australianas, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868); *C. destructor* Clark, 1936 y *C. tenuimanus* (Smith, 1912) son especies de agua dulce que han alcanzado un gran éxito en el mercado internacional en los últimos años. El cultivo de *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) se ha desarrollado ampliamente, tanto en Australia como en diversos países de regiones tropicales y subtropicales. Esto se debe a sus características biológicas que hacen factible su producción, ya que su desarrollo es directo al no presentar período larvario, alcanza tasas de crecimiento altas, con pesos de 60 a 100 g (talla comercial) en individuos de seis a ocho meses de edad, con un intervalo térmico de tolerancia amplio (20 - 30°C) en comparación con los camarones peneidos, como *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) que alcanza de 15 a 25 g en 4-5 meses, a temperaturas de 25 a 30°C (FAO, 2009). Además es resistente a las enfermedades y al manejo. Acepta el alimento balanceado desde el inicio de la alimentación exógena, las hembras presentan una fecundidad alta con varios eventos reproductivos por año. Tiene una gran aceptación por parte de los consumidores, lo que causa que alcance un atractivo valor comercial en el mercado (Jones & Ruscoe, 1996, Castillo-Corella *et al.*, 2002, Campaña-Torres *et al.*, 2005).

En condiciones de cultivo, las tasas de crecimiento y de mortalidad son los factores que más importancia tienen en la producción. Estas variables cambian con la edad de los individuos y con la calidad del hábitat (Thorp & Covich, 2001). Se ha observado que *C. quadricarinatus* utiliza refugios en condiciones naturales, para protegerse de la depredación, tanto inter como intra-específica. Este comportamiento de la especie se ha aplicado en su cultivo, en la fase de engorda con buenos resultados (Jones & Ruscoe, 2001; Manor *et al.*, 2002; Barki *et al.*, 2006; Arzola-González *et al.*, 2012).

La fase temprana del período juvenil es una de las fases de desarrollo con mayor vulnerabilidad de esta especie (Gallo-García *et al.*, 2012; Calvo *et al.*, 2013). Sin embargo, existe escasa información de las condiciones necesarias para optimizar la producción y la sobrevivencia de juveniles en la fase de pre-engorda, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes densidades de refugios, para determinar la condición más adecuada que permita maximizar el crecimiento y la sobrevivencia durante el desarrollo temprano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los juveniles de *C. quadricarinatus* se obtuvieron por reproducción natural, de reproductores mantenidos en cautiverio. Se realizó un experimento completamente aleatorio, donde se evaluó el efecto del número de refugios, sobre el crecimiento y la supervivencia de los juveniles. Los niveles utilizados fueron: sin refugios (tratamiento 1: T₁), un refugio por individuo (tratamiento 2: T₂) y dos refugios por individuo (tratamiento 3: T₃), cada tratamiento con dos réplicas. Los refugios consistieron en cilindros de PVC de 10 cm de longitud y 2.5 cm de diámetro. Se colocaron 30 juveniles en estadio III, de 15 días después de la eclosión (dde) e inicio de alimentación exógena, con un peso inicial de 114.3 ± 3.5 mg, en contenedores con un volumen de 1000 L y una

superficie del fondo de 1 m² (30 juveniles/m²). Se les suministró alimento balanceado para camarón (48% de proteína, Silver Cup™). La ración diaria fue del 10% de su peso húmedo. Todos los tratamientos se mantuvieron a una temperatura de 25°C. Se realizaron recambios de agua del 50% cada semana, la concentración de amonio se mantuvo en 0.05 mgL⁻¹ y el oxígeno en 5 mgL⁻¹. Se determinó el peso (P) y la longitud total (LT) cada dos semanas, así como la sobrevivencia, en cada tratamiento durante 92 días.

Análisis de datos. Los datos de peso y longitud se transformaron al logaritmo natural para normalizarlos. Se comprobó la homogeneidad de varianzas entre los tratamientos mediante la prueba Bartlett. Para comprobar que no hubiera diferencias de los pesos y longitudes iniciales entre réplicas ni entre tratamientos se aplicó un análisis de varianza. El crecimiento en LT y en P se ajustó a modelos de regresión lineal y el crecimiento relativo del peso con respecto a la longitud a un modelo potencial ($P = aLT^b$) y se probó la significancia de los coeficientes de regresión (ANOVA < 0.05). Los modelos de crecimiento se compararon, con el método de comparación de pendientes de Tukey-Kramer ($\alpha = 0.05$) (Sokal & Rohlf, 1981).

Los valores finales se analizaron mediante un modelo lineal generalizado (GLM) para evaluar el efecto de la edad y el número de refugios sobre el peso y la longitud y el contenedor como factor anidado, dentro del tratamiento del número de refugios. Finalmente, se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($\alpha = 0.05$) para comparar las distribuciones de frecuencias de peso y LT y una prueba de chi-cuadrada (R Core Team, 2016) para comparar la sobrevivencia entre los tratamientos.

RESULTADOS

Se comprobó la homocedasticidad y la normalidad de los pesos y longitudes. Así mismo, los valores iniciales fueron semejantes, tanto entre las réplicas como entre los tratamientos (ANOVA, $p > 0.05$). Al final del experimento, los juveniles de las réplicas de cada tratamiento, presentaron pesos y longitudes semejantes (ANOVA, $p > 0.05$) por lo que los datos de las réplicas de cada tratamiento, se agruparon para ajustar los modelos de crecimiento (P y LT) y los modelos de peso-longitud.

Crecimiento. Las curvas de crecimiento en peso y en longitud total, se ajustaron a un modelo exponencial ($y = a \exp^{xb}$) (ANOVA, $p < 0.05$), en todos los tratamientos: $P_1 = 0.13e^{0.033t}$, $r^2 = 0.74$; $P_2 = 0.17e^{0.042t}$, $r^2 = 0.87$; $P_3 = 0.15e^{0.039t}$, $r^2 = 0.85$ (Fig. 1) y $LT_1 = 18.1 e^{0.011t}$, $r^2 = 0.73$; $LT_2 = 19.6e^{0.014t}$, $r^2 = 0.87$; $LT_3 = 18.7e^{0.013t}$, $r^2 = 0.84$ (Fig. 2). La edad influyó significativamente en P ($t = 25.243$, $p < 0.0001$) y en LT ($t = 41.95$, $p < 0.0001$), así como también se presentó una interacción entre la edad y la proporción de refugios por individuo (tratamientos) sobre P ($t = 10.94$, $p < 0.0001$) y LT ($t = 9.813$, $p < 0.0001$).

Después de 92 días, los promedios finales, tanto de P como de LT, fueron significativamente mayores en los tratamiento con refugios (T₂: 6.17 g, 62.1 mm y T₃: 5.18 g, 58.8 mm) comparados con los controles sin refugios (T₁: 2.89 g, 47.3 mm) (ANOVA, $F_{(2, 145)} = 28.52$ (peso), $p < 0.05$; $F_{(2, 145)} = 26.79$ (LT), $p < 0.05$, $N = 148$); las tasas de crecimiento mantuvieron la misma tendencia: $T_1 = 0.030$ g d⁻¹, $T_2 = 0.065$ g d⁻¹ y $T_3 = 0.055$ g d⁻¹ (Tukey-Kramer, $p < 0.05$, $N = 148$). T₂ y T₃ fueron semejantes en los valores promedio y en las tasas de crecimiento de P y LT (Tabla 1).

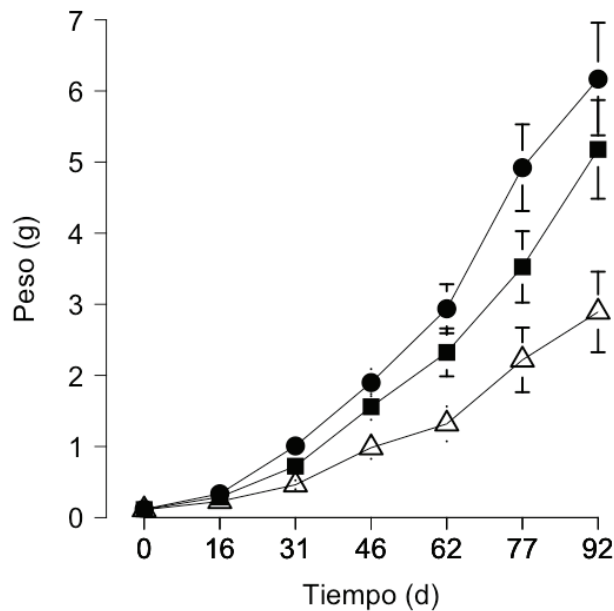


Figura 1. Crecimiento en peso de *C. quadricarinatus*. T1 (Δ): $P_1 = 0.13e^{0.033t}$, $r^2 = 0.74$; T2 (●): $P_2 = 0.017e^{0.042t}$, $r^2 = 0.87$; T3 (■): $P_3 = 0.15e^{0.039t}$, $r^2 = 0.85$.

En cambio, la distribución de frecuencias, tanto de P como de LT, fueron diferentes en cada tratamiento, donde en T₁ se presentaron los individuos más pequeños y en T₂ los más grandes (Kolmogorov-Smirnov, $p < 0.001$) (Figs. 3 y 4).

Sin embargo, la sobrevivencia fue semejante en todos los tratamientos, T₁: 80%, T₂: 85% y T₃: 81.7% (chi-cuadrada, $p > 0.05$) (Tabla 1) al final del período de prueba.

Crecimiento relativo Peso- Longitud. El crecimiento relativo de P con respecto a la LT, fue del tipo alométrico positivo ($b > 3$, t_s , $p < 0.05$), en todos tratamientos. La comparación de las tasas de crecimiento demostró que no hay diferencias de esta variable, entre los tratamientos (Tukey-Kramer, $p > 0.05$) T₁: $P = 1 \times 10^{-5} TL^{3.26}$, $r^2 = 0.996$; T₂: $P = 3 \times 10^{-5} TL^{3.09}$, $r^2 = 0.998$; T₃: $P = 2 \times 10^{-5} TL^{3.11}$, $r^2 = 0.994$ (Fig. 5).

DISCUSION

La heterogeneidad del hábitat es uno de los factores principales que influyen en la calidad del mismo y que afectan la reproducción, la alimentación, el crecimiento y la sobrevivencia, en los crustáceos decápodos

y en peces (Able, 1999; Phelan *et al.*, 2000). En condiciones naturales, la vegetación sumergida es un factor muy importante en los sitios de crianza de los decápodos de agua dulce, ya que provee protección contra la depredación y alimento por la fauna asociada a ella (Wilson *et al.*, 1990a, 1990b).

El número de refugios y de individuos, son factores importantes a considerar en el cultivo de juveniles tempranos de *C. quadricarinatus*. Esta especie es territorial y utiliza refugios como protección, la ausencia de éstos provoca canibalismo, mayor competencia por el espacio y disminuye la tasa de crecimiento, lo que implica un efecto negativo del hábitat. En este estudio, la presencia de refugios favorecieron el crecimiento de los juveniles ya que disminuyen la competencia por el espacio. La ausencia de refugios redujo el crecimiento de los juveniles de manera significativa, en contraste con los tratamientos con refugios, donde se obtuvieron las mayores tasas de crecimiento, si bien, se observó que un refugio por individuo es suficiente en esta etapa del desarrollo, ya que no hubo diferencias entre las tasas de crecimiento ni en la sobrevivencia de los tratamientos T₂ y T₃. Se ha demostrado que las especies de *Cherax*, bajo condiciones de cultivo, presentan un crecimiento y sobrevivencia denso-dependientes (Barki & Karplus, 2004).

Tabla 1. Peso, longitud total (LT) y sobrevivencia finales de *C. quadricarinatus* por tratamiento.

Tratamiento	P (g)	LT (mm)	Sobrevivencia (%)
Sin refugios (T1)	2.9 ± 1.9	47.3 ± 11.59	80 ± 0.04
1 refugio/individuo (T2)	6.15 ± 2.8	62.1 ± 10.08	85 ± 0.07
2 refugios/individuo (T3)	5.19 ± 2.4	58.8 ± 10.3	81.5 ± 0.02

Tanto los refugios como la densidad de los individuos son factores importantes a considerar. En juveniles tempranos de *C. quadricarinatus* se han obtenido pesos finales bajos (0.32- 0.62 g) en individuos de 30 - 40 días de edad, con densidades iniciales muy altas (100 - 200 org/m²) aún con la presencia de refugios (Parnes & Sagui, 2002; Gallo-García et al., 2012; García-Ulloa & Pinzón-López, 2012; Calvo et al., 2013). Las densidades altas causan diferencias de tamaño, aún entre individuos de la misma edad y peso iniciales, debido a que los individuos dominantes (alfa) limitan el alimento a los individuos pequeños y menos competitivos, de manera que éstos alcanzan tamaños menores (enanos). Este efecto fue notable en el tratamiento sin refugios, ya que los individuos tuvieron pesos y longitudes, marcadamente menores a los obtenidos en los otros tratamientos y esta diferencia se incrementó a partir de los 46 días, a pesar de que se utilizó la misma densidad, los individuos eran de la misma edad y con pesos y longitudes iniciales iguales. Se ha atribuido esta variación en el crecimiento, al control social en el crecimiento en los decápodos territoriales, como los langostinos (*Macrobrachium rosenbergii* De Man 1879) (Karplus, 2005), las langostas (*Homarus americanus* Milne Edwards 1837) (Cobb et al., 1982) y las langostas de agua dulce (*C. destructor*, Verhoef & Austin, 1999; *C. quadricarinatus*, Karplus & Barki 2004; Barki et al., 2006).

La variación del peso con respecto a la longitud, describe el cambio de forma asociado al incremento en tamaño y es una manera indirecta de analizar el grado de robustez en los decápodos. La relación alométrica entre el peso y la longitud, es la más frecuente en los decápodos. En el presente trabajo, se obtuvo una relación alométrica positiva en todos los tratamientos, sin diferencias entre ellos, a pesar de que los individuos que se mantuvieron sin refugios alcanzaron un tamaño menor, lo que indica que la ausencia de refugios no afecta la robustez de las langostas. Resultados semejantes se han obtenido en juveniles cultivados más avanzados de esta especie (Jones, 1995). La relación alométrica del peso con respecto a la longitud en los decápodos, puede variar dependiendo de la ontogenia, el sexo y de las especies. En hembras de *C. quadricarinatus* y *C. destructor* el crecimiento es alométrico negativo (Austin et al., 1997). Juveniles de *Penaeus monodon* Fabricius 1798, tuvieron un crecimiento alométrico positivo mayor que los pre-adultos (Primavera et al., 1998). Por el contrario, *Procambarus acutusacutus* Girard 1852, en juveniles avanzados y los machos con respecto a las hembras, los individuos son más pesados con el incremento en la longitud (Mazlum et al., 2007). En *Procambarus alleni* Faxon 1884, el crecimiento es alométrico positivo, sin diferencias entre machos y hembras (Acosta & Perry, 2000).

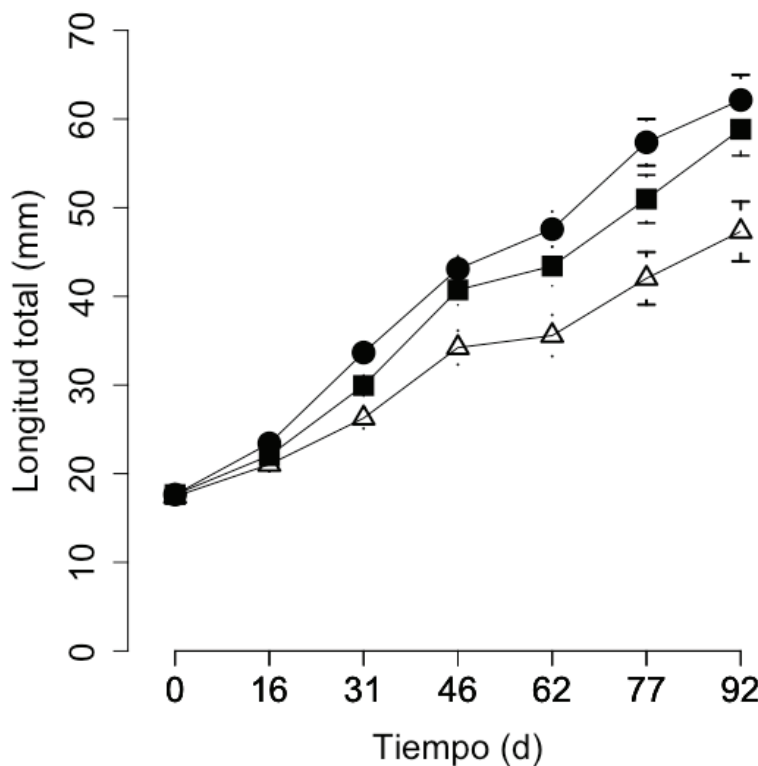


Figura 2. Crecimiento en LT de *C. quadricarinatus*. T1 (Δ): $LT_1 = 18.1e^{0.011t}$, $r^2 = 0.73$; T2 (●): $LT_2 = 19.6e^{0.014t}$, $r^2 = 0.87$; T3 (■): $LT_3 = 18.7e^{0.013t}$, $r^2 = 0.84$.

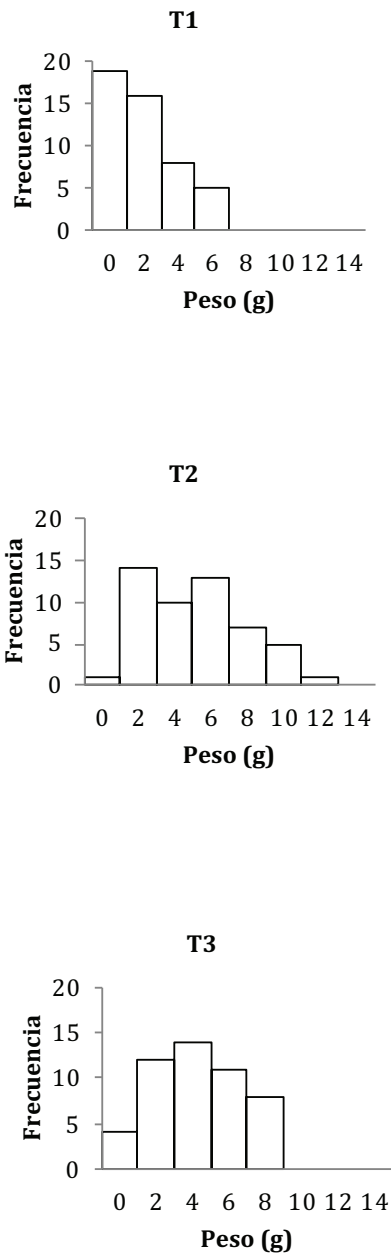


Figura 3. Frecuencias de las clases de peso (g) por tratamiento. T1: sin refugios, T2: 1 refugio/ind., T3: 2 refugios/ind.

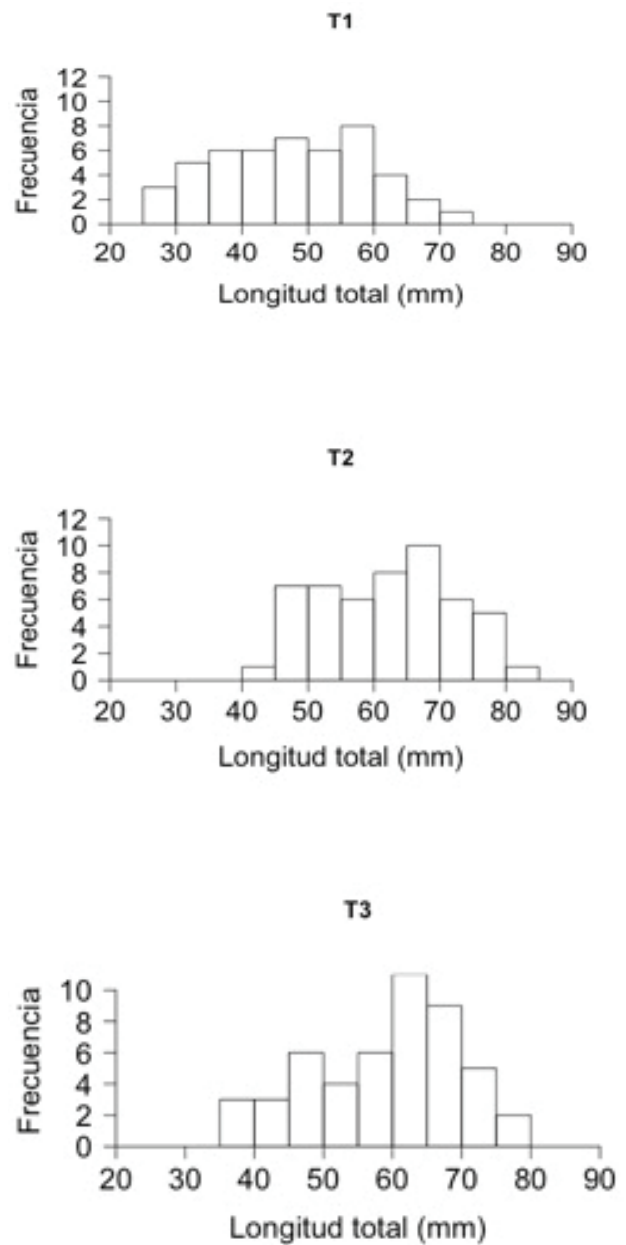


Figura 4. Frecuencias de las clases de talla (mm) por tratamiento. T1: sin refugios, T2: 1 refugio/ind., T3: 2 refugios/ind.

Finalmente, en este trabajo se demostró que la presencia de refugios, si bien no incrementó la supervivencia, se obtuvo una tasa de crecimiento más alta e individuos más grandes, en comparación con el tratamiento sin refugios. Jones (1995) y Karplus *et al.* (1995) obtuvieron resultados semejantes con esta especie y Austin *et al.* (1997) y Verhoef & Austin (1999) con *C. destructor*.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional (proyecto SIP20171560) y la Universidad Autónoma Metropolitana (proyecto UAMI14709004), México, por el financiamiento para la realización de este estudio.

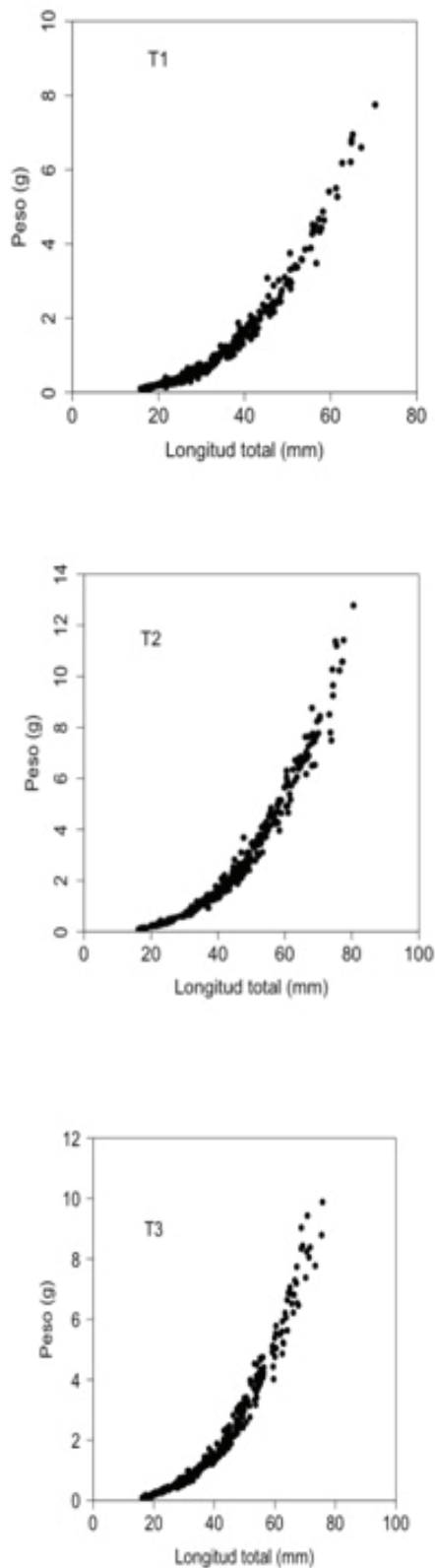


Figura 5. Crecimiento relativo Peso-Longitud. T1: $P_1 = 2 \times 10^{-5} LT^{3.08}$, $r^2 = 0.99$; T2: $P_2 = 2 \times 10^{-5} LT^{3.04}$, $r^2 = 0.998$; T3: $P_3 = 2 \times 10^{-5} LT^{3.03}$, $r^2 = 0.99$.

REFERENCIAS

- ABLE, K. W. 1999. Measures of juvenile fish habitat quality: examples from a national estuarine research reserve. *American Fisheries Society Symposium* 22: 134-147.
- ACOSTA, C. A. & S. A. PERRY. 2000. Differential growth of crayfish *Procambarus alleni* in relation to hydrological conditions in marl prairie wetlands of Everglades National Park, USA. *Aquatic Ecology* 34: 389-395. DOI:10.1023/A:1011472828639
- ARZOLA-GONZÁLEZ, J. F., E. MAYA DE LA CRUZ, L. I. VERDE-OSUNA, E. GARCÍA BURGUENO, L. M. FLORES-CAMPAÑA & Y. GUTIÉRREZ-RUBIO. 2012. Crecimiento, densidad y rentabilidad del cultivo de langosta de agua dulce (Decapoda: *Cherax quadricarinatus*) en Sinaloa, México. *Ra Ximhai* 8 (3): 17-26.
- AUSTIN, C. M., P. L. JONES, F. STAGNITTI & B. D. MITCHELL. 1997. Response of the yabby, *Cherax destructor* Clark, to natural and artificial diets: phenotypic variation in juvenile growth. *Aquaculture* 149 (1-2): 39-46. DOI:10.1016/50044-8486(96)01429-9
- BARKI, A. & I. KARPLUS. 2004. Size rank and growth potential in red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*): are stunted juveniles suitable for grow-out? *Aquaculture Research* 35 (6): 559-567. DOI:10.1111/j.1365-2109.2004.0105.x
- BARKI, A., I. KARPLUS, R. MANOR, S. PARNES, E. D. AFLALO & A. SAGI. 2006. Growth of red claw (*Cherax quadricarinatus*) in a three-dimensional compartments system: Does a neighbor matter? *Aquaculture* 252 (2-4): 348-355. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.07.012
- CAMPAÑA-TORRES, A., L. R. MARTÍNEZ-CÓRDOVA, H. VILLARREAL-COLMENARES & R. CIVERA-CERECEDO. 2005. Estudio de los parámetros de producción del acocil australiano *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1858) variando el nivel de proteína de su dieta. *Hidrobiológica* 15 (3): 255-260.
- CALVO, N. S., A. L. TOMAS & L. LÓPEZ-GRECO. 2013. 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. *Latin American Journal of Aquatic Research* 41 (4): 732-738. DOI:103856/vol41-issue4-fulltext-9
- CASTILLO-CORELLA, E., M. CISNEROS-LÓPEZ, L. ORTIZ-SERRANO & M. JOVER-CERDÁ. 2002. Evaluación de dietas proteicas en precrias de langosta de agua dulce (*Cherax quadricarinatus*). *I Congreso Iberoamericano de Acuicultura CIVA*: 1-5 p.
- COBB, S. J., R. G. TAMM & D. WANG. 1982. Behavioral mechanisms influencing molt frequency in the American lobster, *Homarus americanus* Milne Edwards. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 62 (3): 185-200. DOI:10.1016/0022-0981(82)90200-3
- FAO. 2009. *Penaeus vannamei*. En: Cultured aquatic species information programme. *Penaeus vannamei*. Disponible en línea en: [http://www.fao.org/FAO Fisheries & aquaculture-F1 fact sheet search](http://www.fao.org/FAO/Fisheries%20&%20aquaculture-F1/fact%20sheet%20search) (consultado 12 febrero 2020).
- GALLO-GARCÍA, M. C., D. RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ & M. GARCÍA-ULLOA. 2012. Efecto de la densidad en el crecimiento de juveniles tempranos de *Cherax quadricarinatus* (Decapoda:Parastacidae). *Avances en investigación agropecuaria* 16 (3): 93-99.

- GARCÍA-ULLOA, M. & L. PINZÓN-LÓPEZ. 2012. Efecto de diversos sustratos artificiales en el crecimiento y supervivencia de estadios tempranos de la langosta azul (*Cherax quadricarinatus*) cultivados en un sistema de recirculación. *Revista electrónica de veterinaria* 13 (3): 1-16
- JONES, C. M. 1995. Production of juvenile red clawcrayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda, Parastacidae). I. Development of hatchery and nursery procedures. *Aquaculture* 138 (1-4): 221-238. DOI:10.1016/0044-8486(95)00068-2
- JONES, C. M. & I. M. RUSCOE. 1996. *Production technology for red claw crayfish (Cherax quadricarinatus)*. Final report. Fisheries Research and Development Corporation. Freshwater Fisheries & Aquaculture Centre Walkamin, Australia. 176 p.
- JONES, C. M. & I. M. RUSCOE. 2001. Assessment of five shelter types in the production of red clawcrayfish, *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) under earthen pond conditions. *Journal of the World Aquaculture Society* 32 (1): 41-52. DOI:10.1111/j.1749-7345.2001.tb00920.x
- KARPLUS, I. 2005. Social control of growth in *Macrobrachium rosenbergii* (De Man): a review and prospects for future research. *Aquaculture Research* 36 (3): 238-254. DOI:10.1111/j.1365-2109.2005.01239.x
- KARPLUS, I., A. BARKI, T. LEVI, G. HULATA & S. HARPAZ. 1995. Effects of kinship and shelters on growth and survival of juvenile Australian red clawcray fish (*Cherax quadricarinatus*). *Freshwater Crayfish* 10: 494-505.
- KARPLUS, I. & A. BARKI. 2004. Social control of growth in the red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*: testing the sensory modalities involved. *Aquaculture* 242 (1-4): 321-333. DOI:10.1016/j.aquaculture.2004.08.041
- MANOR, R., R. SEGEV, M. PIMENTA LEIBOVITZ, E. D. AFLALO & A. SAGI. 2002. Intensification of red clawcray fish *Cherax quadricarinatus* culture. II. Grow out in a separate cells system. *Aquacultural Engineering* 26 (4): 263-276. DOI:10.1016/S0144-8609(02)00035-3
- MAZLUM, Y., M. FAITH & A. G. EVERSOLE. 2007. Morphometric relationship of length-weight and chelae length-width of eastern white river crayfish (*Procambarus acutusacutus*, Girard, 1852), under culture conditions. *Journal of Applied Ichthyology* 23 (5): 616-620. DOI:10.1111/j.1439-0426.2007.01015.x
- PARNES, S. & A. SAGUI. 2002. Intensification of red clawcray fish *Cherax quadricarinatus* culture. I. Hatchery and nursery system. *Aquacultural Engineering* 26 (4): 251-262. DOI:10.1016/S0144-8609(02)00034-1
- PHELAN, B. A., R. GOLDBERG, A. J. BEJDA, J. PEREIRA, S. HAGAN, P. CLARK, A. L. STUDHOLME, A. CALABRESE & K. W. ABLE. 2000. Estuarine and habitat-related differences in growth rates of young-of-the-year winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) and tautog (*Tautogaonitis*) in the three northeastern US estuaries. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 247 (1): 1-28. DOI:10.1016/S0022-0981(99)00184-7
- PRIMAVERA, J. H., F. D. PARADO-ESTEPA & J. L. LEBATA. 1998. Morphometric relationship of length and weight of giant tiger prawn *Penaeus monodon* according to life stage, sex and source. *Aquaculture* 164 (1-4): 67-75. DOI:10.1016/S0044-8486(98)00177-X
- R CORE TEAM. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical Computing, Vienna, Austria.
- SOKAL, R. R. & F. J. ROHLF. 1981. *Biometry. Principles and practice of statistics in biological research*. W. H. Freeman and Co. San Francisco. USA. 860 p.
- THORP, J. H. & A. P. COVICH. 2001. *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Academic Press, San Diego. USA. 1021 p.
- VERHOEF, G. D. & C. M. AUSTIN. 1999. Combined effects of shelter and density on the growth and survival of juveniles of the Australian freshwater crayfish, *Cherax destructor* Clark, Part 2. *Aquaculture* 170 (1): 49-57. DOI:10.1016/S0044-8486(98)00395-0
- WILSON, K. A., K. W. ABLE & K. L. HECK JR. 1990a. Habitat use by juvenile blue crabs: a comparison among habitats in southern New Jersey. *Bulletin of Marine Science* 46 (1): 105-114.
- Wilson, K. A., K. W. Able & K. L. Heck Jr. 1990b. Predation rates on juvenile blue crabs in estuarine nursery habitats: evidence for importance of macroalgae (*Ulva lactuca*). *Marine Ecology Progress Series* 58 (3): 243-251.