

Short Communication

Crecimiento del camarón excavador *Parastacus pugnax* (Poëppig, 1835) determinado mediante técnica de marcaje

Mauricio Ibarra¹ & Patricio M. Arana¹

¹Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
P.O. Box 1020, Valparaíso, Chile

RESUMEN. Para determinar el crecimiento en el camarón excavador (*Parastacus pugnax*) en la zona centro sur de Chile se utilizó un marbete tipo cinturón. Los parámetros longitud cefalotorácica asintótica (L_{∞}) y la velocidad de incremento en longitud y peso (K), se establecieron mediante el método de Gulland & Holt (1959). El parámetro t_0 se determinó mediante la ecuación inversa del modelo de von Bertalanffy, estableciéndose que las curvas de crecimiento en longitud y peso fueron definidas por los parámetros $K = 0,35 \text{ mm año}^{-1}$, $t_0 = -0,38 \text{ años}$, $L_{\infty} = 55,9 \text{ mm}$ y $W_{\infty} = 83,8 \text{ g}$, valores similares a los de *Samastacus spinifrons*, especie chilena de alto potencial de cultivo, y de otros parastácidos sudamericanos, tales como *P. brasiliensis* y *P. deffosus*.

Palabras clave: crecimiento, marcaje-recaptura, camarón excavador, *Parastacus pugnax*, Chile.

Growth of burrowing crayfish *Parastacus pugnax* (Poëppig, 1835) determined by marking technique

ABSTRACT. A modified tag belt type was used in the burrowing crayfish (*Parastacus pugnax*), in the central-south of Chile. The parameters asymptotic carapace length (L_{∞}) and rate of increase (K) were determined through the Gulland & Holt (1959) method. The parameter t_0 was determined by the inverse equation of von Bertalanffy model, which allowed to establish that the growth curves in length and weight are defined by the parameters $K = 0.35 \text{ mm yr}^{-1}$, $t_0 = -0.38 \text{ years}$, $L_{\infty} = 55.9 \text{ mm}$ and $W_{\infty} = 83.8 \text{ g}$. These values were similar to those of *Samastacus spinifrons*, Chilean species with high potential for aquaculture, and similar to those of other South American parastacids such as *P. brasiliensis* and *P. deffosus*.

Keywords: growth, mark-recapture, burrowing crayfish, *Parastacus pugnax*, Chile.

Corresponding author: mauricio.ibarra.m@mail.ucv.cl

La implementación de la técnica de marcaje-recaptura es especialmente importante en el estudio del crecimiento de crustáceos, ya que no presentan estructuras óseas en las que se puedan visualizar marcas diarias o anuales vs el tiempo, y de este modo estimar la edad, como ocurre en los peces óseos u otros organismos con estructuras calcáreas (García & Le Reste, 1986). Esta técnica permite individualizar los ejemplares, y así determinar variaciones de longitud y/o peso que muestran entre el marcaje y la recaptura (Parrack, 1979; Kimker *et al.*, 1996; Ulmestrand & Eggert, 2001; Moser *et al.*, 2002; Le Vay *et al.*, 2007).

En Chile son escasos los trabajos realizados sobre el crecimiento de crustáceos mediante marcaje-recaptura (Pavez & Arana, 1982; Riesco, 1984; Arana

& Toro, 1985; Arana & Venturini, 1989; Ernst *et al.*, 2008). En general, los trabajos se han centrado en estudios dirigidos a establecer desplazamientos, abundancia, mortalidad y comportamientos individuales (Labarca, 1971; Geaghan, 1973; Campodonico *et al.*, 1983; Campodonico & López, 1988; Arana, 1992; Muñoz *et al.*, 2006; Gallardo *et al.*, 2007).

En esta investigación, se estudió el crecimiento del camarón “excavador” o “de vega” (*Parastacus pugnax*), crustáceo endémico de Chile, que se distribuye desde el río Aconcagua (32°50'S, 70°59'W) hasta la localidad de Carahue (38°40'S, 73°09'W), en la zona centro-sur del país (Rudolph, 1997). En temporadas invernales este recurso es explotado artesanalmente, como alternativa de ingreso para agricultores locales (Arias & Muñoz, 1991; Rudolph

et al., 1991; Rudolph, 1997). Debido al alto nivel de extracción a que es sometido y al deterioro sostenido de su hábitat, ha sido catalogado como vulnerable en toda su área de distribución (Bahamonde *et al.*, 1998; Rudolph & Crandall, 2007), por lo que es necesario conocer aspectos de su dinámica poblacional, para establecer regulaciones en su extracción y determinar posibilidades de cultivo.

Para definir el crecimiento de *P. pugnax*, se implementó la llamada “marca o marbete tipo cinturón” (Fig. 1), que es una adaptación de las marcas tipo alambre utilizadas por Kourist *et al.* (1964), Meyer-Waarden & Tiews (1965) y Tiews (1967) para el estudio de *Crangon crangon*. Esta “marca tipo cinturón” ha sido utilizada en Chile en camarón de roca, *Rhynchocinetes typus* (Riesco, 1984) y en camarón de río del norte, *Cryphiops caementarius* (Arana & Toro, 1985), para efectuar estudios de mortalidad y crecimiento. Esta marca es de bajo costo y fácil de construir, permite identificar individualmente a los animales, presenta bajo porcentaje de desprendimiento, presumiblemente no provoca mortalidad adicional, perdura con las mudas y no cuenta con protuberancias que interfieran en el comportamiento del camarón y lo haga susceptible de sufrir predación o ser selectivamente vulnerado por los artes o aparejos de pesca.

Los muestreos, se efectuaron mensualmente en la localidad de Tiuquilemu (36°22'S, 76°52'W), ubicada en el extremo norte de la región centro-sur de Chile, entre agosto 2007 y agosto 2008, exceptuando enero 2008, por la escasez de agua existente en el área de estudio. Para realizar los muestreos, se seleccionó un sector de una vega de 900 m² de superficie, donde se capturaron y marcaron 166 ejemplares. La marca se confeccionó en forma manual, utilizando hilo nailon de 0,3 mm de diámetro y pequeños trozos de plásticos cilíndricos y huecos, obtenidos de envoltura de alambre eléctrico de diferentes colores, asignando a cada uno de ellos un dígito. Combinando varios de estos se organizó un código numérico que individualizó cada ejemplar. La marca se colocó alrededor del camarón entre el cefalotórax y el primer segmento abdominal, cuidando que el código quedase ubicado en la región dorsal (Fig. 1). Se procuró que cada código comenzara con color negro (0), para que la lectura fuese realizada sólo desde ese extremo y no se repitió sucesivamente el mismo color para facilitar su diferenciación.

Los individuos fueron extraídos desde sus cuevas con bomba de vacío artesanal utilizada para su captura. En cada ejemplar se registró la longitud cefalotorácica (*Lc*), peso (*W*) y sexo, siendo liberados en el mismo lugar una vez marcados. De los

ejemplares marcados se recapturaron 45, equivalente al 27% (Tabla 1).

Para determinar los parámetros de la curva de crecimiento *K* y *Lc_∞*, se utilizó el método establecido por Gulland & Holt (1959), en machos y hembras, donde la tasa de crecimiento declina linealmente conforme crecen los individuos, alcanzando valor cero cuando llega a su máxima longitud.

Con la longitud cefalotorácica promedio ($\bar{Lc}_{(t)}$) como variable independiente y la variación de *Lc* en un determinado período de tiempo ($\Delta Lc/\Delta t$) como variable dependiente, la ecuación lineal quedó representada como $\Delta Lc/\Delta t = a + b \bar{Lc}$, donde $K = -b$ y $Lc_{\infty} = -a/b$. Los parámetros de este modelo lineal fueron obtenidos utilizando el método de Estimadores Máximos Verosímiles (Aldrich, 1997), cuya función de densidad está dada por:

$$f(y_i / x_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{y_i - X_i^T \beta}{\sigma}\right)^2\right)$$

donde X_i^T , corresponde a la matriz de $(\bar{Lc}_{(t)})$ transpuesta, y_i es el vector de respuestas $\Delta Lc/\Delta t$ y β es el vector de parámetros que se desea estimar. De esta forma la función de verosimilitud quedó definida como:

$$l(\beta, \sigma^2, y) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(y_i - X_i^T \beta)^2\right)$$

Desarrollando esta función, luego derivando respecto a β e igualando a cero, se obtuvo la matriz de parámetros:

$$\hat{\beta}_{MLE} = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

Posteriormente se compararon las rectas obtenidas empleando el test $F_{(1-\alpha; 2; n_1+n_2-4)}$ (Neter & Wasserman, 1974):

$$F^* = \frac{\frac{SSE_{CA+TQ} - SSE_T}{2}}{\frac{SSE_T}{n_1 + n_2 - 4}}$$

donde SSE_{M+H} es la suma del cuadrado de los errores de la regresión combinada de los ejemplares de ambos sexos y SSE_T la suma del cuadrado de los errores de los ejemplares de machos y hembras. Para probar la igualdad de ambas regresiones se debe cumplir que $F^* \leq F_{(1-\alpha; 2; n_1+n_2-4)}$.

Una vez determinada la *Lc* asintótica, la estimación de t_0 se realizó mediante el gráfico y la ecuación propuesta por von Bertalanffy (1934) cuya expresión corresponde a:

$$-\ln\left(1 - \frac{L(t)}{L_{\infty}}\right) = -K t_0 + K t$$

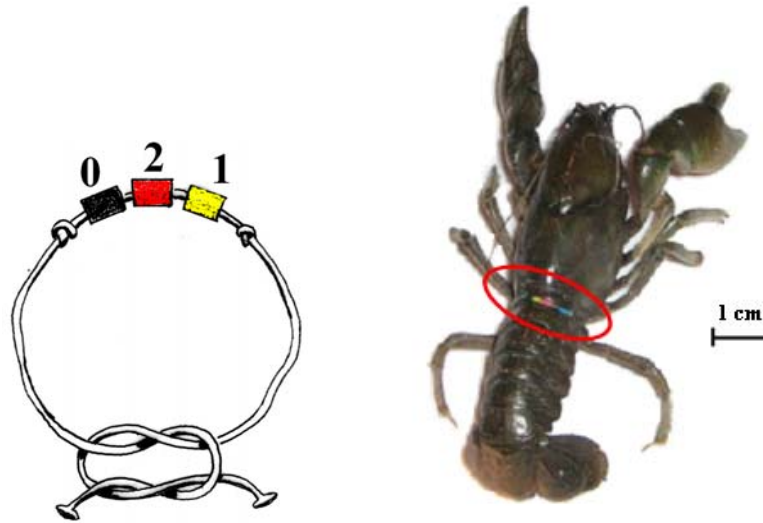


Figura 1. Marbete tipo cinturón colocado entre el cefalotórax y abdomen de *Parastacus pugnax*.
Figure 1. Tag belt type located between the cephalothorax and abdomen of *Parastacus pugnax*.

Tabla 1. Número de ejemplares muestreados, marcados y recapturados.
Table 1. Number of individuals sampled, tagged and recaptured.

Fecha de muestreo	Nº de ejemplares muestreados	Nº de ejemplares marcados	Nº de ejemplares recapturados
10-ago-07	39	39	-
08-sep-07	197	13	1
29-oct-07	212	14	3
21-nov-07	220	17	2
18-dic-07	225	14	3
23-feb-08	242	13	4
26-mar-08	325	11	2
29-abr-08	307	8	6
26-may-08	444	13	3
22-jun-08	479	13	7
27-jul-08	460	11	8
26-ago-08	362	-	6
Total	3.512	166	45

Los resultados obtenidos, mostraron que las rectas de declinación de la tasa de crecimiento en el tiempo vs la talla media no variaron significativamente entre machos y hembras ($F^* = 0,66 < F_{(1-\alpha; 2; n1+n2-4)} = 3,21$). De esta forma, el modelo lineal (machos + hembras) quedó establecido como $\Delta Lc / \Delta t = 1,63 - 0,029 Lc$ (Fig 2). Los parámetros Lc_{∞} y K correspondieron a 55,9 y 0,35 mm año⁻¹ respectivamente.

Con la edad t (años) como variable independiente, la cual fue asignada en forma arbitraria, de acuerdo a Ibarra (2010), y el logaritmo del lado izquierdo de la ecuación como variable dependiente (y), la ecuación

definió una regresión lineal, donde el intercepto que fue establecido como $a = -K t_0$. De allí, el valor estimado de t_0 correspondió a -0,38 años. Con los parámetros determinados, la curva de crecimiento en longitud quedó definida por la ecuación $Lc_i \text{ mm} = 55,9 \text{ mm} \left(1 - e^{(-0,35 \text{ mm}\cdot\text{año}^{-1} (t+0,38 \text{ años}))} \right)$ (Fig. 3a). De acuerdo a la relación talla-peso determinada por Ibarra (2010), la curva de crecimiento en peso se representó por la función:

$$W_i \text{ g} = 83,8 \text{ g} \left(1 - e^{(-0,35 \text{ mm}\cdot\text{año}^{-1} (t+0,38 \text{ años}))} \right)^{2,98} \text{ (Fig. 3b).}$$

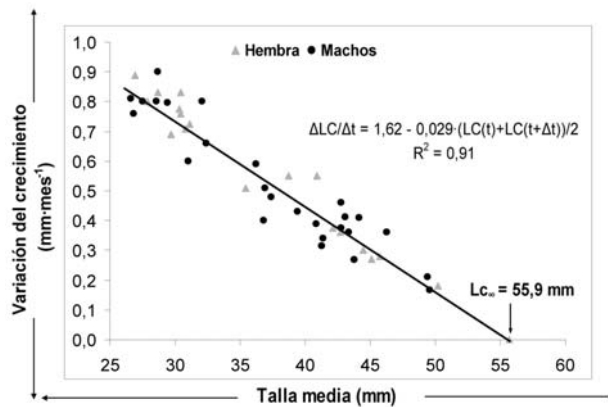


Figura 2. Determinación de la $L_{c\infty}$ y K en *P. pugnax*, mediante el método de Gulland & Holt (1959).

Figure 2. Determination of $L_{c\infty}$ and K in *P. pugnax*, by Gulland & Holt method (1959).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se deduce que la marca tipo cinturón es adecuada para el estudio del crecimiento de este camarón, ya que perdura por períodos de tiempo prolongados. Esto último, se comprueba porque uno de los ejemplares de *P. pugnax* fue extraído nueve meses después de ser marcado, permitiendo la lectura de la marca y la identificación del individuo sin dificultad, confirmando los beneficios de esta marca y su utilización crustáceos de pequeño tamaño.

En general, los parámetros $L_{c\infty}$ y K obtenidos en *P. pugnax* son mayores a los estimados en las especies brasileñas *P. defossus* (Noro & Buckup, 2009) y *P. brasiliensis* (Fries, 1984; Fontoura & Buckup, 1989), pero inferiores a los determinados en otros crustáceos dulceacuícolas explotados comercialmente, como *Procambarus clarkii* (Anastácio & Marques, 1995; Fidalgo *et al.*, 2001; Chiesa *et al.*, 2006; Scalici & Gherardi, 2007; Scalici *et al.*, 2009), y *Cherax quinquecarinatus* (Beatty *et al.*, 2005) (Tabla 2).

Tomando en cuenta los estudios realizados sobre *P. pugnax* por Arias & Muñoz (1991) y Rudolph (1997) el valor de $L_{c\infty}$ estimado en la presente investigación, resulta concordante con los valores de L_c máximos obtenidos en las capturas realizadas por dichos autores. De esta manera, *P. pugnax* alcanzaría un peso comercial de 30 g en aproximadamente tres años, al igual que *Samastacus spinifrons*, otro parastacido chileno, catalogado como de alto potencial para ser cultivado (Rudolph *et al.*, 2010).

Los parámetros de crecimiento obtenidos podrían ser utilizados en diversos modelos aplicados a futuras evaluaciones de stocks de esta especie. Cabe mencionar, que además de determinar el estado en que se encuentra este recurso es necesario considerar otros

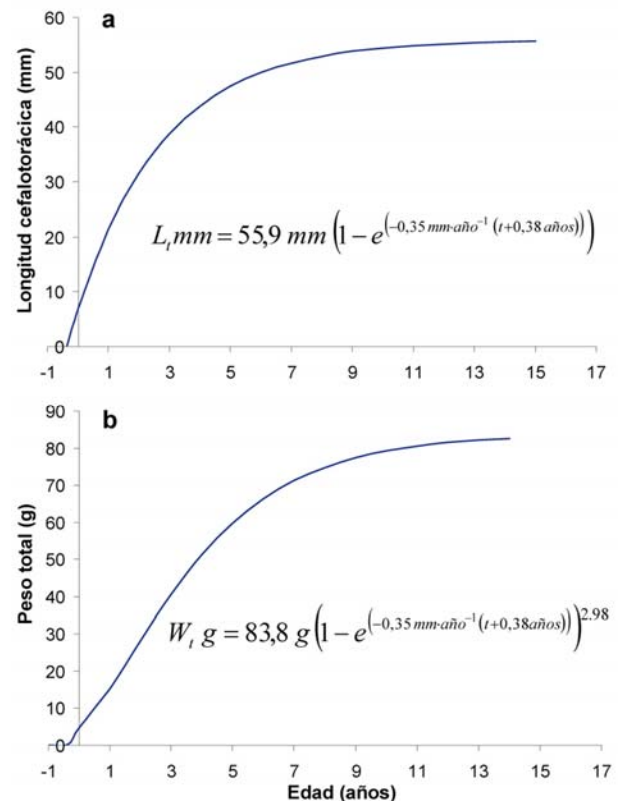


Figura 3. Curvas de crecimiento (a) en longitud y (b) en peso, estimadas en *P. pugnax*.

Figure 3. Growth curves (a) in length and (b) in weight, estimated in *P. pugnax*.

factores que afectan a las poblaciones de *P. pugnax*, tales como el deterioro de su hábitat (Rudolph & Crandall, 2007) y la actual aplicación de un período de veda entre el 1° de diciembre y el 30 de abril de cada año (D.S. N°145 de abril de 1986), sin contar con antecedentes acabados respecto a la reproducción de esta especie. Esta regulación igualmente involucra a otras cinco especies de parastácidos chilenos, medida que tiene su base en la normativa aplicada al camarón de río del norte (*Cryphiops caementarius*) (Jara *et al.*, 2006), sin ninguna relación con estos organismos. Al igual que lo señalado en *S. spinifrons* (Rudolph, 2002), la prácticamente inexistente fiscalización en la extracción permite la comercialización de hembras ovíferas y de ejemplares que no han alcanzado la madurez sexual; situación que para una especie de baja fecundidad, como *P. pugnax* (Ibarra, 2010), representa un impacto negativo para su conservación. También es importante señalar, que la bomba camaronera utilizada para su extracción tiene escasa o nula selectividad, lo que podría provocar alta mortalidad de crías.

Tabla 2. Parámetros de crecimiento individual de crustáceos dulceacuicolas.**Table 2.** Parameter estimates of individual growth curve in freshwater crustaceans.

Autor(es)	Especie	L_{∞} (mm)	K(mm año ⁻¹)	Sexo
Noro & Buckup (2009)	<i>Parastacus defossus</i>	30,98	0,0026	Ambos
Fries (1984)	<i>Parastacus brasiliensis</i>	42,89	0,002	Ambos
Fontoura & Buckup (1989)	<i>Parastacus brasiliensis</i>	57,37	0,23	Ambos
Anastácio & Marques (1995)	<i>Procamburus clarkii</i>	56,00	0,68	Ambos
Fidalgo <i>et al.</i> (2001)	<i>Procamburus clarkii</i>	62,00	0,23	Ambos
Chiesa <i>et al.</i> (2006)	<i>Procamburus clarkii</i>	64,30	0,70	Hembras
		63,30	0,66	Machos
Scalici & Gherardi (2007)	<i>Procamburus clarkii</i>	65,50	0,69	Hembras
		62,60	0,62	Machos
Scalici <i>et al.</i> (2009)	<i>Procamburus clarkii</i>	74,60	0,32	Hembras
		68,30	0,33	Machos
Beatty <i>et al.</i> (2005)	<i>Cherax quinquecarinatus</i>	66,70(*)	0,27	Ambos

(*) Longitud asintótica del perímetro del capazón

REFERENCIAS

- Acosta, C. & S. Perry. 2000. Effective sampling area: a quantitative method for sampling crayfish populations in freshwater marshes. *Crustaceana*, 73(4): 425-431.
- Aldrich, J. 1997. R.A. Fisher and the making of maximum likelihood 1912-1922. *Stat. Sci.*, 12(3): 162-176.
- Anastácio, P. & J. Marques. 1995. Population biology and production of the red swamp crayfish *Procamburus clarkii* (Girard, 1852) in the lower Mondego river valley, Portugal. *J. Crust. Biol.*, 15: 156-168.
- Arana, P. 1992. Desplazamientos de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis* H. Milne Edwards, 1837) determinados a través de marcaje. *Cienc. Tec. Mar*, 15: 49-75.
- Arana, P. & C. Toro. 1985. Experiencias de transporte y cultivo del camarón de río (*Cryphiops caementarius*), en pozas construidas en Lo Rojas, Quillota. *Estud. Doc., Univ. Católica Valparaíso*, 1(85): 78 pp.
- Arana, P. & V. Venturini. 1989. Crecimiento y migración de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*) determinado a través de metodologías de marcaje. *Estud. Doc., Univ. Católica Valparaíso*, 4/89: 75 pp.
- Arias, P. & D. Muñoz. 1991. Antecedentes bioecológicos del camarón de vega *Parastacus pugnax* (Poëppig, 1835), en el área de Chillán. *Agro-Ciencia*, 7(2): 167-172.
- Bahamonde, N., A. Carvacho, C. Jara, M. López, F. Ponce, M.A. Retamal & E. Rudolph. 1998. Categorías de conservación de decápodos nativos de aguas continentales de Chile. *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat.*, 47: 91-100.
- Beatty, S.J., D.L. Morgan & S. Howarrd. 2005. Life history and reproductive biology of the gilgie, *Cherax quinquecarinatus*, a freshwater crayfish endemic to southwestern Australia. *J. Crust. Biol.*, 25(2): 251-262.
- Bennett, D.B. & S.R. Lovewell. 1983. Lobster (*Homarus gammarus*) tagging. *Fish. Res. Tech. Rep.*, MAFF Direct. Fish. Res., Lowestoft, 71: 7 pp.
- Bubb, D., M. Lucas, T. Thom & P. Rycroft. 2002. The potential use of PIT telemetry for identifying and tracking crayfish in their natural environment. *Hydrobiologia*, 483: 225-230.
- Campodonico, I., M.B. Hernández & E. Riveros. 1983. Investigación, manejo y control de las pesquerías de centolla y centellón de la XII Región. Informe consolidado: Recurso centellón. *Inf. Inst. Pat.*, 25: 97 pp.
- Campodonico, I. & J. López. 1988. Crecimiento de juveniles en cautividad. Diagnóstico bio-pesquero de la centolla XII Región, 1987. *Inf. Inst. Pat.*, s/n, Parte 2: 22 pp.
- Chiesa, S., M. Scalici, G. Gibertini. 2006. Occurrence of allochthonous freshwater crayfishes in Latium (Central Italy). *Bull. Fr. Pêche. Piscic.*, 380-381: 883-902.
- Costello, T.J. & D.M. Allen. 1961. Survival of stained, tagged and unmarked shrimp in the presence of predators. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, 14: 16-19.
- Dawson, C.E. 1957. Studies on the marking of commercial shrimp with biological stains. *Spec.*

- scient. Rep. U.S. Fish Wildl. Serv. (Fish.), 231: 24 pp.
- Ernst, B., C. Parada, P. Manríquez, J. Chamorro & P. Retamal. 2008. Dinámica poblacional y pesquera de la langosta en la isla Alejandro Selkirk. Informe Final FIP 2008-24: 170 pp.
- Fidalgo, M., P. Carvalho & P. Santos. 2001. Population dynamics of the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) from the Averoio Region, Portugal (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*, 74(4): 369-375.
- Fletcher, W.J., I.W. Brown & D.R. Fielder. 1990. Movement of coconut crabs, *Birgus latro*, in a rainforest habitat in Vanuatu. *Pac. Sci.*, 44(4): 407-416.
- Fontoura, N.F. & L. Buckup. 1989. O crescimento do *Parastacus brasiliensis* (von Martens, 1869) (Crustacea, Decapoda, Parastaciade). *Rev. Bras. Biol.*, 49(4): 897-909.
- Freire, J. & E. González-Gurriarán. 1998. New approaches to the behavioural ecology of decapod crustaceans using telemetry and electronic tags. *Hydrobiologia*, 371/372: 123-132.
- Fries, B.G. 1984. Observações sobre o langostin de água doce *Parastacus brasiliensis* (von Martens, 1869) em condições de cultivo experimental em laboratório (Crustacea, Decapoda, Parastaciade). *Rev. Bras. Biol.*, 44(4): 409-416.
- Frisch, A.J. 2007. Short-and long-term movements of painted lobster (*Panulirus versicolor*) on a coral reef at Northwest Island, Australia. *Coral Reefs*, 26: 311-317.
- Gallardo, C., J. Goldstein & M. Thiel. 2007. Individual identification of decapod crustaceans. I: Color patterns in rock shrimp (*Rhynchocinetes typus*). *J. Crust. Biol.*, 27(3): 393-398.
- García, S. & L. Le Reste. 1986. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. *FAO Doc. Téc. Pesca*, 203: 180 pp.
- Geaghan, J. 1973. Resultados de las investigaciones sobre centolla, *Lithodes antarctica* (Jacquinot, 1853), realizadas por el Instituto de Fomento Pesquero en la Provincia de Magallanes. *Publ. Inst. Fom. Pesq.*, Santiago, 52: 70 pp.
- Gulland, J.A. & S.J. Holt. 1959. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *J. Cons. CIEM*, 25(1): 47-49.
- Ibarra, M. 2010. Parámetros biológico-pesqueros del camarón de vega, *Parastacus pugnax* (Poeppig, 1835) en la zona de Tiuquilemu, Región del Bío-Bío. Tesis, Pontificia Universidad Católica Valparaíso, 74 pp.
- Jara, C., E. Rudolph & E. González. 2006. Estado de conocimiento de los malacostráceos dulceacuícolas de Chile. *Gayana*, 70(1): 40-49.
- Kimker, A., W. Donaldson & W.R. Bechtol. 1996. Spot shrimp growth in Unakwik Inlet, Price William Sound, Alaska. *Alaska Fish. Res. Bull.*, 3(1): 1-8.
- Kourist, W., E. Match & K. Tiews. 1964. Ergebnisse von im Jahre 1962 durchgeführten Garnelemarkierungsexperimenten. *Arch. Fish.*, 15(1): 16-22.
- Labarca, P. 1971. Sistema de marcación de camarones por cauterización aplicado a la especie *Cryphiops caementarius*. *Cryphiops*, 2: 18-20.
- Le Vay, L., V.N. Ut & M. Walton. 2007. Population ecology of the mud crab *Scylla paramamosain* (Estampador) in an estuarine mangrove system; a mark-recapture study. *Mar. Biol.*, 151: 1127-1135.
- Lindner, M.J. & W.W. Anderson. 1956. Growth, migrations, spawning and size distribution of shrimp *Penaeus setiferus*. *Fish. Bull.*, 56(106): 555-645.
- Menzel, R.W. 1955. Marking of shrimp. *Science*, 121(3143): 446.
- Meyer-Waarden, P.F. & K. Tiews. 1965. Further results of the German shrimp research. Special meeting to consider problems in the exploitation and regulation of fisheries for Crustacea. *Rapp. P. v. Réun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer*, 156: 131-138.
- Moser, S.M., D.J. Macintosh, S. Prinpanapong & N. Tongdee. 2002. Estimates of growth of the mud crab *Scylla olivacea* in the Ranong mangrove ecosystem, Thailand, based on a tagging and recapture study. *Mar. Freshw. Res.*, 53: 1083-1089.
- Muñoz, C., L. Pardo, L. Henríquez & A. Palma. 2006. Variaciones temporales en la composición y abundancia de cuatro especies de *Cancer* (Decapoda: Brachyura: Cancridae) capturadas con trampas en bahía San Vicente, Concepción (Chile central). *Invest. Mar.*, Valparaíso, 34(2): 9-21.
- Neal, A.R. 1969. Population dynamics. Report of the Bureau of Commercial Fisheries Biological Laboratory, Galveston, Texas, *US Circ. Fish. Wildl. Ser.*, 8: 65-87.
- Neter, J. & W. Wasserman. 1974. Applied linear statistical models. Regression, analysis of variance, and experimental designs. Ed. Richard D. Irwin, Illinois, 842 pp.
- Noro, C.K. & L. Buckup. 2009. O crescimento do *Parastacus defossus* (Crustacea: Decapoda: Parastaciade). *Zoologia*, 26(1): 54-60.
- Parkyn, S., K. Collier & B. Hicks. 2002. Growth and population dynamics of crayfish *Paranephrops planifrons* in streams within native forest and pastoral land uses. *N.Z. J. Mar. Freshw. Res.*, 36: 847-861.

- Parrack, M. 1979. Aspects of brown shrimp, *Penaeus aztecus*, growth in the northern Gulf of México. Fish. Bull., 76(4): 827-833.
- Pavez, P. & P. Arana. 1982. Estimaciones de incrementos de talla, esquema de migración y determinación de tamaños poblacionales vulnerables de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). Informe Final. Estud. Doc., Univ. Católica Valparaíso, 16/82: 87 pp.
- Riesco, M. 1984. Experimentos de marcaje realizados sobre el camarón de roca *Rhynchocinetes typus* (Milne Edwards, 1837) en Valparaíso. Tesis, Universidad Católica Valparaíso, Valparaíso, 51 pp.
- Rudolph, E. 1997. Intersexualidad en el camarón excavador *Parastacus pugnax* (Poeppig, 1835) (Decapoda; Parastacidae). Invest. Mar., Valparaíso, 25: 7-18.
- Rudolph, E. 2002. Sobre la biología del camarón de río *Samastacus spinifrons* (Philippi 1882) (Decapoda, Parastacidae). Gayana, 66(2): 147-159.
- Rudolph, E. & K.A. Crandall. 2007. A new species of borrowing crayfish *Virilastacus retamali* (Decapoda, Parastacidae) from the southern Chile peatland. J. Crust. Biol., 27(3): 502-512.
- Rudolph, E., F. Retamal & A. Martínez. 2010. Cultivo de camarón de río *Samastacus spinifrons*: ¿Una nueva alternativa para la diversificación de la acuicultura chilena? Lat. Am. J. Aquat. Res., 38(2): 254-264.
- Rudolph, E., L. De la Fuente, M.E. Van Hasselt, A. Díaz & S. Dumenés. 1991. Composición química proximal de los tejidos comestibles y desperdicios de los camarones dulceacuícolas *Samastacus spinifrons*, *Parastacus pugnax* y *Parastacus nicoleti* (Crustacea: Decapoda: Parastacidae). Alimentos, 16(2): 23-29.
- Scalici, M., S. Chiesa, S. Scuderi, D. Celauro & G. Gibertini. 2009. Population structure and dynamics of *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) in a Mediterranean brackish wetland (Central Italy). Biol. Invasions, 12: 1415-1425.
- Scalici, M. & F. Gherardi. 2007. Structure and dynamics of an invasive population of the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in a Mediterranean wetland. Hydrobiologia, 583: 309-319.
- Tiews, K. 1967. The use of plastic tags for tagging small shrimps (brown shrimps, *Crangon vulgaris*, Fabricius) and on the problem of tagging experiments of this species of shrimp. Symp. Ser. Mar. Biol. Ass. India, 2(4): 1296-1300.
- Ulmestrand, M. & H. Eggert. 2001. Growth of Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758), in the Skagerrak, estimated from tagging experiments and length frequency data. ICES J. Mar. Sci., 58: 1326-1334.
- Van Montfrans, J., J. Capelli, R.J. Orth & C.H. Ryer. 2006. Use of microwire tags for tagging juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896). J. Crust. Biol., 6: 370-376.
- Von Bertalanffy, L. 1934. Untersuchungen über die Gesetzmäßigkeiten des Wachstums. 1. Allgemeine Grundlagen der Theorie. Roux' Arch-Entwicklungsmech. Org., 131: 613-653.

Received: 31 August 2010; Accepted: 17 May 2011