

**ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE *AUSTROPANDALUS GRAYI* (CUNNINGHAM, 1871)
(DECAPODA: CARIDEA) EN LOS CANALES DE LA REGIÓN DE AYSÉN***

REPRODUCTIVE ASPECTS OF *AUSTROPANDALUS GRAYI* (CUNNINGHAM, 1871)
(DECAPODA: CARIDEA) IN THE CHANNELS OF THE AYSÉN REGION

SYLVIA OYARZÚN¹
ROXANA LEÓN²
JUAN C. URIBE³
MARCIA VERA-ESCUADERO¹

¹Departamento de Ciencias y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,
Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile. Casilla 113-D.
E-mail: sylvia.oyarzun@umag.cl

²Laboratorio de Oceanografía Pesquera y Ecología Larval (LOPEL),
Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Chile.

³Laboratorio de Hidrobiología, Instituto de la Patagonia, Punta Arenas, Chile. Casilla 113-D.

Recepción: noviembre de 2004 – Versión corregida aceptada: enero de 2010

RESUMEN

Se estudió la fecundidad, tamaño de huevo, pérdida de huevos y rendimiento reproductivo (RO) en hembras de *Austropandalus grayi* recolectadas durante las expediciones CIMAR 7 Fiordos y CIMAR 8 Fiordos realizadas en los canales de la Región de Aysén (44° S a 46° S) en julio 2001 y julio 2002.

De los 84 ejemplares recolectados, 68% presentaron embriones en estadio temprano de desarrollo y sólo un 6% en estadio final. La fecundidad promedio fue superior el año 2002 (rango: 185 a 3.200 huevos) en comparación al 2001 (rango: 48 a 1.329 huevos), detectándose también ese año un mayor volumen promedio de los huevos (0,062 mm³ versus 0,037 mm³). Los ejemplares recolectados el 2001 provenían de zonas estuarinas con menores temperaturas y salinidades notoriamente más bajas, lo que podría explicar las diferencias interanuales encontradas.

La pérdida de huevos entre los estadios I y II alcanzó un promedio de 25%, con una tendencia a ser mayor en las clases de tallas inferiores, aunque dada la muy alta variabilidad de los datos las diferencias encontradas no fueron estadísticamente significativas. El RO fue de 0,22 y 0,24 para los años 2001 y 2002 respectivamente y no mostró correlación con el tamaño de la hembra. No se detectó un aumento significativo del contenido de agua con el desarrollo ontogénico.

La comparación de esta información con la publicada previamente para una población del Estrecho de Magallanes (53° S) sugiere que *A. grayi* presentaría mayor inversión energética por huevo y menor RO hacia latitudes más altas.

Palabras claves: Fecundidad, rendimiento reproductivo, crustáceos, Caridea, Chile.

ABSTRACT

Fecundity, egg size, embryo losses and reproductive output (RO) was studied in 84 *Austropandalus grayi* females collected in the channels of the Aysén Region (44° S to 46° S) during the cruises CIMAR 7 Fiordos and CIMAR 8 Fiordos carried out in July 2001 and July 2002. Most of the females carried early stage embryos (68%) and just 6% embryos in final stages. Mean fecundity was higher in 2002, ranging from 185 to 3,200 eggs, than in 2001, when ranged from 48 to 1,329 eggs. The size of the eggs had also higher mean volume in 2002 (0.062 mm³) than in 2001 (0.037 mm³). The specimens collected in 2001 came from estuarine areas with lower temperatures and high water dilution that could explain the high interannual differences found.

Embryo losses from stage I to stage II was estimated in 25%, and showed a tendency to be higher in smaller size females, although due to the high data variability the differences were not statistically significant. RO was 0.22 in 2001 and 0.24 in 2002 and was not related to female size. Egg water content did not vary significantly among the three stages assessed.

Considering a previous study in a population from the Strait Magellan (53° S) the obtained information suggests that *A. grayi* has an increase in energy investment per egg and a decrease of RO toward higher latitudes.

Key words: Fecundity, reproductive output, crustacea, Caridea, Chile.

INTRODUCCIÓN

La oferta alimentaria y especialmente la temperatura juegan un rol preponderante en los patrones de reproducción de las especies marinas (Thorson, 1950; Bauer, 1992; Hoegh-Guldberg & Pearse, 1995). El rasgo reproductivo más estudiado es la fecundidad puesto que junto con la tasa de sobrevivencia determinan la dinámica de una población a través del efecto que ejercen sobre la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (Roff, 1992; Power *et al.*, 2005). La fecundidad a lo largo de un gradiente latitudinal muestra, a menudo, un compromiso (*trade off*) con el tamaño del embrión (Power *et al. op. cit.* Fleming & Gross, 1990). En crustáceos, el tamaño del huevo ha sido utilizado tradicionalmente como un indicador del contenido de energía del mismo (Herring, 1974; Rosa *et al.*, 2007). A su vez las relaciones entre número y tamaño de los huevos se encuentran fuertemente asociadas con el modo de desarrollo de una especie (Jaekle, 1995). En el caso de los crustáceos carideos se ha observado que a menores latitudes existe una mayor fecundidad, la que va aparejada con una disminución del volumen del huevo (Clarke, 1993a; Thatje *et al.*, 2004; Wehrtmann & Kattner, 1998).

En invertebrados marinos y crustáceos también se presenta como generalización que el esfuerzo reproductivo se incrementa hacia latitudes bajas (Clarke, 1987; Lardies *et al.*, 2008). El esfuerzo reproductivo es una medida de la energía que una hembra destina a la reproducción, pero normalmente se mide como rendimiento reproductivo, ya que el primero es difícil de evaluar (Hines, 1982; Brante *et al.*, 2003). En crustáceos, la inversión que hace una hembra en su descendencia se ve afectada comúnmente por la pérdida de huevos durante la incubación, producto de una serie de factores, tanto alométricos como ecológicos (Kuris, 1991; Oh & Hartnoll, 1999). En el medio marino los crustáceos se encuentran ampliamente distribuidos y presentan variadas modalidades de reproducción (Sastry, 1983). Por ello el estudio de aquellas especies que tienen una amplia distribución geográfica es particularmente interesante pues permite reconocer como su patrón reproductivo puede verse afectado por las variaciones de las condiciones ambientales.

En las costas de Chile se conocen tres especies de Caridea Pandalidae: *Heterocarpus reedi* Bahamonde, 1955, *Plesionika santaecatalinae* Wicksten, 1983 y *Austropandalus grayi* Cunningham, 1871 (Wehrtmann & Lardies 1999).

Este último presenta una amplia distribución geográfica en la costa sudamericana y ha sido registrado desde cabo Frío (Brasil) hasta las cercanías de Puerto Montt (Chile) (Retamal, 1981; Boschi, 2000). *Austropandalus grayi* es uno de los camarones carideos más abundante en la zona de fiordos y canales del sur de Chile (41,5° S – 55,5° S) (Arntz *et al.*, 1999). En general, en esta zona los crustáceos carideos han sido poco estudiados, conociéndose algunos antecedentes sobre su distribución geográfica y batimétrica y presencia de larvas (Arntz *et al.*, *op. cit.* Mujica & Medina, 2000; Mujica, 2003; Mujica & Villablanca, 2003; Retamal, 2007; Thatje & Bacardit, 2000; Thatje *et al.*, 2003). La biología reproductiva de este grupo ha sido estudiada en hembras de *Campylonotus vagans* Bate, 1888 (Caridea, Campylonotidae) provenientes de Canal Beagle (Thatje *et al.*, *op. cit.*) y en *Austropandalus grayi* del Estrecho de Magallanes (Wehrtmann & Lardies *op. cit.*).

La variación latitudinal de las condiciones oceanográficas en los fiordos y canales del sur de Chile es amplia y en términos generales su extremo norte — en oposición al extremo sur — se caracteriza por presentar temperaturas más altas y una mayor oferta alimentaria (medida indirectamente como clorofila) (Montecinos *et al.*, 2008; Antezana, 1999). Por lo anterior y dada la amplia distribución de *A. grayi*, se esperaría, que los rasgos reproductivos de esta especie mostrasen variaciones respecto de lo observado en poblaciones localizadas en el extremo sur de su distribución. En este caso específico se estudian poblaciones de *A. grayi*, localizadas en el extremo norte de su distribución, donde no existen antecedentes previos sobre sus aspectos reproductivos. El objetivo de este estudio es aportar nuevos antecedentes sobre la fecundidad, tamaño de los huevos, rendimiento reproductivo y pérdida de huevos de *A. grayi*, a partir de muestras recolectadas en la región de Aysén.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se efectuó en la Región de Aysén, específicamente en los canales Leucayec (43° 54' S), Baeza (44° 28' S), Ninualac

(44° 58' S), Darwin (45° 23' S) y Chacabuco (45° 43' S) y en el estero Elefantes (46° 19' S) (Fig. 1). El acceso al área de estudio y recolección de las muestras se realizó a bordo del buque AGOR 60 “Vidal Gormaz” durante el invierno de 2001 (8 al 19 de julio) e invierno de 2002 (8 al 20 de julio), en el marco del Programa de investigación CIMAR 7 Fiordos y CIMAR 8 Fiordos.

Se recolectaron un total de 84 hembras ovígeras del camarón *Austropandalus grayi* mediante una red de arrastre Agassiz con un ancho de boca de 1,5 m y abertura de malla de 10 mm. Los ejemplares se fijaron en una solución de formalina al 5% neutralizada a saturación con borato de sodio. Posteriormente, se midieron con un Vernier de precisión 0,01 mm, las siguientes variables morfológicas: Largo total (*Lt*: distancia entre el margen dorsal medio anterior del caparazón y el margen distal medio del telson, excluyendo las setas), Longitud cefalotorácica (*Lc*: distancia entre la escotadura ocular y el margen medio distal del caparazón) y Alto cefalotorácico (*Ac*: altura máxima del caparazón). Con los datos registrados, se determinó el volumen del caparazón (*Vc*) de acuerdo a Lardies (1995):

$$Vc = (Ac)^2 * Lc$$

De cada hembra se removió la masa total de huevos la que fue pesada con una balanza analítica (0,0001g de precisión). Luego se procedió a separar y pesar 30 huevos, lo que permitió calcular el número total de huevos por hembra mediante regla de tres simple directa. En los mismos 30 huevos se midieron los diámetros mayor y menor con el soporte lógico *Image-Pro plus*, información que permitió determinar el volumen de los huevos (*V*), de acuerdo a Turner & Lawrence (1979):

$$V = \frac{1}{6} (\pi \cdot d_1^2 * d_2)$$

en donde, d_1 y d_2 representan el diámetro máximo y mínimo de un esferoide.

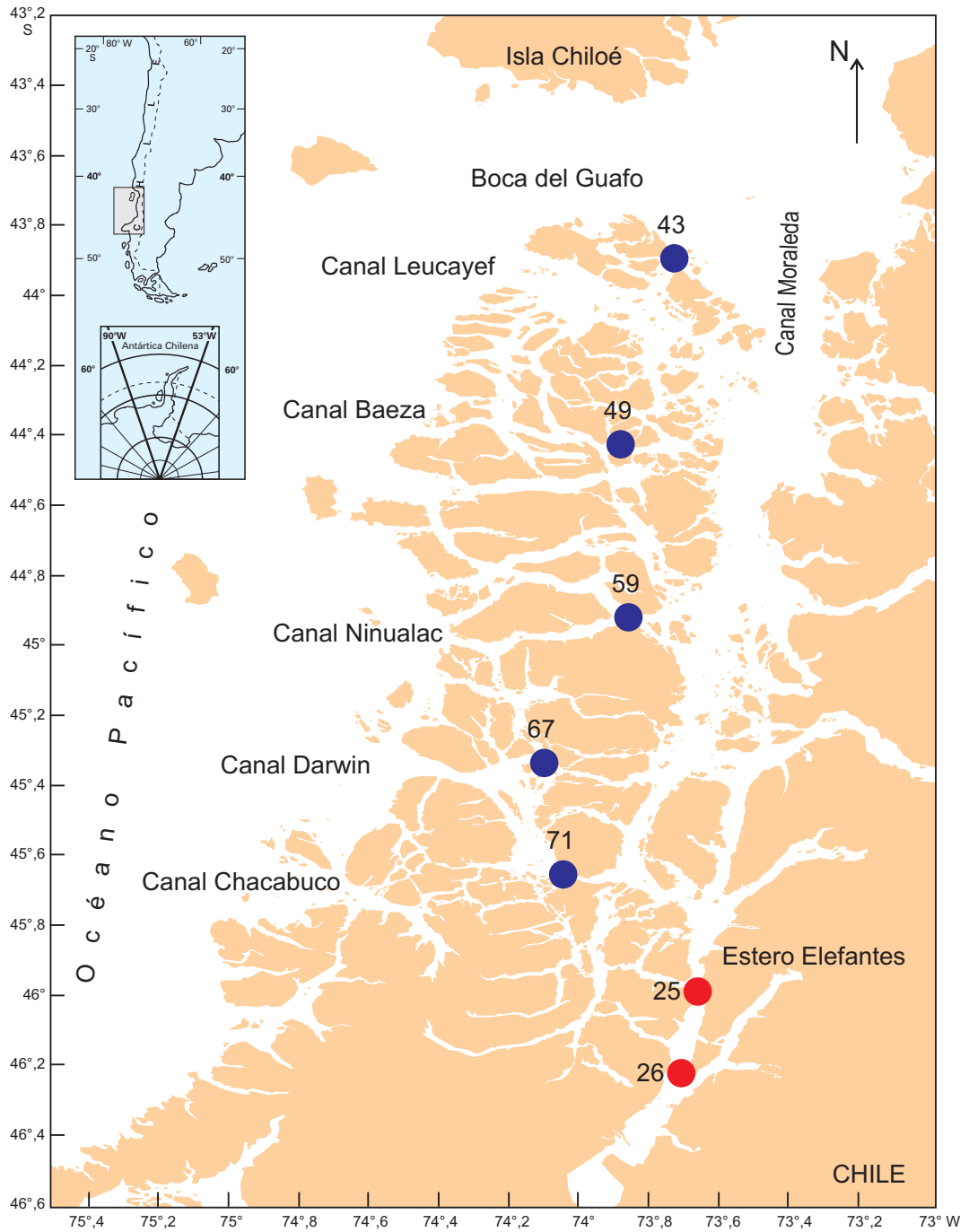


Fig. 1: Mapa con estaciones de muestreo.

Fig. 1: Location of sampling stations.

El volumen promedio de esta submuestra fue multiplicado por el número total de huevos estimándose así el volumen de la masa de huevos de cada hembra.

El estadio de desarrollo de los embriones se determinó de acuerdo a Wehrtmann (1990), **Estadio I:** huevos recientemente producidos, esféricos o ligeramente ovalados, vitelo uniforme y sin pigmentación ocular visible; **Estadio II:** formación de mancha ocular, el vitelo ocupa menos de la mitad del huevo; **Estadio III:** ojos claramente visibles y completamente desarrollados, poca cantidad de vitelo y abdomen libre.

Seguidamente, la masa de huevos de cada hembra, fue dividida en tres submuestras y el agua intersticial se extrajo con papel filtro. Tanto las hembras como los huevos fueron secados a 60 °C por 48 h para la obtención del peso seco, utilizándose una balanza analítica con precisión 0,0001g. Posteriormente, se determinó el rendimiento reproductivo (RO), de acuerdo a Clarke *et al.* (1991):

$$RO = \frac{\text{Peso seco masa de huevos}}{\text{Peso seco hembra}}$$

La relación entre longitud cefalotorácica (x) y el número de huevos (y) fue analizada mediante la regresión potencial, $y = a x^b$ (Hamazaki *et al.*, 2006; Brante *et al.*, *op. cit.*). Los datos fueron ajustados a un modelo de regresión lineal mediante la transformación, $\log y = \log a + b \log x$, y los parámetros a y b fueron calculados a través del método de mínimos cuadrados (Zar, 1996). Se utilizó análisis de covarianza para comparar las pendientes entre las ecuaciones de las regresiones lineales correspondientes a distintos estadios (Hamazaki *et al.*, *op. cit.*).

La determinación de la mortalidad y el RO se realizó de acuerdo a la metodología planteada por Wehrtmann & Lardies (*op. cit.*) y Brante *et al.* (2004). Los promedios de peso seco y contenido de agua de los huevos en los distintos estadios se compararon mediante ANOVA unifactorial, previa transformación logarítmica ($Y = \ln x$) de los datos. En todos los análisis estadísticos

el rechazo de la hipótesis nula se hizo a un nivel de significancia de 0,05.

RESULTADOS

En los años 2001 y 2002 se recolectaron 27 y 57 hembras ovígeras respectivamente (Tabla I). Comparativamente los ejemplares recolectados el año 2001 presentaron mayor longitud total, mayor longitud cefalotorácica y un mayor volumen de caparazón (Tabla I).

Del total de hembras ovígeras examinadas 57 portaban huevos en estadio I (Tabla II). La Tabla II, además, muestra que las hembras recolectadas el 2002 presentaron en promedio mayor fecundidad, mayor tamaño de los huevos y mayor volumen de la masa de huevos. A su vez, las hembras recolectadas en la estación 71, se caracterizaron por presentar la fecundidad más alta (casi el doble) y un volumen de la masa de huevos que prácticamente fue el doble del que portaban las otras hembras recolectadas ese mismo año. La fecundidad en las hembras con huevos en estadio I recolectadas el 2002 presentó un coeficiente de variación de 60,7%, demostrando una alta dispersión de los datos.

Hembras con huevos en estadio II de desarrollo embrionario sólo se capturaron el año 2002 (Tabla III). Entre ellas, las recolectadas en la estación 49 se caracterizaron por su mayor masa de huevos y ser, en promedio, relativamente más fecundas. Asimismo, el volumen de sus huevos fue casi un 25% superior al resto de las hembras. La fecundidad en las hembras con huevos en estadio II recolectadas el 2002 presentó un coeficiente de variación de 83,8%, demostrando una dispersión aún mayor de los datos.

Sólo se capturaron 5 hembras en estadio III (Tabla IV). Las hembras de la estación 71 portaban huevos con un volumen 50% superior respecto de las hembras de la estación 49, mientras que el volumen de su masa ovígera fue tres veces superior. La fecundidad promedio de las hembras de la estación 71 fue el doble de la observada en la estación 49 (Tabla IV).

En las muestras del año 2002 la fecundidad se incrementó en función del tamaño de la hem-

Tabla I. Datos morfométricos (promedio \pm error estándar) del total de hembras ovígeras de *Austropandalus grayi*. (*Lt* = Longitud Total, *Lc* = Longitud cefalotorácica, *Ac* = Alto cefalotorácico y *Vc* = Volumen caparazón).

Table I. Morphometric (mean \pm standar error) data in ovigerous females of *Austropandalus grayi*. (*Lt* = Total length, *Lc* = Carapace length, *Ac* = Carapace height, *Vc* = Carapace volume).

Año	Estación	Nº Hembras	<i>Lt</i> (mm)	<i>Lc</i> (mm)	<i>Ac</i> (mm)	<i>Vc</i> (mm ³)
2001	25	7	31,49 \pm 3,92	9,60 \pm 0,92	5,99 \pm 0,68	350,13 \pm 101,61
	26	20	27,66 \pm 3,82	8,72 \pm 0,83	7,15 \pm 6,05	300,36 \pm 92,26
2002	43	24	21,13 \pm 3,65	7,63 \pm 1,72	5,47 \pm 0,94	236,56 \pm 108,76
	49	6	24,77 \pm 2,27	8,90 \pm 1,17	6,05 \pm 0,49	329,38 \pm 83,63
	59	9	18,83 \pm 3,29	6,76 \pm 1,93	4,59 \pm 0,89	156,23 \pm 96,88
	67	3	21,37 \pm 1,96	8,27 \pm 1,26	4,73 \pm 1,17	200,09 \pm 127,09
	71	15	25,67 \pm 2,97	8,85 \pm 1,46	6,51 \pm 1,17	353,38 \pm 151,41

Tabla II. Fecundidad, tamaño de huevo y volumen de la masa ovígera en hembras de *A. grayi* portando huevos en estadio I.

Table II. Fecundity, egg size and egg mass volume in *A. grayi* females carrying stage I eggs.

Año	2001		2002		
	25	26	43	59	71
Nº hembras	7	20	11	8	11
Longitud cefalotorácica promedio (mm)	9,60	8,66	6,60	6,82	8,27
Nº huevos por hembra					
Promedio	313	426	1.140	1.140	2.086
Rango	48-1.329	110-960	279-1.430	185-1.796	1.009-3.200
Volumen huevo (mm ³)					
Promedio	0,050	0,033	0,057	0,062	0,068
Desviación estándar	0,037	0,012	0,016	0,009	0,010
Volumen masa huevos (mm ³)					
Promedio	15,6	19,1	64,6	70,8	141,2

Tabla III. Fecundidad, tamaño de huevo y volumen de la masa ovígera en hembras de *A. grayi* portando huevos en estadio II.Table III. Fecundity, egg size and egg mass volume in *A. grayi* females carrying stage II eggs.

Año	2002		
Estación	43	49	67
N° hembras	13	3	3
Longitud cefalotorácica: promedio (mm)	8,48	9,03	8,27
N° huevos por hembra			
Promedio	1189	1340	811
Rango	284-4.748	693-2.491	664-907
Volumen huevo (mm ³)			
Promedio	0,046	0,062	0,047
Desviación estándar	0,012	0,01 1	0,010
Volumen masa huevos (mm ³)			
Promedio	54,9	82,9	37,9

Tabla IV. Fecundidad, tamaño de huevo y volumen de la masa ovígera en hembras de *A. grayi* portando huevos en estadio III.Table IV. Fecundity, egg size and egg mass volume in *A. grayi* females carrying stage III eggs.

Año	2002	
Estación	49	71
N° hembras	2	3
Longitud cefalotorácica: promedio (mm)	9,60	10,20
N° huevos por hembra		
Promedio	1.136	2.560
Rango	1.111-1.161	1.909-3.164
Volumen huevo (mm ³)		
Promedio	0,061	0,094
Desviación estándar	0,011	0,012
Volumen masa huevos (mm ³)		
Promedio	69,2	240,03

bra tanto en el estadio I, como en el estadio II. La longitud cefalotorácica fue la variable que mostró la mejor correlación con el número de huevos en ambos estadios (Tabla V).

Utilizando las ecuaciones (1) y (2) (Tabla V) se calculó la pérdida de huevos entre estadios I y II. Las hembras de menor longitud de caparazón (6,5 mm) presentaron una mortalidad embrionaria de 32,3%, mientras que las hembras de mayor longitud de caparazón (10,5 mm) presentaron una mortalidad de 20,6%. La pérdida de huevos promedio, considerando todas las clases de tamaño, fue de 25%. Sin embargo, el análisis de covarianza no demostró diferencias significativas entre estadios (prueba para pendientes paralelas $F_{(1, 48)} = 0,00$; $p=1,0$ y prueba para efecto de grupos $F_{(1, 48)} = 2,845$; $p= 0,098$).

El volumen del huevo recientemente puesto (estadio I) producido por hembras de distinta longitud de caparazón no varió significativamente en todo el rango de tamaño evaluado, tanto en el año 2001 ($r^2= 0,06$; $n=21$; $p<0,05$), como en el 2002 ($r^2=0,017$; $n=25$; $p<0,05$) (Fig. 2 y Fig. 3).

El RO en las hembras recolectadas el 2001 (RO= $0,24 \pm 0,08$; $n=21$) (Fig. 2), fue bastante similar al de las hembras recolectadas en el año 2002 (RO= $0,22 \pm 0,11$; $n=25$) (Fig. 3). En ambos años el RO no estuvo ligado al tamaño de la hembra (Fig. 2 y Fig. 3).

El peso seco calculado en huevos portados por ejemplares recolectados el año 2002 disminuyó a medida que avanzó la ontogenia, desde 11,7 μg en el estadio I a 10 μg en el estadio III (Tabla VI). El contenido de agua, en tanto, aumentó levemente a medida que avanzó la ontogenia desde un 81,6% en el estadio I a un 86,3 en el estadio III (Tabla VI). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los pesos secos (ANOVA unifactorial $F_{(2, 47)} = 0,17$; $p = 0,84$) o el contenido de agua presente (ANOVA unifactorial $F_{(2, 47)} = 0,62$; $p = 0,54$).

DISCUSIÓN

Fecundidad

En los camarones carídeos, como en otros crustáceos, los huevos se encuentran unidos a

los pleópodos bajo el abdomen en un espacio físico que forma una cámara de incubación (Clarke, 1993b). Así, las hembras de mayor tamaño presentan un mayor espacio disponible y deberían portar un mayor número de huevos. En el presente estudio, las hembras de mayor tamaño fueron recolectadas el 2001 y las mediciones efectuadas dieron cuenta de un volumen más amplio del caparazón. Sin embargo, la fecundidad de estas fue inferior al de las hembras más pequeñas recolectadas el 2002. Una explicación posible sería que las condiciones ambientales a las que estuvieron sometidas las hembras recolectadas en estos dos períodos influyeron en su fecundidad. Puesto que la información ambiental de las estaciones muestreadas es puntual sólo se puede hacer afirmaciones hipotéticas respecto de la influencia de tales factores. El complejo sistema de fiordos y canales de la Región de Aysén, se caracteriza por presentar variaciones geográficas e interanuales en la temperatura, salinidad y producción de fitoplancton (Silva & Guzmán, 2006; Montecinos & Pizarro, 2008). La diferencia de temperatura de la columna de agua entre los inviernos del año 2001 y 2002 fue de aproximadamente 2 °C (Silva & Guzmán, *op. cit.*). Este dato por sí solo no podría explicar las sustanciales diferencias en fecundidad existentes entre ambos años. De mayor relevancia es el hecho que las estaciones 25 y 26 de estero Elefantes, donde se recolectaron hembras menos fecundas, se encuentran en un ambiente altamente influenciado por glaciares donde se presentan valores de salinidad notoriamente más bajos (Silva & Guzmán, *op. cit.*; Nakagima *et al.*, 1985). Esta área también presenta una concentración menor de nutrientes (Nakagima *et al.*, *op. cit.*) lo que claramente incide en una menor producción fitoplanctónica. Organismos sometidos a condiciones ambientales fuera de su rango óptimo pueden ser afectados en su crecimiento y reproducción (McAllen & Brennan, 2009). Así, las hembras de *Austropandalus grayi* en condiciones estuarinas, como las de estero Elefantes pueden ser consideradas fuera de su rango óptimo, lo que podría explicar las menores fecundidades respecto de las poblaciones localizadas más cerca del océano, muestreadas el 2002.

Muchos carídeos se caracterizan por presentar alta variabilidad en la fecundidad (Wer-

Tabla V. Parámetros estimados (\pm intervalo de confianza de 95%) para el modelo de regresión lineal, $\log y = \log a + b \log x$, entre longitud cefalotorácica de hembras (x) y fecundidad (y) para los estadios I (1) y II (2) de *Austropandalus grayi*.

Table V. Estimated parameters (\pm 95% confidence intervals) for the linear regression model, $\log y = \log a + b \log x$, between carapace length of females (x) and batch fecundity (y) for stages I (1) and II (2) of *Austropandalus grayi*.

Nº ecuación	n	$\log a$	b	R^2	p
(1)	31	1,629 \pm 0,862	1,678 \pm 1,004	0,287	< 0,05
(2)	21	1,190 \pm 1,259	2,010 \pm 1,361	0,335	< 0,05

Tabla VI. Contenido de agua y peso seco en los tres estadios de desarrollo embrionario de *A. grayi* para muestras recolectadas el 2002 (PROM: promedio; DE: desviación estándar).

Table VI. Eggs water content and egg dry weight in the three development stages of *A. grayi* (PROM: mean; DE: standard deviation).

	Estadio I				Estadio II				Estadio III			
	PROM	DE	%	n	PROM	DE	%	n	PROM	DE	%	n
Peso húmedo (μg)	63,4	26,8	---	25	62,8	26,3	---	20	73	9,7	---	5
Contenido agua (μg)	51,7	22	81,6	25	51,8	22,3	82,6	20	63	8,2	86,3	5
Peso seco (μg)	11,7	5,84	---	25	10,9	7,62	---	20	10	2,5	---	5

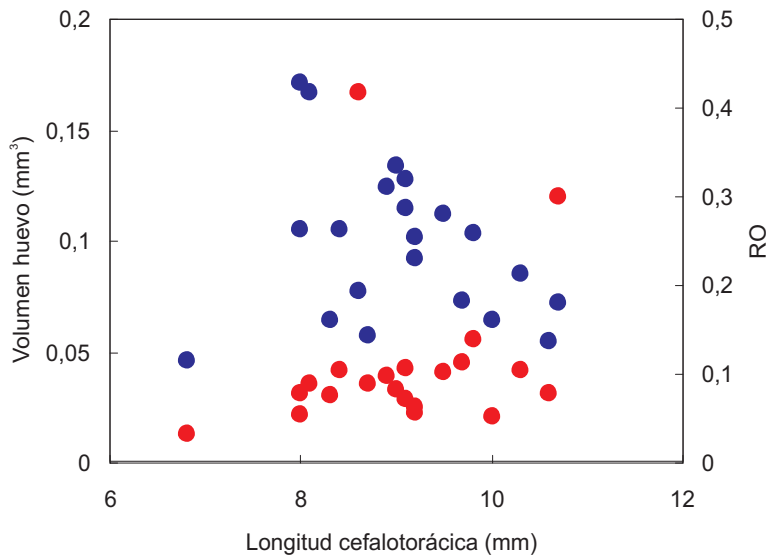


Fig. 2: Relación entre volumen del huevo (•) rendimiento reproductivo (RO) (•) con la longitud cefalotorácica en muestras recolectadas el 2001.

Fig. 2: Relationship among egg volume (•) and reproductive output (RO) (•) with carapace length in samples collected during 2001.

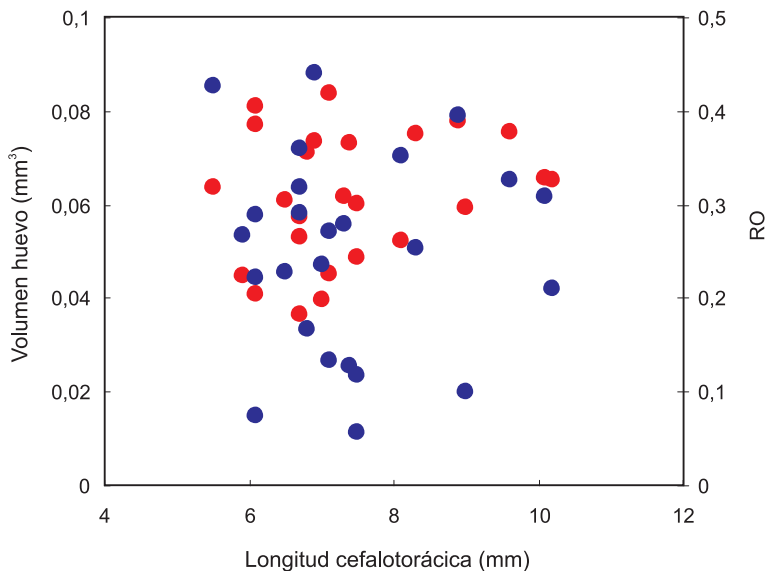


Fig. 3: Relación entre volumen del huevo (•) y rendimiento reproductivo (RO) (•) con la longitud cefalotorácica en muestras recolectadas el 2002.

Fig. 3: Relationship among egg volume (•) and reproductive output (RO) (•) with carapace length in samples collected during 2002.

thmann & Lardies, *op. cit.*) y en este caso el rango de variación estimado fue muy elevado. Por ello, no es absolutamente descartable que el método de recolección mediante el uso de rastra Agassiz pudiera afectar la captura y favorecer la pérdida de huevos, ya que durante el arrastre, propio de la recolección, organismos de distintos tamaños y ocasionalmente rocas pueden causar abrasión en aquellos ejemplares de menor tamaño y mayor fragilidad como *A. grayi*. Los datos obtenidos, sin embargo, son comparables, entre ellos y con los de Werthmann & Lardies (*op. cit.*) pues en todos los muestreos se utilizó el mismo método de captura.

Al comparar la información proporcionada por el presente estudio con el efectuado por Wehrtmann & Lardies (*op. cit.*), se observa que la fecundidad en las hembras del 2001 es inferior a la observada en la región de Magallanes. Por el contrario, las hembras recolectadas el 2002 tuvieron una fecundidad superior. El rango que presentó este parámetro durante el 2002 se ubica dentro del rango encontrado en otras especies de carídeos de similar tamaño de cefalotórax (*fide* Werthmann y Lardies, *op. cit.*). En consecuencia al contrario de lo afirma-

do por estos autores, no podría considerarse que esta especie sea menos fecunda que carídeos de similar tamaño.

Tamaño de los huevos

El volumen de los huevos en estadio I evaluados el año 2002 fue levemente superior al año 2001 y en un rango comparable con los datos presentados por Wehrtmann & Lardies (*op. cit.*) para el mismo estadio. Sin embargo, respecto del estadio II las diferencias son marcadas y los valores promedios aquí encontrados caen en torno a los valores mínimos mencionados por estos autores, quienes verifican un aumento de volumen de *ca.* 50% entre los estadios I y II, lo que es muy superior a lo encontrado en este estudio (Figs. 2 y 3). Las diferencias en volumen entre estadios, estarían dadas por la absorción de agua que presentarían los huevos en los estadios avanzados de desarrollo evaluados por Wehrtmann & Lardies (*op. cit.*). Es un hecho demostrado que existe un aumento en el tamaño de los huevos, por un ingreso de agua del ambiente conforme estos se van desarrollando (Pandian, 1970; 1994). Sin embargo, el rango de aumento es muy variable para

distintas especies (Wear, 1974). Al respecto, es interesante mencionar que Thatje *et al.* (*op. cit.*) destacan el dramático incremento del volumen de los huevos de *Campylonotus vagans*, sólo muy hacia el final de su desarrollo embrionario. Es posible entonces que el incremento notorio de volumen en *A. grayi* pudiera tener lugar en una etapa más avanzada de desarrollo que el aquí evaluado.

Por otra parte, si se compara el peso seco de los huevos en estadio I, calculado en las muestras recolectadas en Aysén durante el año 2002 se observa que este es inferior en casi un 50% a lo señalado por Werthmann & Lardies (*op. cit.*), lo que sugeriría una mayor inversión energética por huevo hacia latitudes más altas.

Pérdida de los huevos

La pérdida de huevos por parte de las hembras a lo largo del desarrollo embrionario es un fenómeno ampliamente documentado en crustáceos (Kuris, *op. cit.*). Varios son los factores que han sido indicados como causantes de esta mortalidad natural, como ser la infestación por parásitos, hongos o predación (Kuris, *op. cit.*). Uno de los factores más recurrentemente señalados se refiere a la limitación física que presentan los crustáceos en el espacio bajo el cefalotórax donde transportan los huevos (Hines, *op. cit.*). El ya discutido aumento del volumen del huevo, que en algunos casos supera el 100% del volumen inicial, hace que a medida que progresa el desarrollo embrionario, los huevos sobresalgan del perímetro que les confiere protección bajo el abdomen exponiéndolos a la abrasión y esfuerzo mecánico (Oh & Hartnoll, *op. cit.*). La alta variabilidad de los datos, reflejada en el alto coeficiente de variación, no permitió diferenciar estadísticamente la fecundidad entre hembras que portaban huevos en estadios I y II. Sin embargo, la mortalidad embrionaria asumida como pérdida de huevos tendió a aumentar con la disminución del tamaño de la hembra. Es probable, en todo caso que los valores de mortalidad aquí calculados (promedio 25%) puedan ser avalados con muestreos que permitan capturar un mayor número de hembras. Los datos publicados muestran un amplio rango de variación en lo referido a mortalidad embrionaria. Anger & Moreira (1998) encuentran una

mortalidad máxima de 23% en 4 especies de camarones carideos tropicales. En *Palaemon serratus* la mortalidad asciende a 38% (Reeve, 1969), mientras que en *Macrobrachium nobilii* es de 44% (Balasundaram & Pandian, 1982). Cabe considerar, sin embargo, que estos datos se refieren a todo el período de incubación de los huevos, por lo que es probable que la mortalidad embrionaria total de *A. grayi* en Aysén se encuentre en la parte alta de este rango.

La tendencia a un aumento de la mortalidad embrionaria hacia las tallas más pequeñas (Tabla V) es similar a la encontrada por Wehrmann & Lardies (*op. cit.*), aunque el rango de tallas evaluadas por estos autores es superior. Cabe hacer presente, sin embargo, que en este caso fue necesario recalcular los valores de mortalidad a partir de los datos presentados, pues los autores en realidad utilizan los datos de sobrevivencia. Así, los valores de mortalidad promedio entre los estadios I y III para los organismos de Magallanes serían de un 49%. En el presente trabajo el aumento de volumen del huevo entre estadios I y II fue más bien bajo, por lo que las pérdidas aquí encontradas no podrían ser atribuidas a restricciones alométricas. Se podría presumir, entonces, que en *A. grayi* un porcentaje bastante importante de la pérdida total de huevos (desde los estadios I a III) sería causada por factores distintos a los alométricos.

Rendimiento reproductivo

La mantención, crecimiento y reproducción son procesos que en un mismo organismo compiten entre sí, dado los recursos limitados que este puede obtener del ambiente (Levinton, 1982). Por esto la distribución interna de energía entre estos procesos debe ser optimizada para producir el mayor número posible de descendencia viable. En el caso de crustáceos braquiuros el rendimiento reproductivo varía enormemente entre especies dependiendo del tipo de hábitat (templado o tropical) y del modo de vida (parasítico o vida libre) (Hartnoll, 2006). En el presente trabajo el rendimiento reproductivo (0,24 y 0,22) no presentó diferencias significativas entre ambos años evaluados, siendo superior al registrado por Werthmann & Lardies (*op. cit.*). Estos valores se encuentran

dentro del rango medido en otros pandálidos del hemisferio norte como *Pandalus borealis* (Krøyer, 1838) y *Pandalus montagui* Leach, 1814 (Wehrtmann & Lardies *op. cit.*). Lo encontrado entonces está en concordancia con lo señalado por Clarke (*op. cit.*) respecto de un aumento del RO hacia latitudes menores. En otros crustáceos, sin embargo, se han encontrado varias excepciones a esta regla como por ejemplo los hallazgos de Lardies (*op. cit.*) quien detectó RO mayores en poblaciones de *Betaeus truncatus* Dana, 1852 de Guanaqueros (30° 08' S) en comparación con aquellas de Putemún (42° 25' S). Similar tendencia a la encontrada por Hernáez (2001) en poblaciones de *Petrolisthes granulatus* (Guerín, 1835) estudiadas en el norte de Chile.

Aun cuando el número de ejemplares estudiados es relativamente limitado, los análisis efectuados permiten insinuar la existencia de un gradiente latitudinal en la respuesta reproductiva de *Autropandalus grayi* respecto del tamaño de los huevos y del esfuerzo reproductivo. Existiría un menor rendimiento reproductivo hacia latitudes más altas, mientras que sucedería lo contrario respecto de la inversión de energía por huevo.

Puesto que los muestreos realizados en Aysén y Magallanes fueron puntuales, se requerirá un mayor esfuerzo logístico para establecer apropiadamente la biología reproductiva de este taxón mediante estudios comparativos de más largo alcance en poblaciones localizadas a lo largo de su distribución y que incluyan no sólo la evaluación de los parámetros aquí considerados, sino también aspectos ecológicos y genético-poblacionales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar sus sinceros agradecimientos al profesor Marco Retamal de la Universidad de Concepción, quien gentilmente recolectó las hembras ovígeras durante los muestreos efectuados en los cruceros CIMAR 7 y 8 Fiordos. Se agradece la colaboración a la tripulación y personal científico del Buque Oceanográfico AGOR

“Vidal Gormaz”. Al Sr. Juan Carlos Soto por su colaboración en el Laboratorio de la Universidad de Magallanes. El presente estudio fue financiado por el Comité Oceanográfico Nacional (CONA-C7F 01-09). Se agradece a dos revisores anónimos sus comentarios.

REFERENCIAS

- ANGER, K. & G. MOREIRA. 1998. Morphometric and reproductive traits of tropical caridean shrimps. *J. Crust. Biol.* 18: 823-838.
- ANTEZANA, T. 1999. Hydrographic features of Magellan and Fuegian inland passages and adjacent subantarctic water. *Scien. Mar* 63 (Supl. 1): 23-34.
- ARNTZ, W. M. GORNY, R. SOTO, M. LARDIES, M. RETAMAL & I. WEHRTMANN. 1999. Species composition and distribution of benthic decapod crustaceans in the waters off Patagonia and Tierra del Fuego, South America. *Scien. Mar* 63(Supl 1): 303-314.
- BALASUNBARAM, C. & P. J. PANDIAN. 1982. Egg loss during incubation in *Macrobrachium nobilii* (Henderson and Mathai). *J. Exptl. Mar. Biol. Ecol.* 59: 289-299.
- BAUER, R. T. 1992. Testing generalizations about latitudinal variation in reproduction and recruitment patterns with sicyoniid and caridean shrimp species. *Invert. Reprod. Develop.* 22: 193-202.
- BOSCHI, E. E. 2000. Species of decapod crustaceans and their distribution in the American marine zoogeographic provinces. *Rev. Inv. Des. Pesq.* 13: 7-136.
- BRANTE, A., C. CIFUENTES, H. PORTNER, W. ARNTZ & M. HERNÁNDEZ. 2004. Latitudinal comparisons of reproductive traits in five Brachyuran species along the Chilean coast. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 77: 15-27.

- BRANTE, A., M. FERNÁNDEZ, L. ECKERLE, F. MARK, H. O. PORTNER & W. ARNTZ. 2003. Reproductive investment in the crab *Cancer setosus* along a latitudinal cline: egg production, embryo losses and embryo ventilation. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 251: 221-232.
- CLARKE, A., C. C. E. HOPKINS & E. M. NIELSSEN. 1991. Egg size and reproductive output in deepwater prawn *Pandalus borealis* Kroyer, 1838. *Functl. Ecol.* 5: 724-730.
- CLARKE, A. 1987. Temperature, latitude and reproductive output. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 38: 89-99.
- CLARKE, A. 1993a. Reproductive trade-offs in caridean shrimps. *Functl. Ecol.* 7: 411-419.
- CLARKE, A. 1993b. Egg size and egg composition in polar shrimps (Caridea: Decapoda). *J. Exptl. Mar. Biol. Ecol.* 168: 189-203.
- FLEMING, I. A. & M. R. GROSS. 1990. Latitudinal clines: a trade-off between egg number and size in pacific salmon. *Ecology* 71(1): 1-11.
- HAMASAKI, K., K. FUKUNAGA & S. KITADA. 2006. Batch fecundity of the swimming crab *Portunus trituberculatus* (Brachyura: Portunidae). *Aquaculture* 253: 359-365
- HARTNOLL, R. G. 2006. Reproductive investment in Brachyura. *Hydrobiol.* 557: 31-40.
- HERNÁEZ, P. 2001. Producción y rendimiento reproductivo en *Petrolisthes granulatus* (Decapoda, Anomura, Porcellanidae) en diferentes localidades del norte de Chile: Una comparación latitudinal. *Invest. Mar.* 29(1): 73-81.
- HERRING, P. J. 1974. Size, density and lipid content of some decapod eggs. *Deep-Sea Res.* 21: 91-94.
- HINES, AH. 1982. Allometric constraints and variables of reproductive effort in brachyuran crabs. *Mar. Biol.* 69: 309-320.
- HOEGH-GULDBERG, O. & J. S. PEARSE. 1995. Temperature, food Availability, and the development of marine invertebrate larvae. *Amer. Zool.* 35(4): 415-425.
- KURIS, A. 1991. A review of patterns and causes of crustacean brood mortality. *In: Wenner A, Kuris A (eds.) Crustacean Issues. 7. Crustacean eggs production.* Balkema, Rotterdam, pp. 117-141.
- JAECKLE, W. B. 1995. Variation in the size, energy content, and biochemical composition of invertebrate eggs: correlates to the mode of larval development. *In: McEdwards L (ed). Ecology of marine invertebrate larvae,* pp 49-77. CRC Press, Boca Raton,
- LARDIES, M. 1995. Variación latitudinal en la biología reproductiva de *Bateus truncatus* (Decapoda: Alpheidae). Tesis Licenciatura en Biología Marina, Univ. Austral de Chile. 74 + anexos.
- LARDIES, M. A., M. H. MEDINA & J. A. CORREA. 2008. Intraspecific biogeographic pattern breakage in the snapping shrimp *Betaeus emarginatus* caused by coastal copper mine tailings. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 358: 203-210.
- LEVINTON, JS. 1982. *Marine Ecology.* Prentice Hall, New Jersey, 526 pp.
- MCALLEN, R. & E. BRENNAN. 2009. The effect of environmental variation on the reproductive development time and output of the high-shore rockpool copepod *Tigriopus brevicornis*. *J. Exptl. Mar. Biol. Ecol.* 368: 75-80.
- MONTECINO, V. & G. PIZARRO. 2008. Primary productivity and phytoplankton size and biomass in the austral Chilean channels and fjords: spring-summer patterns. *En: Silva N & S Palma (eds). Progress in the oceanographic knowledge of Chilean*

- interior waters, from Puerto Montt to Cape Horn, pp 93-97. Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.
- MONTECINO, V., M. A. PAREDES, C. VARGAS, P. URIBE, S. GIGLIO & G. PIZARRO. 2008. Bio-óptica y estructura de tamaños del fitoplancton asociadas con producción biológica en la región de Aysén: agosto y noviembre 2003 Cienc. Tecnol. Mar, 31 (1): 83-97.
- MUJICA, A. 2003. Larvas de crustáceos decápodos de los fiordos de la zona de Aysén. Cienc. Tecnol. Mar, 23(2): 109-121.
- MUJICA, A. & M. MEDINA. 2000. Distribución y abundancia de larvas de crustáceos decápodos en el zooplancton de los canales australes. Proyecto CIMAR 2 Fiordos. Cienc. Tecnol. Mar, 23: 49-68.
- MUJICA, A. & R. VILLABLANCA. 2003. Larvas de crustáceos decápodos en los fiordos y canales magallánicos. Cienc. Tecnol. Mar, 26(1): 73-83.
- NAKAGIMA, C., S. KOBAYASHI, T. SAITO & A. ZAMA. 1985. Limnological observations at Lagoon San Rafael and Elefantes Fjord. *En*: Nakagima C (Ed). Glaciological studies in Patagonian Northern Icefield 1983-1984, pp 100-106. Data Center for Glaciological Research, Japanese Society for Snow and Ice.
- OH, C. W. & R. G. HARTNOLL. 1999. Brood loss during incubation in *Philocheras trispinosus* (Hailstone, 1835) (Crustacea: Decapoda) in Port Erin Bay, Isle of man. J. Crust. Biol. 19: 467-476.
- PANDIAN, T. J. 1970. Ecophysiological studies on the developing eggs and embryos of the european lobster *Homarus gammarus*. Mar. Biol. 5: 154-167.
- PANDIAN, T. J. 1994. Arthropoda-Crustacea. In: K. G. Adiyodi and R. G. Adiyodi (eds), Reproductive Biology of Invertebrates, Vol. VI, Part B, Oxford & IBH Publ. Co. Pvt. Ltd., New Delhi. pp. 39-166.
- POWER, M., J. B. DEMPSON, J. D. REIST, C. J. SCHWARZ & G. POWER. 2005. Latitudinal variation in fecundity among Arctic char populations in eastern North America. J. Fish Biol. 67: 255-273.
- REEVE, M. R. 1969. The laboratory culture of the prawn, *Palaemon serratus*. Fish Invest London (Ser. 2) 26: 1-38.
- RETAMAL, M. A. 1981. Catálogo Ilustrado de los Crustáceos Decápodos de Chile. Gayana Zool. 44: 1-110.
- RETAMAL, M. A. 2007. Nota sobre la biodiversidad carcinológica en los fiordos orientales entre la boca del Guafo y el estero Elefantes. Cien. Tecnol. Mar, 30 (1): 149-154.
- ROFF, D. A. 1992. The Evolution of Life Histories: Theory and Analysis, 535 pp. Chapman & Hall, London.
- ROSA, R., R. CALADO, L. NARCISO & M. L. NUNES. 2007. Embryogenesis of decapod crustaceans with different life history traits, feeding ecologies and habitats: a fatty acid approach. Mar. Biol, 151: 935-947.
- SASTRY, A. N. 1983. Ecological aspects of reproduction *En*: Vernberg F. J & W. B. Vernberg (eds). The Biology of Crustacea. Environmental adaptations, pp. 179-270. Academic press Inc., New York.
- SILVA, N. & D. GUZMÁN. 2006. Condiciones oceanográficas físicas y químicas, entre la boca del Guafo y fiordo Aysén (Crucero CIMAR 7 Fiordos). Cien. Tecnol. Mar, 29(1): 25- 44.
- THATJE, S. & R. BACARDIT. 2000. Morphological variability in larval stages of *Nauticaris magellanica* (A. Milne Edwards, 1891) (Decapoda: Caridea: Hippolytidae) from South American waters. Bull. Mar. Sci. 66 (2): 375-398.
- THATJE, S., S. SCHNACK-SCHIEL, W. E. ARNTZ. 2003. Developmental trade-offs in

- Subantarctic meroplankton communities and the enigma of low decapod diversity in high southern latitudes. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 260: 195-207.
- THATJE, S., G. A. LOVRICH & K. ANGER. 2004. Egg production, hatching rate and abbreviate larval development of *Campylonotus vagans* Bate, 1888 (Crustacea: Decapoda: Caridea) in subantarctic waters. *J. Exptl. Mar. Biol. Ecol.* 301: 15-27.
- THORSON, G. 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biol. Rev.* 25: 1-45.
- TURNER, R. L. & J. M. LAWRENCE. 1979. Volume and composition of echinoderm egg: implications for the use of egg size in life-history models. *In*: S. E. Stancyk, (ed.). *Reproductive ecology of marine Invertebrates: The Belle W. Baruch Library Mar. Sc.* 9. Columbia Univ. South Carolina press. pp 25-40.
- WEAR, R. G. 1974. Incubation in British decapods crustacean and the effects of temperature on the rate and success of embryonic development. *J. Mar. Biol. Asso. UK.* 54: 745-762.
- WEHRTMANN, I. S. 1990. Distribution and reproduction of *Ambidexter panamense* and *Palaemonetes schmittii* in Pacific Costa Rica (Crustacea, Decapoda). *Rev. Biol. Trop.* 38(2A): 327-329.
- WEHRTMANN, I. S. & G. KATTNER. 1998. Changes in volume, biomass, and fatty acids of developing eggs in *Nauticaris magellanica* (Decapoda: Caridea): a latitudinal comparison. *J. Crust. Biol.* 18: 413-422.
- WEHRTMANN, I. S. & M. LARDIES. 1999. Egg production of *Austropandalus grayi* (Decapoda, Caridea, Pandalidae) from the Magellan region, South America. *Scien. Mar.* 63: 325-331.
- ZAR, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis* (3th Edition), 662 pp + appendix. Prentice Hall, Internacional Editions.