

ESTADOS TEMPRANOS DE DESARROLLO DE CRUSTÁCEOS DECÁPODOS ASOCIADOS A MACROALGAS FLOTANDO A LA DERIVA EN FIORDOS Y CANALES DEL SUR DE CHILE*

EARLY DEVELOPMENTAL STAGES OF CRUSTACEAN DECAPODS ASSOCIATED WITH FLOATING SEAWEED IN FIORD AND CHANNELS FROM SOUTHERN CHILE

IVÁN A. HINOJOSA,
SEBASTIÁN BOLTAÑA,
EXEQUIEL R. GONZÁLEZ,
ERASMO C. MACAYA,
MARTÍN THIEL,
PABLA UGALDE
NELSON VALDIVIA

Universidad Católica del Norte,
Facultad de Ciencia del Mar,
Larrondo # 1281 Coquimbo, Chile.
E-mail: thiel@ucn.cl

Fecha de recepción: enero de 2004 - Versión corregida aceptada: mayo de 2007.

RESUMEN

Durante el crucero “CIMAR 9 Fiordos” realizado en agosto y noviembre de 2003 en los fiordos y canales de la región de Aysén, Chile, se cuantificó la abundancia de macroalgas flotando a la deriva (MFD) y se identificó los estados tempranos de desarrollo de crustáceos decápodos (megalopas y juveniles, ETD) asociados a ellas. Las macroalgas *Macrocystis* spp. y *Durvillaea antarctica* fueron las más abundantes. Para ambos meses monitoreados se registraron las mayores abundancias de MFD en la zona norte del área de estudio y en el sector sur del canal Moraleda. Las abundancias de macroalgas fueron sustancialmente más altas en primavera (noviembre) que en invierno (agosto). Del mismo modo, sólo en primavera se encontró ETD asociados a estas macroalgas, pero en abundancias relativamente bajas (máximo de 5 ind. por muestra). Las especies de crustáceos decápodos encontradas en MFD son especies principalmente intermareales. En un estudio sobre MFD, realizado en la misma localidad y durante primavera de 2002 (CIMAR 8 Fiordos), se encontró mayores abundancias de ETD asociados que en el presente estudio. Se concluye que en la área de estudio hay un suplemento relativamente consistente y alto de MFD, pero existe elevada variabilidad inter e intra-anual de la presencia de ETD en estas macroalgas. Por lo tanto, se sugiere examinar con mayor detalle esta asociación para determinar la importancia de MFD en el proceso de reclutamiento de especies de crustáceos decápodos.

Palabras claves: Macroalgas, deriva, *Macrocystis* spp., *Durvillaea antarctica*, decápodos, dispersión larval, reclutamiento.

* Proyecto CONA-C9F 03-15.

ABSTRACT

During the "CIMAR 9 Fiordos" cruise, carried out in August and November 2003 in the fjords and channels from "Region de Aysén", Chile, we quantified the abundance of floating macroalgae (MFD) and identified early developmental stages of crustacean decapods (megalopae and juvenile, ETD) associated with them. The algae *Macrocystis* spp. and *Durvillaea antarctica* were the most abundant floating items in the study area. For both months surveyed, the higher abundances of MFD were found in the northern study area and in the southern part of Moraleda Channel. Abundance of MFD were substantially higher in spring (November) than in the winter (August). Similarly, only in spring ETD were found associated with floating algae, but in low numbers (5 individuals per sample). Most decapod species found on MFD were littoral species. A study of floating macroalgae at the same localities in spring 2002 (CIMAR 8 Fiordos) revealed considerably higher abundances of ETD than in the present study. We conclude that in the study area exist a relatively consistent and high supply of MFD, but inter and intra-annual variability of ETD associated with floating algae is high. Therefore, a closer examination of this association is suggested to determine the importance of floating algae during the recruitment process of crustacean decapods.

Key words: Algae, rafting, *Macrocystis* spp., *Durvillaea antarctica*, decapods, larval dispersal, recruitment.

INTRODUCCIÓN

La dispersión larval y el reclutamiento son factores determinantes en la estructuración de comunidades bentónicas en el ambiente marino. Varias especies de crustáceos decápodos poseen larvas libre nadadoras que, dependiendo de la especie, permanecen flotando en el mar por horas y semanas antes de llegar nuevamente a la costa (Young, 1995). Larvas de la mayoría de los crustáceos decápodos se dispersan fuera de la costa durante su desarrollo planctónico y tienen que migrar hacia la costa para su asentamiento (Shanks, 1995, 1998). Algunos de estos organismos poseen un potencial de nado bastante elevado, pero no superan las velocidades de las corrientes oceánicas que comúnmente se observan (Shanks, 2002). Por lo tanto, es probable que la dispersión y el asentamiento larval estén fuertemente influenciados por corrientes y por procesos oceanográficos (Jones & Epifanio, 1995; Marín y Moreno, 2002; Tankersley *et al.*, 2002).

Los principales procesos físicos involucrados en el asentamiento de algunas especies

de crustáceos decápodos son: corrientes de superficie producidas por vientos, ondas internas y movimientos hacia la costa de frentes de surgencia, asociados con los ciclos de mareas y fases lunares (Jones & Epifanio, 1995; Shanks, 1998; Tankersley *et al.*, 2002; Forward *et al.*, 2004). Estos procesos físicos producen corrientes de superficie que generan zonas de convergencia en las capas superficiales del mar (Zaitsev, 1971; Pineda, 1999; Shanks, 2002). En estas zonas de convergencia se congrega gran abundancia de larvas y peces comparado con lugares entre convergencias (Zaitsev, 1971; Kingsford & Choat, 1986, Shanks, 2002). Las concentraciones de organismos planctónicos y de larvas de invertebrados bentónicos en las zonas de convergencia atraen a predadores móviles que se alimentan de éstas (Zaitsev, 1971; Brodeur *et al.*, 1987 en Shanks, 2002; Vlietstra *et al.*, 2005). De este modo, es probable que cualquier objeto que se encuentre flotando en la zona de convergencia pueda ser utilizado por larvas como refugio contra la predación y contribuyan con la supervivencia de estas especies (Wehrmann & Dittel, 1990; Dempster & Kingsford, 2004).

En la superficie del océano se han observado distintos objetos flotando a la deriva (Thiel & Gutow, 2005a) los cuales se concentran en las zonas de convergencia (observación personal). Uno de los objetos más abundantes son macroalgas flotando a la deriva (MFD) y poseen una fauna asociada abundante (Kingsford, 1992; Hobday, 2000a; Thiel & Gutow, 2005b). Debido que las MFD otorgan sustrato, refugio y alimento, se ha sugerido que podrían facilitar la dispersión de organismos a través de largas distancias (Edgar, 1987; Helmuth *et al.*, 1994; Thiel & Gutow, 2005a). Del mismo modo, estas macroalgas podrían ser transportadas hacia la costa por los mismos fenómenos físicos indicados más arriba. Por los antecedentes antes mencionados, posiblemente las MFD podrían ser utilizadas por larvas y juveniles de crustáceos decápodos como refugio contra la predación y podrían estar ayudando al reclutamiento de estas especies hacia la costa. De este modo, se puede hipotetizar que las MFD podrían contribuir a la conexión entre las poblaciones pelágicas de larvas y las poblaciones bentónicas de juveniles y adultos de algunas especies de crustáceos decápodos.

En la costa de los canales de la Región de Aysén, Chile, existen extensas praderas de *Macrocystis* ssp. y de *Durvillaea antarctica* (observación personal), que poseen un potencial de flotabilidad elevado debido a la presencia de estructuras con gases (aerocistos y médula respectivamente, Hoffmann & Santelices, 1997; Smith, 2002). Si estas algas se desprenden del sustrato, por ramoneo de otras especies (Tegner *et al.*, 1995) o tormentas, pueden permanecer flotando a la deriva por un tiempo prolongado, desde algunos días hasta varios meses (Hobday, 2000b; Smith, 2002). Dependiendo de las corrientes imperantes en una región, estas macroalgas se pueden desplazar por varios kilómetros antes de llegar nuevamente a la costa o degradarse y hundirse (Hobday, 2000c; Smith, 2002).

En observaciones recientes realizadas en los canales de la Región de Aysén, durante prima-

vera de 2002 (CIMAR 8 Fiordos, Hinojosa *et al.*, 2007), se determinó la existencia de macroalgas flotando a la deriva abundantemente. Asociadas a éstas se presentó una fauna compuesta por estados tempranos de algunas especies de crustáceos decápodos (megalopas y juveniles, ETD; datos sin publicar), entre otros organismos (Hinojosa *et al.*, 2007). Posiblemente estas macroalgas flotando a la deriva facilitan la dispersión y conexión entre poblaciones bentónicas de estas especies. Sin embargo, es necesario examinar la variabilidad interanual y estacional de esta asociación. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es cuantificar la abundancia de MFD (invierno y primavera de 2003) y examinar la presencia de ETD asociados a estas macroalgas en ambos períodos de estudio, con el fin de inferir la posible contribución de estas macroalgas a la dispersión de ETD en los fiordos y canales de la Región de Aysén.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el crucero CIMAR 9 Fiordos realizado entre el 5 al 25 de agosto (primera etapa, invierno austral) y 3 al 21 de noviembre de 2003 (segunda etapa, primavera austral), se cuantificó la abundancia de macroalgas flotando a la deriva (MFD) (Tablas I y II) y se tomaron muestras de éstas en diferentes estaciones de la Región de Aysén (Tabla III). La navegación se realizó a bordo del buque Armada AGOR "Vidal Gormaz".

Durante la mayoría del tiempo de navegación diurna, un observador se situó en el puente del buque y con ayuda de un GPS de mano y binoculares registro: posición geográfica, tamaño, distancia perpendicular al rumbo del buque y especie de MFD.

Se distinguieron seis categorías de tamaños de MFD, que varían desde trozos y ramas, hasta parches densos mayores a 5 metros de diámetro (fragmentos, ramas, parches chicos, parches intermedios, parches grandes y parches super-

Tabla I. Abundancia de fragmentos y parches de *Durvillaea antarctica* y *Macrocystis* spp. flotando a la deriva (Objetos * Km²) en los 9 transectos monitoreados en los canales de la Región de Aysén durante la 1ª etapa (agosto de 2003) de CIMAR 9 Fiordos.

Table I. Drifting floating fragments and patch abundance of *Durvillea antarctica* and *Macrocystis* spp. (Objects km²) in the nine transects monitored in the Aysén region channels during Leg 1 (August 2003) of CIMAR 9 fjords cruise.

Transecto	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fragmentos y ramas de <i>D. antarctica</i>	0	13,9	0	0	32,8	0	0	0	17,5
Parches de <i>D. antarctica</i>	0	9,3	5,5	0	0	1,9	0	5,5	4,5
Fragmentos y ramas de <i>Macrocystis</i> spp.	0	78,9	0	8,7	87,0	54,5	38,2	23,7	21,3
Parches de <i>Macrocystis</i> spp.	0	95,7	8,2	0	31,4	29,0	3,7	8,3	6,3

Tabla II. Abundancia de fragmentos y parches de *Durvillaea antarctica* y *Macrocystis* spp. flotando a la deriva (Objetos * Km²) en los 12 transectos monitoreados en los canales de la Región de Aysén durante la 2ª etapa (noviembre de 2003) de CIMAR 9 Fiordos.

Table II. Drifting floating fragments and patch abundance of *Durvillea antarctica* and *Macrocystis* spp. (Objects km²) in the nine transects monitored in the Aysén region channels during Leg 2 (August 2003) of CIMAR 9 fjords cruise.

Transecto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fragmentos y ramas de <i>D. antarctica</i>	0	0	3,6	0	0	3,9	5,7	0	30,8	16,9	0	33,6
Parches de <i>D. antarctica</i>	0	0	3,6	0	0	0	0	0	5,1	13,5	1,2	7,0
Fragmentos y ramas de <i>Macrocystis</i> spp.	96,0	21,2	10,7	7,6	21,2	114,4	420,8	25,5	126,5	152,0	0	37,7
Parches de <i>Macrocystis</i> spp.	30,7	22,6	6,0	1,9	8,2	17,1	24,4	5,0	10,8	19,1	1,0	2,1

Tabla III. Lugar de muestreo, número de muestras y abundancia de larvas de decápodos en los fiordos y canales de la Región de Aysén durante la 2ª etapa de CIMAR 9 Fiordos.

Table III. Sampling sites, number of samples and decapods larvae abundance in the fjords and channels of the Aysén region during Leg 2 of CIMAR 9 fjords cruise.

CANAL	POSICIÓN		N° de muestras	N° Larvas (ind 10 kg. alga ⁻¹)	
	SUR	OESTE		Media	Desviación estándar
Moraleda-Medio	45° 07,2'	73° 38,7'	5	7,5	10,8
Darwin	45° 23,4'	74° 07,8'	6	16,3	23,3
Aysén	45° 18,0'	73° 16,9'	6	0	0
Pulluche	45° 47,8'	74° 26,6'	5	2,2	5,0
Anna Pink	45° 47,3'	74° 41,9'	5	11,2	16,9
Moraleda-Sur	44° 49,4'	72° 56,0'	5	3,0	6,6

grandes). Para la presentación de los datos, estas categorías se agruparon en dos clases: fragmentos (que incluyen fragmentos y ramas) y parches (que incluyen de parches chicos a parches supergrandes). La distancia perpendicular de las algas al rumbo de la embarcación fue estimada a través de una estimación visual (para descripción más detallada del método ver Thiel *et al.*, 2003; Hinojosa *et al.*, 2007).

Posteriormente se calculó la abundancia de algas flotando a la deriva mediante el método de transecto (Seber, 1982), el cual se basa en el número de objetos observados, la distancia perpendicular de cada objeto al transecto y el largo del transecto (para descripción más detallada del método de estimación de abundancia MFD ver Hinojosa *et al.*, 2007). Con el objetivo de examinar la distribución espacial de las MFD, para cada una de las etapas de muestreo por separado, se utilizó un análisis de ordenamiento multidimensional no paramétrico multivariado (nMDS; Field *et al.* 1982, Clarke 1993) utilizando la medida de disimilitud de Bray-Curtis para la abundancia de cada una de las dos clases y para cada una de las dos especies de MFD (ver Tablas I y II). No se consideró en el análisis el transecto número 1 de la primera etapa, debido que no se encontraron MFD (Tabla I).

La recolección de las muestras se realizó desde un bote Zodiac que fue previamente bajado del buque Armada AGOR "Vidal Gormaz". A medida que el buque se aproximaba a una estación oceanográfica preestablecida dentro del programa CIMAR 9 Fiordos y se observaban algas flotando a la deriva, inmediatamente se bajaba del buque el bote Zodiac. Luego, desde el bote Zodiac y con la ayuda de un capturador especialmente diseñado se procedió a recolectar algas de tamaño acorde a las medidas del capturador (parches <60 cm de diámetro, ver Hinojosa *et al.*, 2007). Paralelamente, en los mismos sectores donde se realizó la toma de muestras, se tomaron muestras nulas (muestras sin macroalgas), con el objetivo de verificar que los ETD no

se encontraran flotando libremente. Luego, las muestras con las macroalgas se depositaron en bolsas plásticas debidamente rotuladas y se fijaron en formalina al 5% para su posterior análisis en el laboratorio. Durante todo este proceso se prestó especial cuidado para evitar la pérdida de su fauna asociada. Las muestras nulas fueron examinadas en el lugar y no presentaron ETD.

En el laboratorio se identificó la especie de alga, se lavó cuidadosamente sobre un tamiz de 0,25 mm y se registró su peso húmedo. La fauna asociada fue separada del material retenido en el tamiz y se extrajeron los ETD. Se calculó la abundancia de ETD por muestras, dividiendo el número de individuos por el peso húmedo del alga y multiplicado por 10 (abundancia = n° de individuos / peso en gramos del alga x 10; ind. 10 kg de alga⁻¹). Posteriormente se calculó el promedio de la abundancia para cada una de las localidades muestreadas y se comparó entre localidades a través del análisis de varianza de comparación múltiple no paramétrico, Kruskal-Wallis (Zar, 1999).

RESULTADOS

Se observaron muchas macroalgas flotando a la deriva (MFD) en los diferentes transectos monitoreados. Las principales especies fueron *Macrocystis* spp. y *Durvillaea antarctica*. Los tamaños de MFD variaron desde pequeños trozos (15 cm de largo) hasta densos parches mayores a 5 m de diámetro. En noviembre de 2003, se encontraron las mayores abundancias de MFD y sólo en esta temporada se encontraron megalopas y juveniles de crustáceos decápodos (ETD) asociados a estas macroalgas.

Macroalgas flotando a la deriva (MFD): agosto de 2003

Durante la primera etapa del crucero (invierno austral) se realizaron 9 transectos en la zona de estudio. La mayor abundancia de MFD correspondió a parches de *Macrocystis* spp. con 95,7 algas km⁻²;

los parches de *D. antarctica* no superaron 10 algas km^{-2} . La abundancia mayor de fragmentos de *Macrocystis* spp. fue 87,0 algas km^{-2} , mientras que las abundancias mayores de fragmentos de *D. antarctica* fueron inferiores a 33 algas km^{-2} (Fig. 1).

Los mayores tamaños de parches, como así también la mayor abundancia de fragmentos y parches de las dos especies de MFD se presentó en la zona norte y media del sistema de canales de la Región de Aysén (canal Moraleda sector norte y medio, transecto 2 y 5 respectivamente, en Fig. 1). Las menores abundancias se presentaron en la boca del Guafo, fiordo Puyuguapi y seno Aysén (1, 3 y 4 respectivamente en Fig. 1). Concordantemente, el análisis de ordenamiento nMDS, agrupa los transectos 2, 5 y 6, los cuales presentaron las máximas abundancias (Fig. 2).

Macroalgas flotando a la deriva (MFD): noviembre de 2003

Durante la segunda etapa del crucero (primavera austral) se monitorizó 12 transectos en la zona de estudio. La mayor abundancia de algas MFD correspondió a fragmentos de *Macrocystis* spp. con 420,8 algas km^{-2} . Por otro lado, fragmentos de *D. antarctica* fueron inferiores a 34 algas km^{-2} . La abundancia mayor de parches de *Macrocystis* spp. fue 30,7 algas km^{-2} , mientras que la abundancia mayor de parches de *D. antarctica* fue menor a 14 algas km^{-2} (Fig. 3).

Los tamaños mayores de parches y la mayor abundancia de fragmentos y parches de estas dos especies se presentó en la zona norte y media del sistema de canales de la Re-

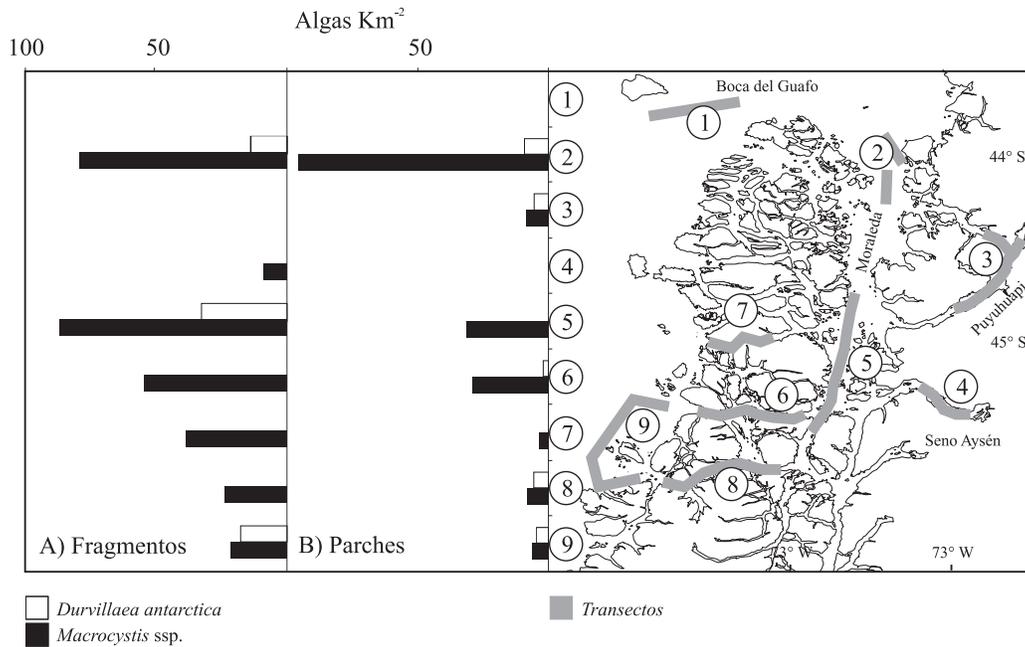


Fig. 1: Abundancia de fragmentos (A) y parches (B) de macroalgas *Macrocystis* spp. y *Durvillaea antarctica* flotando a la deriva en los fiordos y canales de Región de Aysén durante la primera etapa (agosto de 2003) de CIMAR 9 Fiordos. En el lado derecho de la figura se representan en líneas grises los transectos monitoreados.

Fig. 1: Drifting floating fragments (A) and patches (B) abundance of *Macrocystis* spp and *Durvillaea antarctica* in the fjords and channels of the Aysén region during Leg 1 of CIMAR 9 fjords cruise. On the right side of the figure, gray lines represent the monitored transects.

gión de Aysén (boca del Guafo y Moraleda sur, transecto 1 y 7 respectivamente, en Fig. 3), Las menores abundancias de éstas se presentaron en el fiordo Puyuguapi y mar abierto frente al canal Darwin (4 y 11 respectivamente en Fig. 3). De este modo, apoyados por el análisis de ordenamiento nMDS, se encontró una tendencia de mayores abundancias de algas flotando a la deriva en el sector norte y medio del área examinada y menores abundancias en los fiordos en particular (ver Fig. 2 y 3).

Estados tempranos de decápodos (ETD) asociados a macroalgas flotando a la deriva

Durante los períodos examinados, se encontró que megalopas y juveniles de crustáceos decápodos no utilizan abundantemente macroalgas flotando a la deriva.

Durante la primera etapa del crucero (agosto de 2003), producto de las malas condiciones climáticas, se logró la toma de muestras sólo en dos localidades: Ninualac ($n = 4$; $45^{\circ} 00' S$ y $74^{\circ} 00' W$) y Moraleda ($n = 6$; $44^{\circ} 52',8 S$ y $73^{\circ} 32',4 W$). Ninguna de estas 10 muestras presentaron estados tempranos de decápodos (megalopas y juveniles, ETD).

Durante la segunda etapa del crucero (noviembre de 2003) se realizó toma de muestras de macroalgas flotando a la deriva en seis localidades diferentes (Fig. 4). La máxima abundancia de ETD fue de 55,7 individuos $10 Kg^{-1}$ de alga. La identificación de los individuos encontrados mostró una especie de braquiuro grápsido (posiblemente *Hemigrapsus crenulatus*) y otra de anomuro (*Petrolisthes laevigatus*; Fig. 5), siendo la más abundante esta última. A pesar de la baja abundancia de ETD aso-

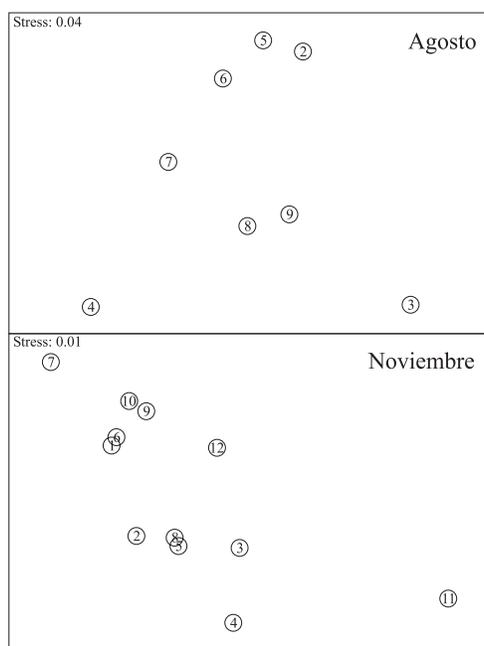


Fig. 2: Análisis de ordenamiento multidimensional no paramétrico (nMDS) de la abundancia de macroalgas flotando a la deriva estimada en cada uno de los transectos efectuados (números en círculos) en fiordos y canales de la Región de Aysén durante la primera (agosto de 2003) y segunda etapa (noviembre de 2003) del crucero CIMAR 9 Fiordos.

Fig. 2: Non parametric multidimensional analysis (nMDS) of macroalgae drifting on each of the transects (numbers in circles) in fjords and channels of the Aysén region during Leg 1 (August 2003) and Leg 2 (November 2003) of CIMAR 9 fjords cruise.

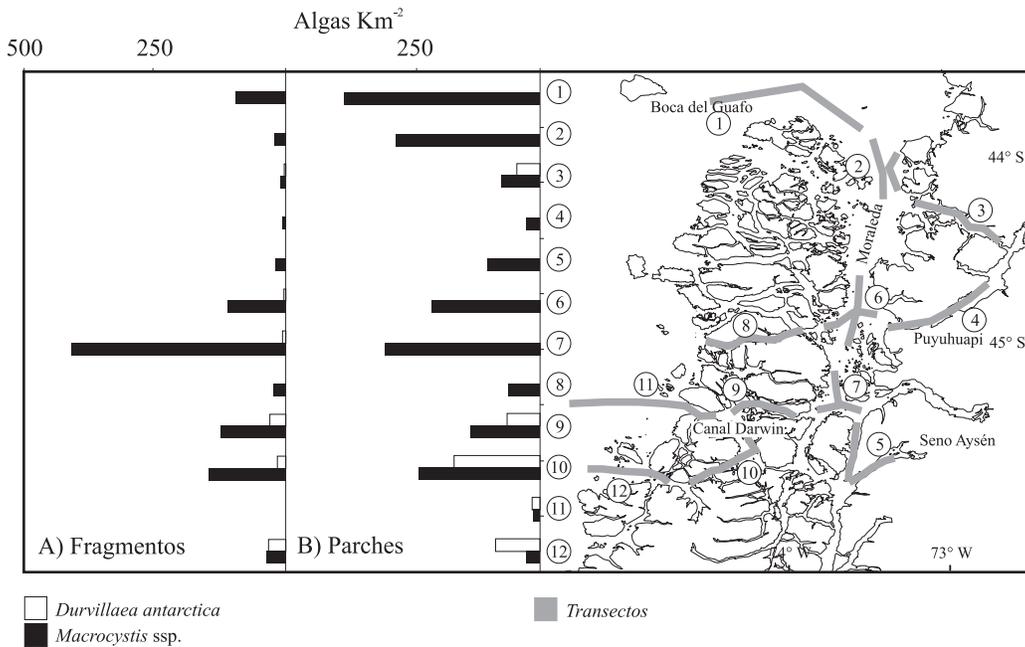


Fig. 3: Abundancia de fragmentos (A) y parches (B) de macroalgas *Macrocyctis* spp. y *Durvillaea antarctica* flotando a la deriva en los fiordos y canales de la Región de Aysén durante la segunda etapa (noviembre de 2003) de CIMAR 9 - Fiordos. En el lado derecho de la figura se representan en líneas grises los transectos monitoreados.

Fig. 3: Drifting floating fragments (A) and patches (B) abundance of *Macrocyctis* spp and *Durvillaea antarctica* in the fjords and channels of the Aysén region during Leg 2 of CIMAR 9 fjords cruise. On the right side of the figure, gray lines represent the monitored transects.

ciados a macroalgas flotantes se logró apreciar que a mayor peso del alga que tenía ETD, mayor es el número de individuos (Fig. 6). Por otra parte, los promedios de las abundancias de ETD encontrados por lugar de muestreo no presentaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis, $P = 0,319$). Sin embargo, las muestras colectadas en los fiordos de Aysén y Puyuhuapi y el canal Polluche tienen abundancias de ETD menores que el resto de las otras muestras (Fig. 4).

DISCUSIÓN

Macroalgas flotando a la deriva

En el área de estudio se encontró una abundancia de macroalgas flotando a la deriva si-

milar a lo reportado para otras partes del mundo (ver Thiel & Gutow, 2005a). Por ejemplo, Kingsford (1995) encontró abundancias entre 1 y 1.100 macroalgas km^{-2} flotando a la deriva en la costa de California, Estados Unidos. Sin embargo, Hobday (2000c) en la misma área de estudio encontró abundancias de macroalgas inferiores a 7 macroalgas km^{-2} . Este hecho sugiere que existe una elevada variabilidad interanual y/o estacional de la disponibilidad de macroalgas flotando a la deriva. En nuestro estudio encontramos que existe una estacionalidad en las abundancias de estas macroalgas, con mayores abundancias en el monitoreo de primavera. Similares aumentos de las abundancias durante los períodos de primavera y verano se han reportado para varias especies de macroalgas que se encuentran flotando a la deriva (ver Thiel & Gutow, 2005a). Se ha ar-

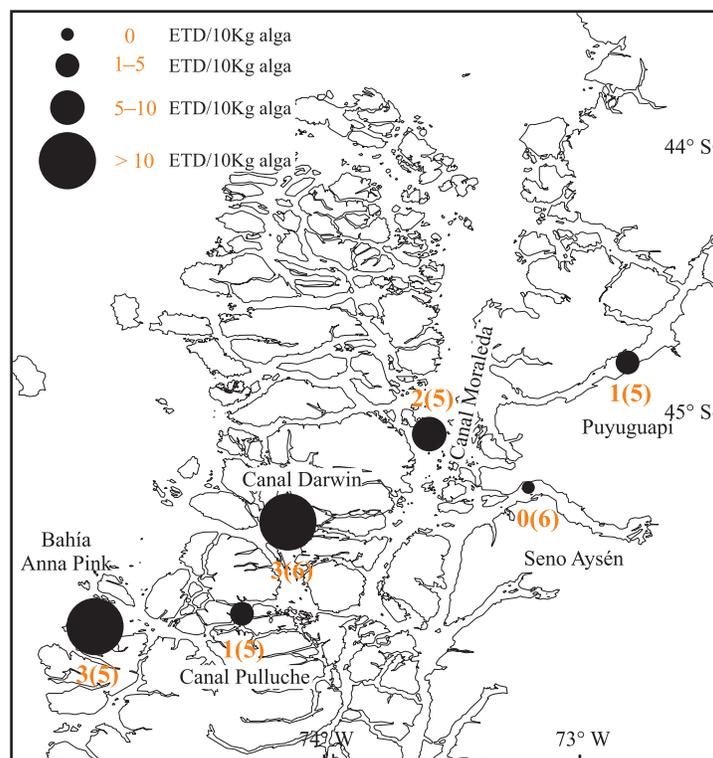


Fig. 4: Abundancia (círculos negros, n° de individuos / 10 kg de alga húmeda) de estados tempranos de decápodos (ETD) asociados a macroalgas flotando a la deriva durante la segunda etapa (noviembre de 2003) de CIMAR 9 Fiordos, en los fiordos y canales de la Región de Aysén. Se presenta el número de muestras con ETD y entre paréntesis el total de muestras.

Fig: 4: Abundance (black circles, number of individuals per 10 kg of wet algae) of early stages of decapods (ETD) associated to floating algae drifting during Leg 2 (November 2003) of CIMAR 9 fjords cruise, in fjords and channels of Aysén region. The number of samples with ETD are shown and total number of samples in parenthesis.

gumentado que este aumento de las abundancias posiblemente se debe al ciclo anual de crecimiento que las algas poseen durante la primavera, aumentando la posibilidad de desprendimientos (ver Thiel & Gutow, 2005a). Sin embargo, Kingsford (1992) además de reportar un principal aumento de la abundancia de macroalgas flotando a la deriva durante el período de primavera-verano en la costa de Nueva Zelanda, sugirió que también estas abundancias podrían ser elevadas durante el invierno debido a tormentas, las cuales ayudarían al desprendimiento de macroalgas.

A pesar de la estacionalidad observada en la abundancia de macroalgas flotando a la

deriva, se logró apreciar un patrón de distribución similar entre las dos estaciones examinadas durante el 2003, con mayores abundancias en la zona norte del sistema de canales y una abundancia relativamente baja en los fiordos de la Región de Aysén. Concordeamente, este patrón de distribución de macroalgas flotando a la deriva es similar al reportado durante la primavera del año 2002 en la misma área de estudio (Hinojosa *et al.*, 2007), lo que sugiere que este patrón de distribución es relativamente estable interanualmente. Cabe destacar que en la boca del Guafó (zona norte), durante el invierno de 2003, no se observó macroalgas flotando a la deriva. Es posible que este hecho se deba al estado del

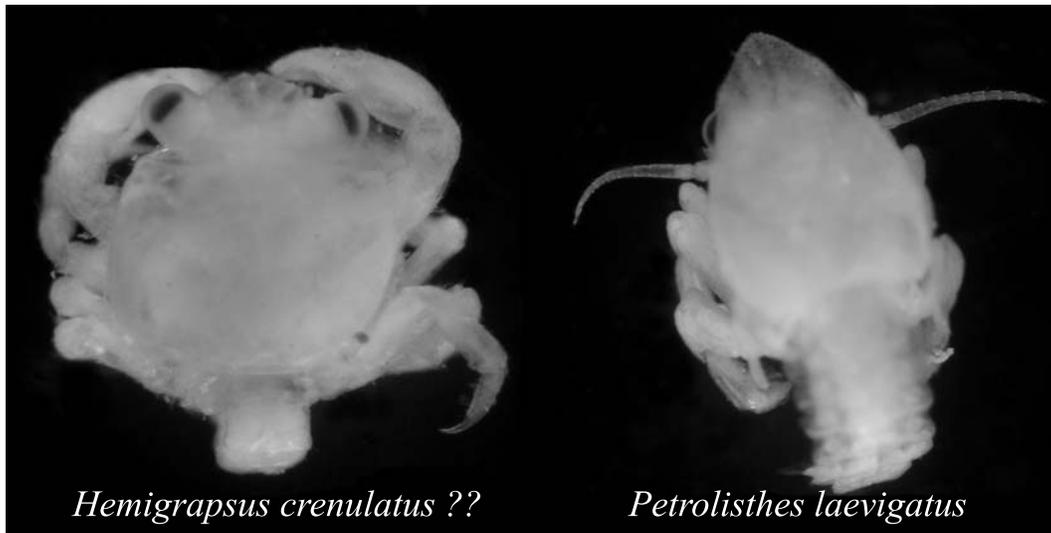


Fig. 5: Fotografía de las dos especies de ETD encontradas asociadas a macroalgas flotando a la deriva en fiordos y canales de la Región de Aysén durante la segunda etapa (noviembre de 2003) de CIMAR 9 Fiordos.

Fig. 5: Photograph of the two ETD species found in association with floating algae drifting in fjords and channels of the Aysén region during Leg 2 (November 2003) of CIMAR 9 fjords cruise.

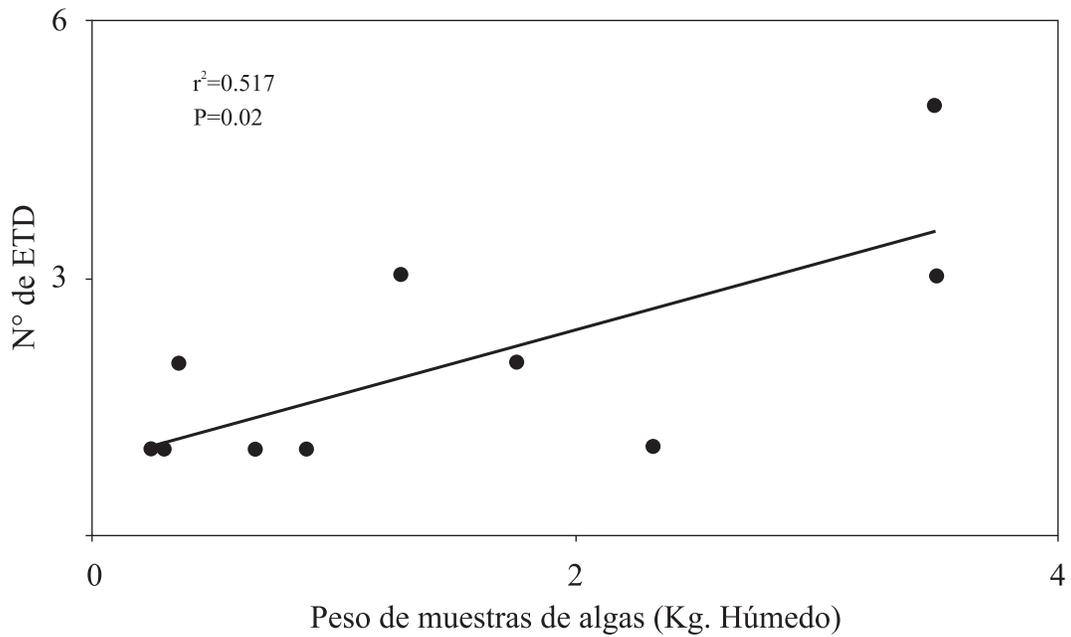


Fig. 6: Relación entre el número de estados tempranos de decápodos (ETD) vs. el peso de la muestra recolectada en fiordos y canales de la Región de Aysén durante la segunda etapa (noviembre de 2003) de CIMAR 9 Fiordos.

Fig. 6: Relationship between the number of early decapods stages (ETD) vs sample weight collected in fjords and channels of Aysén region during Leg 2 (November 2003) of CIMAR 9 fjords cruise.

tiempo (viento con rachas de 70 km h^{-1}) que dificulta la observación y hunde las macroalgas por efecto de turbulencia del mar (observación personal).

Estados tempranos de decápodos (ETD) asociadas a macroalgas flotando a la deriva

Para los períodos examinados, se observó que los estados tempranos de decápodos (ETD) no se encontraron abundantemente en macroalgas flotando a la deriva. Sin embargo, esta asociación aparentemente sólo ocurre durante la primavera y presenta variaciones interanuales. En la costa de California, Hobday (2000a) reportó que las abundancias de megalopas de algunas especies de decápodos aumentaron positivamente con el tiempo que las macroalgas se encuentran flotando a la deriva. Posiblemente, las bajas abundancias reportadas para el presente estudio, indicarían que las macroalgas recolectadas habrían permanecido poco tiempo a la deriva o, simplemente, estas macroalgas no cumplen una función particular en los procesos de dispersión de los ETD. Sin embargo, durante muestreos realizados en primavera de 2002, en la misma área de estudio, sobre macroalgas flotando a la deriva (datos sin publicar), se encontró cinco especies de ETD asociados que en orden decreciente de abundancia corresponde a: una especie de porcelánido (*Porcelánido* sp. A), una especie de grápsido (posiblemente *H. crenulatus*), *Halicarcinus planatus*, *Petrolisthes laevigatus* y otra especie de braquiro. Las abundancias que estos ETD presentaron, fueron superiores a las aquí reportadas (máxima abundancia $670 \text{ individuos } 10 \text{ kg}^{-1}$ de alga). En el presente estudio sólo se encontró ETD de la misma especie de grápsido del año anterior y de *Petrolisthes laevigatus*, aunque en bajas abundancias. Esta diferencia posiblemente se debe a que las especies citadas podrían presentar pulsos de reclutamiento que no fue posible identificar con el método de muestreo empleado. El presente muestreo se realizó entre el 8 y 18 de noviembre de 2003 (luna llena 9 de noviembre). Existen antecedentes para otras especies de crustá-

ceos decápodos que demuestran que el reclutamiento de ETD a la costa no es continuo y presenta pulsos dentro de un mes en particular y este puede variar interanualmente. Por ejemplo, las máximas abundancias de megalopas del cangrejo azul *Callinectes sapidus* en el estuario de Carolina del Norte en Estados Unidos, se presentan sólo durante cinco días en un período de observación de 2,5 meses (Forward *et al.*, 2004). Además, Forward *et al.* (2004) identifican que los reclutamientos máximos de megalopas ocurren durante las menores amplitudes de marea (luna cuarto creciente o cuarto menguante, mareas muertas). De este modo, es probable que durante el tiempo que se realizó el presente muestreo (principalmente mareas vivas), los ETD se encontraban en bajas abundancias, lo que podría explicar esta diferencia interanual.

Aunque en el presente estudio se registró una baja abundancia de ETD, es posible sugerir que las macroalgas flotando a la deriva serían un mecanismo de dispersión y reclutamiento de algunas especies de crustáceos decápodos. La especie de grápsido que se encontró, posiblemente *Hemigrapsus crenulatus*, y del porcelánido *Petrolisthes laevigatus* habitan principalmente el intermareal (Boyle *et al.*, 2001; Hernández & Palma, 2003). Del mismo modo, en algunos sectores de la costa de la Región de Aysén se encuentran macroalgas varadas abundantemente en el intermareal, las que posiblemente contenían estas especies cuando se encontraban flotando a la deriva (observación personal). Se ha descrito que los últimos estados larvales y juveniles de diferentes especies de crustáceos decápodos se encuentran en los primeros metros de la columna de agua y muestran una tendencia de atracción por objetos flotantes (Shanks, 1985; Wehrtmann & Dittel, 1990; Gebauer *et al.*, 2002; Gebauer, 2004). Wehrtmann & Dittel (1990) examinaron la fauna de ETD asociados a hojas de manglares flotantes en un sistema estuarino de la costa Pacífica de Costa Rica durante 4 ciclos de marea. Estos autores encontraron que los ETDs utilizan hojas de manglares solamen-

te cuando la marea está en fase llenante, pero con diferencias de abundancias entre cada ciclo. Estos autores sugieren que la utilización de estas hojas podría ser un mecanismo importante para el transporte y reclutamiento para algunas especies de crustáceos decápodos, principalmente especies intermareales, pero que esta asociación ocurre sólo en determinados momentos, cuando los ETD son beneficiados con movimientos hacia la costa.

Los posibles pulsos de reclutamiento de ETD hacia la costa (e.g. Forward *et al.*, 2004), los antecedentes recopilados por Wehrtmann & Dittel (1990) y la diferencia interanual de la abundancia de ETD asociados a macroalgas flotando a la deriva, sugieren que esta asociación podría estar ocurriendo, pero a una escala diferente a la que se realizó el presente muestreo. Por lo tanto, es necesario examinar con más detalle esta posible asociación entre estados tempranos de crustáceos decápodos y macroalgas flotando a la deriva, para poder inferir la contribución de estas macroalgas con la dispersión y reclutamiento de crustáceos decápodos.

CONCLUSIONES

En el presente estudio se encontró una cantidad importante de macroalgas flotando a la deriva con una clara variación estacional y con máximas abundancias en noviembre de 2003. A pesar de esta variación estacional de la abundancia de macroalgas flotando a la deriva, se apreció un patrón de distribución consistente, donde las mayores abundancias se observaron en la zona norte del sistema de canales y las menores abundancias en los fiordos monitoreados de la Región Aysén. Se encontró una baja abundancia de ETD asociados a estas macroalgas, diferente a lo encontrado el año anterior, donde la abundancias de ETD fueron superiores. Con los antecedentes antes expuestos y producto de esta variación interanual, sugerimos que posiblemente existe una asociación entre ETD y macroalgas flotado a la deriva, pero esta asociación ocurre en determinados períodos del

año. A pesar de la baja abundancia de ETD, se observó las menores abundancias en los fiordos examinados, al igual de las bajas abundancias de macroalgas flotando a la deriva, lo que también sugiere una asociación entre éstas. De este modo, es posible que macroalgas flotando a la deriva contribuyan a la dispersión y reclutamiento de algunas especies de crustáceos decápodos. Sin embargo, es necesario examinar esta asociación con mayor detalle.

AGRADECIMIENTOS

Queremos dar especiales agradecimientos, por la ayuda y facilidades otorgadas, a toda la gente participante del crucero CIMAR 9 Fiordos, tanto a la gente de la Armada de Chile como al personal científico. Agradecemos a la directiva del CONA por el financiamiento de este proyecto. Un muy especial recuerdo a Reinaldo Rehhof (Q.E.P.D.) que colaboró, con su humor, a la grata convivencia durante este crucero.

REFERENCIAS

- BOYLE, M. C., J. B. JILLET & P. V. MLADENOV. 2001. Intertidal communities in Doubtful Sound, New Zealand: changes over time. *N. Z. J. Mar. Freshw. Res.* 35: 663-673.
- BRODEUR, R. D., B. C. MUNDY, W. G. PEARCY & R. W. WISSEMAN. 1987. The neustonic fauna in coastal waters of the northeast Pacific: Abundance, distribution, and utilization by juvenile salmonids. Publication NO. OREUS-87-001 Oregon State University. 61pp.
- CLARKE, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18: 117-143.
- DEMPSTER, T. & M. J. KINGSFORD. 2004. Drifting objects as habitat for pelagic juve-

- nile fish off New South Wales, Australia. Mar. Freshw. Res. 55:675-687.
- EDGAR, G. J. 1987. Dispersal of faunal and floral propagules associated with drifting *Macrocystis pyrifera* plants. Mar. Biol. 95: 599-610.
- FIELD, J. G., K. R. CLARKE & R. M. WARWICK. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. Marine Mar. Ecol. Prog. Ser. 8: 37-52.
- FORWARD, R. B., J. H. COHEN, R. D. IRVINE, J. L. LAX, R. MITCHELL, A. M. SCHICK, M. M. SMITH, J. M. THOMPSON & J. I. VENEZIA. 2004. Settlement of blue crab *Callinectes sapidus* megalopae in a North Carolina estuary. Mar. Ecol. Prog. Ser. 269: 237-247.
- GEBAUER, P., K. PASCHKE & K. L. ANGER. 2002. Metamorphosis in a semiterrestrial crab, *Sesarma curacaoense*: intra- and interspecific settlement cues from adult odors. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 268: 1-12.
- GEBAUER, P. 2004. Factores físicos y biológicos involucrados en el cierre del eslabón larval y reclutamiento de *Petrolisthes laevigatus* (Guerin, 1835) (Decapoda: Porcellanidae) en el seno Reloncaví. Tesis Doctoral. Universidad Austral de Chile. 99 p.
- HELMUTH, B. S., R. R. VEIT & R. HOLBERTON. 1994. Long-distance dispersal of a subantarctic brooding bivalve (*Gaimardia trapesina*) by kelp rafting. Mar. Biol. 120: 421-426.
- HERNÁNDEZ, P. & S. PALMA. 2003. Fecundidad, volumen del huevo y rendimiento reproductivo de cinco especies de porcelánidos intermareales del norte de Chile (Decapoda, Porcellanidae). Invest. Mar. 31: 35-46.
- HINOJOSA, I. A., E. R. GONZÁLEZ, P. UGALDE, N. VALDIVIA, E. MACAYA & M. THIEL. 2007. Distribución y abundancia de macroalgas flotando a la deriva y su fauna peracárida asociada en los canales de la XI región, Chile. Cienc. Tecnol. Mar, 30 (2) 59-73.
- HOBDDAY, A. J. 2000a. Persistence and transport of fauna on drifting kelp (*Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh) rafts in the Southern California bight. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 253: 75-96.
- HOBDDAY, A. J. 2000b. Age of drifting *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh rafts in the Southern California bight. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 253: 97-114.
- HOBDDAY, A. J. 2000c. Abundance and dispersal of drifting kelp (*Macrocystis pyrifera*) rafts in the Southern California Bight. Mar. Ecol. Prog. Ser. 195: 101-116.
- HOFFMANN, A. & B. SANTELICES. 1997. Flora marina de Chile central. Edición Universidad Católica de Chile. 434 pp.
- JONES, M. B. & C. E. EPIFANIO. 1995. Settlement of brachyuran megalopae in Delaware Bay: an analysis of time series data. Mar. Ecol. Prog. Ser. 125: 67-76.
- KINGSFORD, M. J. & J. H. CHOAT. 1986. Influence of surface slicks on the distribution and onshore movements of small fish. Mar. Biol. 91: 161-171.
- KINGSFORD, M. J. 1992. Drift algae and small fish in coastal waters of northeastern New Zealand. Mar. Ecol. Prog. Ser. 80: 41-55.
- KINGSFORD, M. J. 1995. Drift algae: a contribution to near-shore habitat complexity in the pelagic environment and attractant for fish. Mar. Ecol. Prog. Ser. 116: 297-301.

- MARÍN, V. H. & C. A. MORENO. 2002. Wind driven circulation and larval dispersal: a review of its consequences in coastal benthic recruitment. In: Castilla J. C. & J. L. Largier (eds) The oceanography and ecology of the nearshore and bays in Chile. Proceeding of the international symposium on linkages and dynamics of coastal system: Open coasts and embayments, Santiago, Chile 2000. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile, p. 47-63.
- PINEDA, J. 1999. Circulation and larval distribution in internal tidal bore warm fronts. *Limnol. Oceanogr.* 44: 1.400-1.414.
- SEBER, G. A. F. 1982. The estimation of animal abundance and related parameters. Griffin, London. 654 pp.
- SHANKS, A. L. 1985. The behavioral basis of internal wave induced shoreward transport of the megalopae of *Pachygrapsus crassipes*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 24: 289-295.
- SHANKS, A. L. 1995. Mechanisms of cross-shelf dispersal of larval invertebrates and fish. In: McEdward L. (ed). *Marine Science Series*. Florida. EE.UU. p. 324-367.
- SHANKS, A. L. 1998. Abundance of post-larval *Callinectes sapidus*, *Penaeus* spp., *Uca* spp., and *Labinia* spp. collected at an outer coastal site and their cross-shelf transport. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 168: 57-69.
- SHANKS, A. L. 2002. Internal tides and the biology of continental shelf waters. In: Castilla J. C. & J. L. Largier (Eds): The oceanography and ecology of the nearshore and bays in Chile. Proceeding of the international symposium on linkages and dynamics of coastal system: Open coasts and embayments, Santiago, Chile 2000. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. p. 3-27.
- SMITH, S. D. A. 2002. Kelp rafts in the Southern Ocean. *Global. Ecol. Biogeogr.* 11: 67-69.
- TANKERSLEY, R. A., J. M. WELCH & R. B. FORWARD. 2002. Settlement of blue crab (*Callinectes sapidus*) postlarvae during selective tidal-stream transport. *Mar. Biol.* 141: 863-875.
- TEGNER, M. J., P. K. DAYTON, P. B. EDWARDS & K. L. RISER. 1995. Sea urchin cavitation of giant kelp (*Macrocystis pyrifera* C. Agardh) holdfasts and its effects on kelp mortality across a large California forest. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 191: 83-99.
- THIEL, M., I. HINOJOSA, N. VÁSQUEZ & E. MACAYA. 2003. Floating marine debris in coastal waters of the SE-Pacific (Chile). *Mar. Pol. Bull.* 46: 224-231.
- THIEL, M. & L. GUTOW. 2005a. The ecology of rafting in the marine environment. I. The floating substrata. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 42: 181-263.
- THIEL, M. & L. GUTOW. 2005b. The ecology of rafting in the marine environment. II. The rafting organisms and community. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 43: 279-418.
- VLIETSTRA, L.S., K. O. COYLE, N. B. KACHEL & G. L. HUNT. 2005. Tidal front affects the size of prey used by a top marine predator, the short-tailed shearwater (*Puffinus tenuirostris*). *Fish. Oceanogr.* 14 (Suppl. 1): 196-211.
- WEHRTMANN, I. S. & A. I. DITTEL. 1990. Utilization of floating mangrove leaves as a transport mechanism of estuarine organisms, with emphasis on decapod Crustacea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 60: 67-73.

- YOUNG, C. M. 1995. Behavior and locomotion during the dispersal phase of larval life. In: McEdward L. (ed). *Marine Science Series*. Florida. EE.UU. p. 249-278.
- ZAITSEV, Y. P. 1971. *Marine neustonology* (Translated from Russian). National Marine Fisheries Service, NOAA and National Science Foundation, National Technical Information Service, Springfield, Virginia, 207 pp.
- ZAR, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th edn. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall. 663 pp.