

Short Communication

Composición de zooplancton superficial en zonas lisas y rugosas en la bahía de Coquimbo (noviembre 2001)

Humberto Mattos¹ & Armando Mujica¹

¹Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, P.O. Box 117, Coquimbo, Chile

RESUMEN. Se comparó la abundancia de zooplancton superficial, temperatura superficial del mar e intensidad del viento entre zonas lisas y rugosas en el sector sur de la bahía de Coquimbo, entre el 7 y 9 de noviembre de 2001. La presencia de superficies lisas y rugosas estuvo influenciada por la intensidad del viento y desaparece cuando supera 6 m s^{-1} en forma sostenida. La temperatura en los dos primeros días de muestreo fue diferente entre los dos tipos de superficie. El último día la temperatura fue mayor, sin diferencias entre ambos tipos de superficies y con mayor profundidad de la capa de mezcla, debido al aumento de la intensidad del viento. En los dos primeros días, la mayoría de los grupos zooplanctónicos tuvieron abundancias mayores en las superficies lisas, observándose diferencias significativas entre zonas lisas y rugosas en las larvas cypris de cirripedios y en el eufáusido *Nyctiphanes simplex*. Se estableció que los zooplanctones capturados, tienden a agregarse en superficies lisas o rugosas, dependiendo de sus características adaptativas y de su comportamiento.

Palabras clave: agregación, zooplancton superficial, viento, bahía de Coquimbo, Chile.

Surface zooplankton composition in slick and rough zones in Coquimbo Bay (November 2001)

ABSTRACT. The surface zooplankton abundances, sea surface temperature and wind speed in slick and rough surface areas were compared south of Coquimbo Bay on November 7, 8 and 9, 2001. The presence of rough and slick surfaces on the bay was influenced by the wind conditions during sampling hours, demonstrating that increasing the speed steadily over 6 m s^{-1} slick and rough areas disappeared, giving a ripple appearance to sea surface. On the first two days of study, thermal structure of slicks areas was different from the rough ones. On the last day, temperature was higher with no differences between both surfaces types, and greater depth of the mixed layer, due to increasing wind speed. The organisms captured were holoplanktonic crustaceans, meroplankton benthopelagic peracarids, fish larvae and eggs, gelatinous zooplankton and gastropod and bivalve mollusks. On the first two days of study, most of zooplanktonic groups had greater abundance in slick surfaces, with significant differences between slick and rough areas in the case of barnacle cypris larvae and the euphausiid *Nyctiphanes simplex*. It was concluded that surface zooplankton caught in Coquimbo Bay, tend to aggregate in rough or slick surfaces, depending on their adaptive characteristics and behaviour.

Keywords: patchiness, surface zooplankton, wind, Coquimbo Bay, Chile.

Corresponding author: Armando Mujica (amujica@ucn.cl)

El plancton marino se distribuye formando agregaciones de manera contagiosa, más que en forma homogénea (Powell & Okubo, 1994), heterogeneidad espacial que estructura agregaciones efímeras (Steele, 1976), conocidas como parches (Powell & Okubo, 1994) causados por efectos físicos, químicos y biológicos (Hamner, 1988).

Los procesos oceanográficos que estructuran agregaciones superficiales de plancton, generan zonas

de convergencia superficial donde este se acumula, como la circulación de Langmuir, la acción producida por frentes oceanográficos y el efecto de ondas internas (Wolanski & Hamner, 1988). La circulación de Langmuir, es producida por complejas interacciones entre corrientes formadas por el viento y olas superficiales (Shanks, 1995), proceso que se caracteriza por el movimiento de agua superficial en celdas de convección, produciendo microzonas de

hundimiento (convergencias) y afloramiento (divergencias), que se manifiestan en líneas superficiales paralelas (convergencias), separadas por más de 100 m entre ellas, de igual dirección que el viento, cuando supera los 10 m s^{-1} en forma sostenida (Parsons *et al.*, 1984).

Los frentes oceanográficos (Wolanski & Hamner, 1988), son pequeñas variaciones horizontales de temperatura, salinidad y densidad que delimitan pequeñas áreas (frentes), donde los gradientes horizontales son pronunciados (Mann & Lazier, 2006). Los frentes de marea ocurren sobre la plataforma continental cuando las aguas profundas estratificadas entran en contacto con aguas homogéneas, características de zonas más someras. El primer indicio visual de estos frentes, es una larga y estrecha banda de algas, partículas y material orgánico flotante. El agua en las bandas generadas, es más lisa que la adyacente. La materia orgánica superficial que se concentra, amortigua las pequeñas olas, de modo que las aguas superficiales que convergen hacia el frente, arrastran material flotante antes que se hunda bajo éste (Pineda, 1999; Shanks *et al.*, 2000; Mann & Lazier, 2006).

Las ondas internas detectadas en columnas de agua estratificadas, también pueden generar zonas de convergencia superficial (Wolanski & Hamner, 1988), favoreciendo la acumulación de partículas flotantes, organismos y burbujas, formando bandas paralelas en condiciones de viento suave. Las partículas acumuladas incrementan la tensión superficial, dando la apariencia de bandas lisas y brillantes (*slicks*) a diferencia de las aguas adyacentes ubicadas sobre zonas de divergencia, donde persiste un pequeño oleaje que les da apariencia rugosa (Shanks, 2002; Mann & Lazier, 2006). Estas bandas pueden ser irregulares y desaparecen cuando la intensidad del viento aumenta por sobre 10 a 15 nudos ($5,1$ a $7,7 \text{ m s}^{-1}$) (Kingsford & Choat, 1986; Hale & Mitchell, 1997).

En la bahía de Coquimbo ($29^{\circ}58'S$, $71^{\circ}19'W$) es frecuente observar en la superficie del mar bandas lisas y rugosas en condiciones de viento suave, que se deberían a procesos oceanográficos locales, producto de inversiones térmicas y salinas, generadas por ondas internas de diferentes períodos y variaciones de las masas de agua (Moraga, 1989; Moraga & Olivares, 1993).

Para determinar el efecto de los procesos de convergencia y divergencia en la heterogeneidad espacial de zooplancton, en superficies lisas y rugosas en el sector sur de la bahía de Coquimbo entre el 7 y 9 de noviembre de 2001, se tomaron muestras de zooplancton entre las 10:00 y 15:30 h, en ambos tipos

de superficie, arrastrando horizontalmente una red neustónica de boca rectangular (0,6 m de ancho y 0,3 m de alto) y $150 \mu\text{m}$ de abertura de malla. La red fue arrastrada por un costado de una embarcación menor, con un tangón de 2 m de largo durante 2 a 3 min a 1 m s^{-1} . La embarcación fue dirigida por un observador ubicado en la península de Coquimbo a aproximadamente 200 m sobre el nivel del mar (Fig. 1). Diariamente, se tomaron tres muestras en dos zonas de superficie lisa y dos en rugosas. En cada oportunidad, se registró la temperatura de la columna de agua, rapidez del viento y la posición inicial y final. El número de zooplancteres recolectados, fue expresado como individuos en 100 m^2 .

El análisis estadístico incluyó pruebas no paramétricas de U de Mann-Whitney de dos colas (Zar, 1996), para determinar diferencias significativas de abundancia entre los taxa capturados en superficies lisas y rugosas. La similitud entre muestras se determinó mediante el análisis de ordenación ENMM (Escalamiento No-Métrico Multidimensional), que permite representar de manera multidimensional la proximidad entre las muestras de composición biótica similar (Field *et al.*, 1982), basándose en una matriz de disimilaridad (distancia de Bray-Curtis).

La rapidez media del viento fluctuó entre 0,4 y $6,2 \text{ m s}^{-1}$ (Fig. 2). Los dos primeros días, fluctuó entre 1,1 y $3,0 \text{ m s}^{-1}$ en las primeras horas de muestreo y luego fue variable ($<5 \text{ m s}^{-1}$). El tercer día, fue variable (valores medios de $0-6,2 \text{ m s}^{-1}$). Cuando el viento superó los 6 m s^{-1} en forma sostenida (30 min aprox.), desaparecieron las zonas lisas y rugosas, reapareciendo cuando el viento disminuyó ($<5 \text{ m s}^{-1}$) (Fig. 2).

La temperatura superficial de las zonas lisas y rugosas, fluctuó entre $15,2$ y $19,3^{\circ}\text{C}$. Los dos primeros días, la temperatura fue menor en las superficies lisas que en las rugosas, con diferencias superiores a 1°C . El tercer día, las diferencias fueron menores entre ambas superficies con medias de $18,9$ y $18,5^{\circ}\text{C}$, respectivamente (Fig. 3).

El primer día de muestreo se detectó estratificación vertical de la temperatura, con un descenso abrupto en los primeros 2 m de profundidad (1 a 2°C) y más constante a mayor profundidad ($14,2$ a $14,9^{\circ}\text{C}$). En las zonas lisas, la temperatura vertical fue menor que en las rugosas, con diferencias medias de $0,6^{\circ}\text{C}$ (Fig. 3a). El segundo día, la temperatura bajo los 2 m en las zonas lisas fue constante ($15,4$ a $15,6^{\circ}\text{C}$), descendiendo progresivamente en profundidad ($13,7$ y $14,3^{\circ}\text{C}$). En las rugosas, la temperatura descendió progresivamente con la profundidad. Ese día, las temperaturas bajo las zonas lisas fueron menores que en las rugosas, con diferencias medias de $0,8^{\circ}\text{C}$ (Fig. 3b).

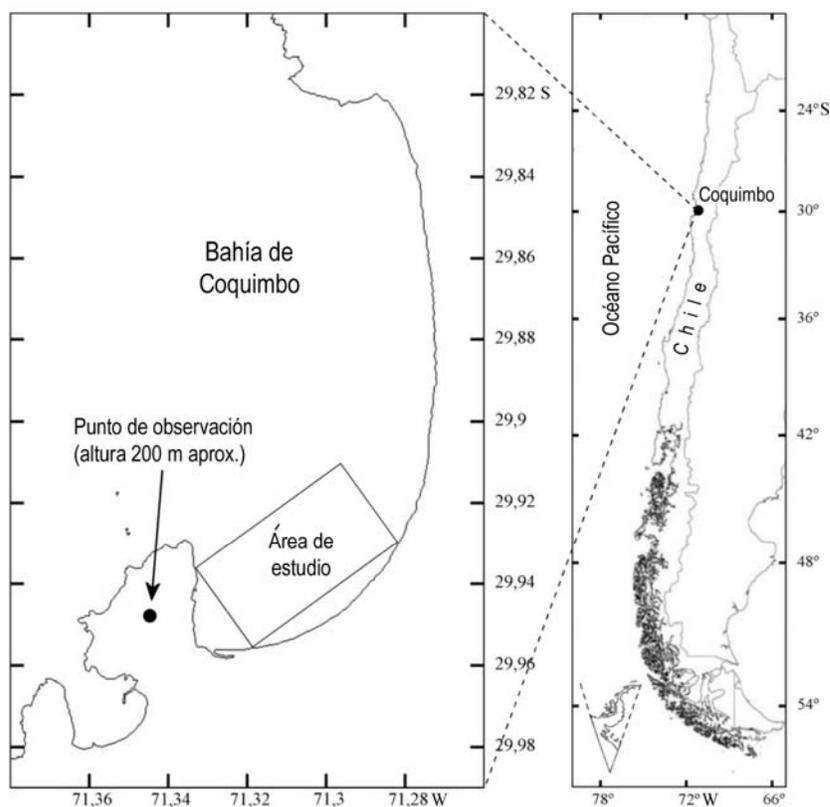


Figura 1. Localización del área de estudio en la bahía de Coquimbo, Chile.

Figure 1. Location of the study area in Coquimbo Bay, Chile.

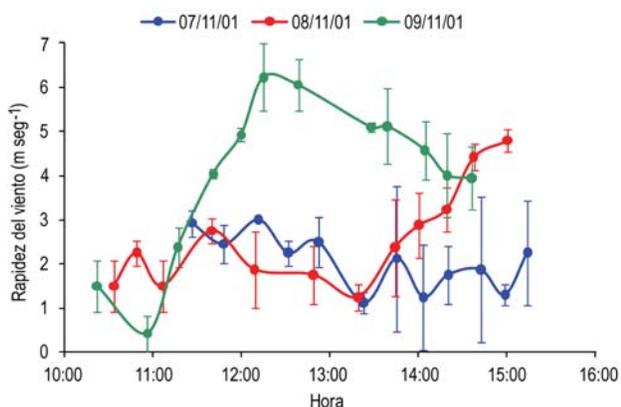


Figura 2. Rapidez media del viento durante las horas de muestreo en la bahía de Coquimbo (7 al 9 de noviembre del 2001).

Figure 2. Wind rapidity mean during sampling hours in Coquimbo Bay (7 to 9 November 2001).

El tercer día, la temperatura de la columna de agua aumentó (2 y 3°C), respecto de los días anteriores, oportunidad en que los perfiles térmicos de zonas lisas y rugosas, fueron similares, con pequeñas inversiones (0,2 °C) entre 2 y 4 m de profundidad (Fig. 3c).

En los tres días de muestreo, los copépodos fueron los más abundantes, seguidos por apendicularias y eufáusidos. Los primeros, siempre predominaron en superficies rugosas, aunque tuvieron diferencias significativas sólo el tercer día (Tabla 1). Los nauplios de copépodos fueron más abundantes en superficies lisas sólo el segundo día, sin diferencias significativas.

Nyctiphanes simplex y *Euphausia mucronata*, aunque fueron poco abundantes, predominaron en superficies lisas los dos primeros días de muestreo, en los que *N. simplex* tuvo diferencias significativas entre ambos tipos de superficie. Las larvas calyptopis fueron abundantes, con predominio en superficies lisas el segundo día, sin diferencias significativas (Tabla 1).

Mysidáceos, cladóceros (*Evadne spinifera*, *E. nordmanni*, *Pseudoevadne tergestina*, *Podon polyphemoides* y *Bosmina* sp.), ostrácodos, larvas de estomatópodos y larvas cypris fueron poco abundantes y predominaron en superficies lisas. Las larvas de estomatópodos (8 nov) y las larvas cypris (7 y 8 nov) mostraron diferencias significativas entre ambos tipos de superficies (Tabla 1).

Las larvas de decápodos también fueron poco abundantes y predominaron en superficies lisas, con

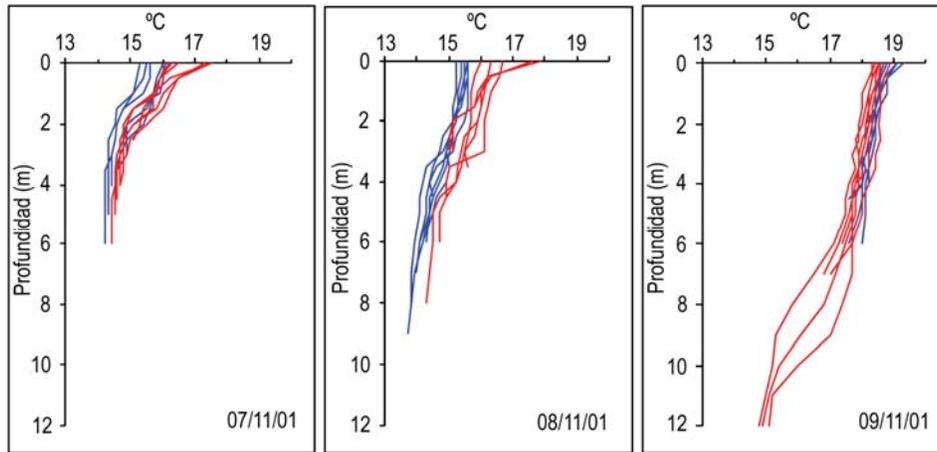


Figura 3. Perfiles verticales de temperatura registrados en la bahía de Coquimbo durante el periodo de muestreo. Las líneas azules corresponden a registros en zonas lisas y las rojas en zonas rugosas.

Figure 3. Temperature vertical profiles registered in Coquimbo Bay during the study period. The blue lines correspond to records in slick zones and red lines to rough zones.

diferencias significativas en larvas de carideos (7 nov.) y megalopas de braquiuros (8 nov). Estos últimos pertenecientes a las familias Majidae, Cancridae y mayoritariamente Grapsidae. Las zoeas de anomuros, principalmente representadas por *Emerita analoga*, predominaron en superficies rugosas, con diferencias significativas el 9 de nov (Tabla 1).

Los anfípodos predominaron en superficies lisas los dos primeros días de muestreo, con diferencias significativas en gamáridos (*Jassa* sp., *Bathyporeiapus* sp., Oedicerotidae y Hyalidae). Los anfípodos hipéridos (*Eupronoe* sp., *Lestrigonus* sp. y *Primno* sp.), tuvieron abundancias mínimas y sólo se encontraron en superficies lisas (Tabla 1).

De los restantes grupos, destacó la abundancia de huevos de peces (principalmente de *Engraulis ringens*) y apendicularias, que predominaron en uno u otro tipo de superficie, dependiendo del día. Las apendicularias predominaron en superficies rugosas, con diferencias significativas el primer día. Las larvas de peces (estado de postflexión notocordal de *Scomberesox saurus*, *Merluccius gayi* y un Atherinidae), fueron poco abundantes y con leve predominio en las superficies lisas. Los quetognatos (*Sagitta* sp.), también fueron poco abundantes, aunque el último día predominaron en superficies rugosas con diferencias significativas (Tabla 1).

Larvas de gasterópodos (*Nodolottorina* sp., Naticidae y Opisthobranchia) y planarias, predominaron en superficies lisas, al igual que la mayoría de los grupos gelatinosos (ctenóforos, hidromedusas, sifonóforos y salpas), que se caracterizan por su escasa

movilidad. Las larvas de poliquetos fueron más abundantes en superficies lisas el primer día (sin diferencias significativas) y el último día, en superficies rugosas con diferencias significativas (Tabla 1).

Respecto al patrón de ordenamiento tridimensional ENMM para la totalidad de zooplancteres encontrados el primer día de muestreo, las muestras de composición biótica similar tendieron a agruparse según el tipo de superficie. El segundo día de muestreo, la agrupación de estaciones tuvo una tendencia general que agrupó diferenciadamente las muestras según el tipo de superficie, con excepción de la segunda muestra de superficie lisa (M2); debido a la notoria disminución de abundancia de la mayoría de los grupos zooplanctónicos, en especial de copépodos. El ordenamiento tridimensional para el último día de muestreo, tuvo similar tendencia de agrupación, de acuerdo al tipo de superficie, estructurando tres grupos bien definidos. Uno de zonas rugosas y dos de zonas lisas debido a las altas densidades de copépodos registradas durante ese día en las superficies rugosas (Fig. 4).

La existencia de superficies lisas y rugosas se determinó por la intensidad del viento. El último día de muestreo, al aumentar la intensidad del viento en forma sostenida ($>6 \text{ m s}^{-1}$), desaparecieron las zonas lisas y quedó la superficie del mar homogéneamente rizada y se estructuró nuevamente, cuando la intensidad decreció. Esto concuerda con manifestaciones superficiales de ondas internas, visibles como bandas de agua lisa y brillante (*slicks*), alternadas con bandas de agua de apariencia rugosa, cuando la

Tabla 1. Abundancia total de zooplancteres (ind 100 m⁻²) en superficies lisas y rugosas durante los días de estudio. En negrita se indican las diferencias significativas entre la abundancia en ambas superficies (U de Mann-Whitney de dos colas; $P < 0,05$).

Table 1. Total abundance of zooplankton (ind 100 m⁻²) in slick and rough surfaces during the study days. Statistical significant differences between abundances in both surfaces (two tailed Mann-Whitney U test; $P < 0.05$), are indicated in bold characters.

| | 7 de noviembre | | | 8 de noviembre | | | 9 de noviembre | | |
|------------------------------------|----------------|--------|--------------|----------------|--------|--------------|----------------|---------|--------------|
| | Lisa | Rugosa | <i>P</i> | Lisa | Rugosa | <i>P</i> | Lisa | Rugosa | <i>P</i> |
| Copépodos | 8.022 | 15.331 | 0,262 | 32.167 | 37.700 | 0,423 | 10.549 | 106.502 | 0,004 |
| Nauplios de copépodos | 313 | 1.802 | 0,109 | 1.328 | 566 | 0,522 | 3.017 | 10.335 | 0,055 |
| Eufáusidos (<i>N. simplex</i>) | 40 | 11 | 0,012 | 125 | 33 | 0,016 | 31 | 47 | 0,748 |
| Eufáusidos (<i>E. mucronata</i>) | 12 | | 0,021 | 5 | 1 | 0,400 | | | |
| Eufáusidos (calyptopis) | 1.771 | 1.771 | 0,522 | 8.467 | 1.759 | 0,150 | 1.269 | 1.655 | 0,423 |
| Mysidáceos | 10 | 15 | 0,616 | 57 | 24 | 0,195 | 9 | 2 | 0,105 |
| Cladóceros | 4 | | 0,140 | | | | 16 | 15 | 0,858 |
| Ostrácodos | 7 | 3 | 0,924 | 1 | | 0,317 | 68 | | 0,140 |
| Larvas de estomatópodos | 1 | | 0,317 | 26 | 4 | 0,030 | 6 | 4 | 0,702 |
| Larvas cypris de cirripedios | 92 | 15 | 0,004 | 57 | 22 | 0,045 | 91 | 51 | 0,109 |
| Larvas zoeas de carideos | 12 | | 0,022 | 3 | 2 | 0,847 | 1 | 2 | 0,902 |
| Larvas zoeas de braquiuros | 5 | 14 | 0,204 | 28 | 29 | 0,744 | 21 | 30 | 0,624 |
| Larvas megalopas de braquiuros | 199 | 25 | 0,572 | 69 | 10 | 0,046 | 21 | 22 | 0,681 |
| Larvas zoeas de anomuros | 4 | | 0,138 | 109 | 2 | 0,153 | 3 | 63 | 0,005 |
| Larvas megalopas de anomuros | 54 | 2 | 0,121 | 4 | 2 | 0,528 | 2 | 4 | 0,523 |
| Anfípodos hipóridos | 2 | | 0,138 | 1 | | 0,317 | 4 | | 0,058 |
| Anfípodos caprellidos | 5 | | 0,058 | | | | | | |
| Anfípodos gamáridos | 21 | 1 | 0,016 | 53 | 2 | 0,030 | 12 | 2 | 0,252 |
| Isópodos | 4 | | 0,317 | 7 | 17 | 0,134 | 7 | 7 | 0,933 |
| Larvas de peces | 32 | 28 | 0,687 | 12 | 12 | 0,744 | 17 | 11 | 0,161 |
| Huevos de peces | 404 | 261 | 0,109 | 235 | 700 | 0,470 | 1.095 | 943 | 0,109 |
| Apendicularias | 698 | 2.384 | 0,004 | 2.866 | 733 | 0,055 | 3.653 | 6.022 | 0,128 |
| Quetognatos | 2 | 1 | 0,523 | 6 | 8 | 0,604 | 1 | 29 | 0,050 |
| Ctenóforos | 22 | 4 | 0,107 | | | | 1 | 2 | 0,902 |
| Hidromedusas | 22 | 6 | 0,072 | 22 | 16 | 0,559 | 17 | 16 | 0,217 |
| Sifonóforos | 9 | 11 | 0,620 | 6 | 11 | 0,607 | 52 | 9 | 0,019 |
| Salpas | 2 | | 0,138 | | | | | | |
| Larvas de gasterópodos | 80 | 4 | 0,020 | 40 | 13 | 0,101 | 189 | 11 | 0,191 |
| Larvas de bivalvos | 206 | 1 | 0,060 | 6 | 5 | 0,655 | 386 | 4 | 0,283 |
| Larva cifonautas de briozos | 1 | | 0,317 | 44 | 51 | 0,630 | 8 | 1 | 0,152 |
| Larvas de poliquetos | 43 | 1 | 0,181 | | 1 | 0,317 | 5 | 27 | 0,040 |
| Planarias | 40 | | 0,007 | 13 | 2 | 0,018 | 23 | 3 | 0,284 |

intensidad del viento fue menor a 7 m s⁻¹ (Shanks & Wright, 1987) o menor a 5 m s⁻¹ (Hale & Mitchell, 1997; Shanks, 2002).

Las diferencias de temperatura superficial y de la columna de agua entre zonas lisas y rugosas en los dos primeros días de estudio, coincide con lo señalado por

Shanks (2002), quien indica que corresponderían a cambios en la columna de agua y no a factores externos, como forzamiento de mareas u ondas internas. Según Pond & Pickard (1983) esto puede estar relacionado con el calentamiento progresivo de la capa superficial, producto de la radiación solar.

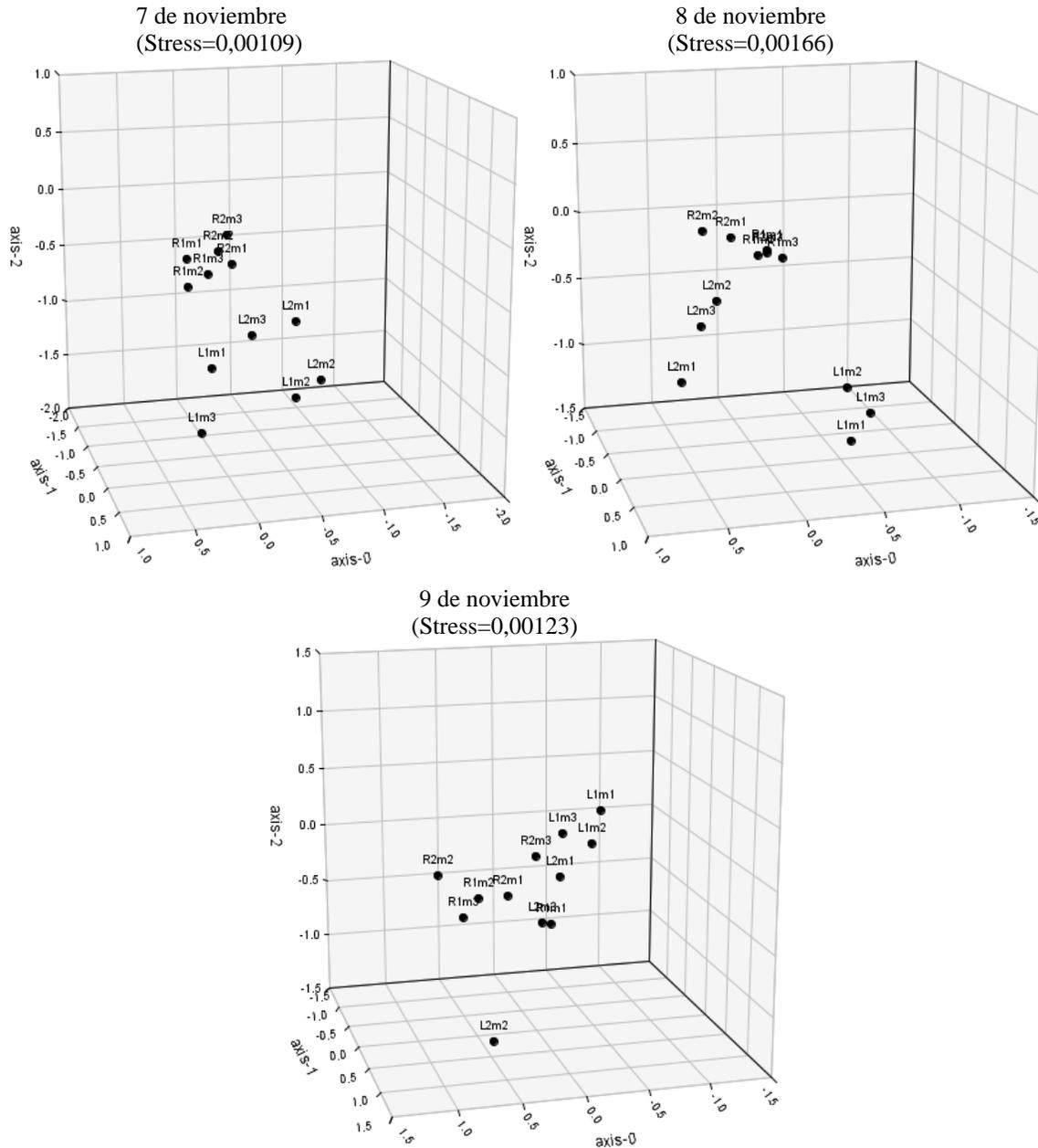


Figura 4. Análisis de ordenación tridimensional ENMM de las muestras (m) de superficies lisas (L) y rugosas (R), basada en la disimilitud faunística (Bray-Curtis) de zooplancteres superficiales capturados durante el periodo de estudio.

Figure 4. Tridimensional ordination analysis nMDS of slick (L) and rough (R) surfaces samples (m), based on faunistic dissimilitude (Bray-Curtis) of surface zooplankton during the study period.

El aumento de la intensidad del viento registrado el último día de muestreo, produjo mezcla en la columna de agua en los primeros 5 m de profundidad, lo que concuerda con el efecto señalado por Moraga (1996). Aunque la homogenización vertical fue más profunda que los días anteriores, los perfiles verticales de temperatura, tuvieron cierto grado de estratificación durante todos los días de estudio. Al respecto, se

puede señalar que en la bahía de Coquimbo, se ha detectado estratificación estacional, caracterizada por picnoclinas entre 10 y 15 m de profundidad, especialmente en primavera (Moraga & Olivares, 1993; Valle-Levinson *et al.*, 2000).

Si bien, no se registraron temperaturas en series de tiempo a distintos niveles para observar ondas internas, las oscilaciones de temperatura en la

columna de agua bajo las zonas lisas y rugosas y el grado de estratificación observado, se puede relacionar con la presencia de ondas internas, lo cual concuerda con lo señalado por Moraga (1989), que establece que la picnoclina detectada fuera de la bahía de Coquimbo, separa aguas de características subantárticas (ASAA) y ecuatoriales subsuperficiales (AESS), lo que favorece la formación y propagación de ondas internas. Shanks (2002) establece que el efecto de las mareas, topografía submarina y estratificación de la columna de agua (cuando existe picnoclina), favorecen la formación de ondas internas de diferentes períodos y amplitudes, las cuales se propagan por la plataforma continental hacia la costa. Además, plantea que estas ondas internas se manifiestan superficialmente como bandas alternadas lisas y rugosas en condiciones de viento suave.

Shanks (2002) señala que la presencia de zooplancteres en la superficie del mar, además de ser afectada por procesos de circulación o forzamientos, se debe a comportamientos que los mantienen en superficie, como la baroquinesis, fototaxis positiva, geotaxis negativa, alta tigmotaxis (tendencia a adherirse a objetos) o velocidades de nado sostenido, lo cual tendría directa relación con habilidades sensoriales dependientes de estados ontogenéticos y morfología (Kingsford *et al.*, 2002).

La presencia de larvas cypris (cirripedios) que predominaron en superficies lisas, se relaciona con lo señalado por Le Fèvre & Bourget (1991), respecto a su migración vertical pues seleccionan activamente la capa superficial del mar, dada su capacidad natatoria y su caparazón hidrofóbico y lo señalado por Shanks (1986, 1988) y Shanks & Wright (1987), que encontraron mayores abundancias de larvas cypris en *slicks* asociados a ondas internas, proceso que puede afectar la retención de larvas y su transporte a áreas de asentamiento.

El efecto de las mareas, también contribuye en la distribución heterogénea del zooplancton superficial. Al respecto, Shanks (1995) señala que los mero-plancteres se posan sobre el fondo marino o nadan sobre la zona bentónica durante las mareas bajas, pero cuando cambian de dirección durante la fase de marea alta, pueden ascender en la columna de agua, siendo rápidamente transportados por el flujo de mareas hacia zonas más someras. Este uso de las corrientes de marea, es conocido como “transporte selectivo de flujo de marea”, proceso que se acopla con la migración vertical que realizan organismos bentopelágicos para llegar a sustratos favorables para su asentamiento (Shanks, 1995). Al respecto, los anfípodos gamáridos, larvas megalopas de decápodos, larvas de estomatópodos, moluscos, gastrópodos y bivalvos, larvas cifonautas y planarias, estuvieron

presentes en mayores concentraciones en las zonas lisas, lo cual concuerda con Shanks (2002), que establece que estos organismos se concentran mayoritariamente en *slicks* producidos por ondas internas de marea, que actúan como mecanismo de transporte hacia la costa.

N. simplex, eufáusido de distribución costera subtropical, forma densas agregaciones en la superficie del mar (Brinton, *et al.*, 1999). Un estudio realizado por Gendron (1992) en la costa de Baja California, sugiere que las densas agregaciones superficiales de huevos, metanauplios y larvas de *N. simplex* en esa región, están relacionadas principalmente con la reproducción y agregaciones de adultos en condiciones reproductivas. El tipo de redes usadas en esta oportunidad y la capacidad natatoria de los eufáusidos adultos, que evitaría su captura, sería la explicación de la presencia de un mayor número de larvas (calyptopis) y juveniles en las zonas lisas durante los dos primeros días de estudio.

La abundancia de copépodos en todas las muestras y su predominio en superficies rugosas, coincide con lo señalado por Shanks (2002), quien indica que los organismos holoplanctónicos (como copépodos) no se encuentran normalmente en el neuston, pero ocasionalmente se concentran en superficies rugosas ubicadas entre *slicks*, generados por ondas internas, lo cual sugiere que su afloramiento es causado por corrientes ascendentes generadas en el borde posterior de las ondas internas. Esto también explicaría las altas concentraciones de apendicularias, las que en general fueron más abundantes en zonas rugosas, con diferencias significativas el primer día de muestreo.

Shanks (1983) y Kingsford & Choat (1986) encontraron mayores concentraciones de larvas de peces en la superficie del mar en los *slicks*, que en las zonas adyacentes, lo cual puede ser atribuido al mismo proceso de agregación superficial generado por *slicks* de ondas internas. En esta oportunidad, el ictio-plancton estuvo constituido por huevos y larvas de diferentes estados de desarrollo de diversas movilidades, lo cual sería la causa de la ausencia de una tendencia relacionada con zonas lisas o rugosas.

En general, se puede señalar que la mayor ocurrencia de cladóceros, ostrácodos, larvas de cirripedios, ctenóforos, hidromedusas, sifonóforos, salpas, larvas de moluscos, cifonautas y planarias en zonas lisas, corresponde a la reducida capacidad natatoria de estos grupos, mientras que los grupos de mayor movilidad (copépodos, eufáusidos, quetognatos y apendicularias), se encontraron en ambos tipos de superficies.

La agrupación segregada de muestras en superficies lisas y rugosas, basada en las similitudes de la composición faunística y abundancia de los componentes zooplanctónicos superficiales (ENMM), en general, dependería de los procesos físicos que afectan la capa superficial, las adaptaciones a la vida pelágica de las diferentes especies que se encuentran en la superficie del mar, sus estados de desarrollo y su comportamiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al profesor Julio Moraga Opazo y a la Sra. María Luisa Nava, por la revisión crítica y aportes al documento. Al Dr. Martin Thiel, por sus observaciones críticas y ayuda durante los análisis. A la Facultad de Ciencias del Mar, que dio las facilidades para realizar esta investigación.

REFERENCIAS

- Brinton, E., M.D. Ohman, A.W. Townsend, M.D. Knight & A.I. Bridgeman. 1999. (CD-ROM) Euphausiids of the world ocean. Expert Centre for Taxonomic Identifications (ETI), University of Amsterdam. Springer-Verlag.
- Field, J., K. Clarke & R. Warwick. 1982. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 8: 37-52.
- Gendron, D. 1992. Population structure of daytime surface swarms of *Nyctiphanes simplex* (Crustacea: Euphausiacea) in the Gulf of California, Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 87: 1-6.
- Hale, M. & J. Mitchell. 1997. Sea surface microlayer and bacterioneuston spreading dynamics. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 147: 269-276.
- Hamner, W. 1988. Behavior of plankton and patch formation in pelagic ecosystems. *Bull. Mar. Sci.*, 43(3): 752-757.
- Kingsford, M. & J. Choat. 1986. Influence of surface slicks on the distribution and onshore movements of small fish. *Mar. Biol.*, 91: 161-171.
- Kingsford, M., J. Leis, A. Shanks, K. Lindeman, S. Morgan & J. Pineda. 2002. Sensory environments, larval abilities and local self-recruitment. *Bull. Mar. Sci.*, 70: 309-340.
- Le Fèvre, J. & E. Bourget. 1991. Neustonic niche for cirripede larvae as a possible adaptation to long-range dispersal. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 74: 185-194.
- Mann, K.H. & J.R. Lazier. 2006. Dynamics of marine ecosystems: biological-physical interactions in the oceans. Blackwell Publishing, Cambridge, 512 pp.
- Moraga, J. 1989. Observación de ondas internas frente a Coquimbo, Chile. *Cienc. Tecnol. Mar.*, 13: 3-17.
- Moraga, J. 1996. Capa límite marina en la zona costera frente a Chile en los 29,5°S. *Estud. Oceanol.*, 15: 17-28.
- Moraga, J. & J. Olivares. 1993. Condiciones oceánográficas del área próxima a la costa frente a Coquimbo, Chile. Facultad de Ciencias de Mar, Universidad Católica del Norte. Serie Ocasional, 2: 125-140.
- Parsons, T., M. Takahashi & B. Hargrave. 1984. Biological oceanographic processes. Pergamon Press, London, 330 pp.
- Pineda, J. 1999. Circulation and larval distribution in internal tidal bore warm fronts. *Limnol. Oceanogr.*, 44: 1400-1414.
- Pond, S. & G. Pickard. 1983. Introductory dynamical oceanography. Pergamon Press, London, 329 pp.
- Powell, T. & A. Okubo. 1994. Turbulence, diffusion and patchiness in the sea. *Phil. Trans. Roy. Soc. B.*, 343: 11-18.
- Shanks, A. 1983. Surface slicks associated with tidally forced internal waves may transport pelagic larvae of benthic invertebrates and fishes shoreward. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 13: 311-315.
- Shanks, A. 1986. Tidal periodicity in the daily settlement of intertidal barnacle larvae and an hypothesized mechanism for the cross-shelf transport of cyprids. *Biol. Bull.*, 170: 429-440.
- Shanks, A. 1988. Further support for the hypothesis that internal waves can cause shoreward transport of larval invertebrates and fish. *Fish. Bull.*, 86: 703-714.
- Shanks, A. 1995. Mechanisms of cross-shelf dispersal of larval invertebrates and fish. In: L. McEdward (ed.). Ecology of marine invertebrate larvae. CRC Press, Boca Raton, pp. 323-367.
- Shanks, A. 2002. Internal tides and the biology of continental shelf waters. In: J.C. Castilla & J.L. Largier (eds.). The oceanography and ecology of the nearshore and bays in Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, pp. 3-27.
- Shanks, A. & W. Wright. 1987. Internal-wave-mediated shoreward transport of cyprids, megalopae, and gammarids and correlated longshore differences in the settling rate of intertidal barnacles. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 114: 1-13.
- Shanks, A., J.L. Largier, L. Brink, J. Brubaker & R. Hooff. 2000. Demonstration of the onshore transport of larval invertebrates by the shoreward movement of an upwelling front. *Limnol. Oceanogr.*, 45: 230-236.
- Steele, J.H. 1976. Patchiness. In: D.H. Cushing & J.J. Walsh (eds.). The ecology of the seas. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 98-115.

Valle-Levinson, A., J. Moraga, J. Olivares & J.L. Blanco. 2000. Tidal and residual circulation in a semi-arid bay: Coquimbo bay, Chile. *Cont. Shelf Res.*, 20: 2009-2028.

Wolanski, E. & W. Hamner. 1988. Topographically controlled fronts in the ocean and their biological influence. *Science*, 241: 177-181.

Zar, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, New Jersey, 662 pp.

Received: 13 May 2010; Accepted: 21 April 2012