

Distribución y estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica en la costa del norte de Chile

Distribution and community structure of the benthic macroinfauna at the coast of northern Chile

EDUARDO JARAMILLO¹, FRANKLIN CARRASCO², PEDRO QUIJON¹,
MARIO PINO³ y HERALDO CONTRERAS¹

¹ Instituto de Zoología, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

² Departamento de Oceanología, Universidad de Concepción, Concepción, Chile

³ Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

RESUMEN

Se caracterizó la estructura comunitaria de la macroinfauna intermareal y submareal del litoral del norte de Chile, una costa caracterizada por la frecuencia de eventos de surgencia. Para ello se realizaron muestreos en la costa de Antofagasta, Caldera y La Serena - Coquimbo. La estructura comunitaria de la macroinfauna intermareal de las playas arenosas mostró relación con el tipo morfodinámico de playa; en las playas con características más reflectivas (grano más grueso, mayor pendiente) ocurrieron los valores más bajos de riqueza y abundancia de taxa. Lo contrario se observó en playas con grano más fino y menores pendientes (playas intermedias). Se observó además un reemplazo latitudinal de especies, principalmente en los niveles superiores del intermareal. En los fondos submareales, la variabilidad de las características sedimentológicas, la riqueza, abundancia y biomasa de las especies, diferenció entre bahías y especialmente entre fondos profundos (50 - 65 m) y someros (15 - 20 m). Mientras los primeros estuvieron caracterizados por sedimentos más finos, donde dominaron poliquetos, los segundos correspondieron a sedimentos más gruesos y con mayor representación de crustáceos y moluscos. La producción secundaria estimada en el área fue relativamente baja, situación que llama la atención por tratarse de un área sujeta a surgencias costeras y a una alta productividad primaria.

Palabras clave: macroinfauna bentónica, costa norte de Chile, surgencia.

ABSTRACT

The community structure of the intertidal and subtidal macroinfauna was studied at the littoral of northern Chile, a coast characterized by the frequency of upwelling. Thus, samplings were carried out at the coast of Antofagasta, Caldera and La Serena - Coquimbo. The community structure of the intertidal macroinfauna of sandy beaches showed relations with the morphodynamic beach characteristics; at beaches with reflective characteristics (coarser grains, steeper slopes) occurred the lowest number and abundance of taxa. The opposite was found at beaches with finer grains and gentler slopes (intermediate beaches). It was also found a latitudinal replacement of species, primarily at the upper intertidal levels. At the subtidal bottoms, the variability of sedimentological characteristics, species richness, abundance, biomass and secondary production of the macroinfauna allowed to differentiate bays and specially between deep (50 - 65 m) and shallow bottoms (15 - 20 m). While the first ones were characterized by finer sediments and polychaetous dominance, the second ones had coarser sediments with a higher representation of crustaceans and molluscs. The estimated values of secondary production were relatively low, considering that this region is subjected to coastal upwellings which are inducing high levels of primary productivity.

Key words: benthic macroinfauna, northern coast of Chile, upwelling.

INTRODUCCION

Los sedimentos intermareales y submareales de profundidades someras sustentan comunidades bentónicas, cuya estructura comunitaria

y productividad, han sido en general asociadas a la variabilidad espacio-temporal de los componentes físicos del ambiente, i.e., características sedimentológicas y condiciones hidrográficas (e.g. Gray 1981, Brown &

McLachlan 1990). Para el intermareal de playas arenosas, por ejemplo, se ha enfatizado el rol de la interacción entre el tipo de sedimento, la pendiente y las características del oleaje (morfodinamismo) en la riqueza de especies, la abundancia y biomasa de la macroinfauna (Defeo et al. 1993, Jaramillo & McLachlan 1993, McLachlan et al. 1993). En fondos submareales de profundidades someras (< 100 m), la heterogeneidad de los sedimentos (e.g. Sanders 1958, Ishikawa 1989, Luckenbach 1986), la variabilidad físico-química de la columna de agua (e.g. Arntz & Rumhor 1986), las perturbaciones ambientales como temporales (McCall 1978) y la estacionalidad (Beukema 1990, Pearson & Barnett 1987), entre otros, son factores usualmente mencionados para explicar la variabilidad observada en la estructura comunitaria y la producción de la macroinfauna submareal. La alta productividad que se verificaría en la columna de agua, debido a la acción de procesos de surgencias costeras (Marín et al. 1993), como sucede en el litoral del norte de Chile, debiera reflejarse y modular los factores mencionados.

La estructura de la macroinfauna de los fondos blandos del litoral del norte de Chile (ca. 19-30° S), ha sido escasamente analizada. La macroinfauna intermareal de las playas de Iquique ha sido estudiada por Jaramillo (1987) y Cifuentes (1998¹), la de Antofagasta por Clarke & Peña (1988) y Soto et al. (1997²), la de Chañaral por Castilla (1983) y la de la costa de Coquimbo por Sánchez et al. (1982) y Jaramillo (1987). En playas arenosas del litoral centro-sur de Chile (ca. 40° S), se ha encontrado que la estructura de la macroinfauna intermareal está estrechamente relacionada al

estado morfodinámico de la playa (Jaramillo & McLachlan 1993), situación también observada en otras áreas litorales del hemisferio norte y sur (McLachlan et al. 1993). Debido a la escasez de análisis morfodinámicos en los estudios realizados con la macroinfauna de las playas arenosas del norte de Chile, no es posible en general realizar análisis de tal tipo, e inferir cuáles son los factores que determinan la estructura comunitaria de esa macroinfauna. Aun así, es posible generalizar en el sentido que la fauna del intermareal de esas playas, presenta menor riqueza específica (primariamente en los niveles inferiores o zona de resaca) que otras playas arenosas del país (cf. Jaramillo 1987, Jaramillo et al. 1993). Tampoco se conoce cuán variable en el tiempo es la estructura comunitaria de la macroinfauna intermareal de las playas arenosas del norte de Chile; i.e. variabilidad estacional en número y abundancia de taxa.

En el norte de Chile, los estudios de comunidades bentónicas de fondos submareales se restringen al litoral entre Arica e Iquique (Gallardo 1963, Quiroga & Soto 1998³, Quiroga et al. 1998⁴), litoral de Tocopilla (Quiroga et al. 1998⁴), bahía Coloso en Antofagasta (Carrasco 1997), y más frecuentemente bahía Mejillones del Sur (Ramorino & Muñiz 1970, Zúñiga et al. 1983, Rodríguez 1998⁵, Rojo & Oliva 1998⁶). La variedad de profundidades muestreadas, lo variable de los diseños de muestreo (incluyendo diversos tipos de mues-

¹ CIFUENTES S (1998) Estructura comunitaria de la macroinfauna de playas arenosas del norte de Chile. Resúmenes XVIII Congreso de Ciencias del Mar, mayo 1998, Iquique, Chile: 150.

² SOTO R, M VARGAS, G GUZMAN & E QUIROGA (1997) Estructura comunitaria del intermareal arenoso de bahía Mejillones (23°00'S) durante el verano-invierno de 1996. Resúmenes XVII Congreso de Ciencias del Mar, mayo 1997.

³ QUIROGA E & R SOTO (1998) El rol de los espionidos en la estructura de la comunidad: un caso de estudio en la bahía Iquique (20°11'S, 70°10'W) Resúmenes XVIII Congreso de Ciencias del Mar, mayo 1998, Iquique, Chile: 186.

⁴ QUIROGA E, R SOTO, M VARGAS, G GUZMAN, N NAVARRETE & S CIFUENTES (1998) Biodiversidad y estructura comunitaria del macrozoobentos sublitoral de fondos blandos del norte de Chile. Resúmenes XVIII Congreso de Ciencias del Mar, mayo 1998, Iquique, Chile: 189.

⁵ RODRIGUEZ L (1998) Estudios oceanográficos y biológicos en bahía Mejillones del Sur, Antofagasta, Chile: estado actual. Resúmenes XVIII Congreso de Ciencias del Mar, mayo 1998, Iquique, Chile: 119.

⁶ ROJO M & M OLIVA (1998) Comunidades bentónicas de bahía Mejillones del Sur (23°S) 1993. Resúmenes XVIII Congreso de Ciencias del Mar, mayo 1998, Iquique, Chile: 189.

treadores y trama de mallas para recolección de los organismos) y la variabilidad estacional, probablemente explican la gran variedad en número de taxa (20-90) recolectados y en los valores de abundancia (871-65 390 ind./m²) mencionados en esos estudios, lo que dificulta el análisis y la obtención de conclusiones generalizadoras acerca de la estructura comunitaria de esas comunidades.

Las surgencias costeras, inducidas principalmente por los vientos y la topografía, tienden a ser, en el norte de Chile, no de gran magnitud pero sí más constantes y de mayor extensión geográfica que en el centro y sur del país. Algunos de los resultados mencionados en los estudios de la macroinfauna submareal del litoral del norte de Chile han sido analizados en relación a estos procesos de surgencia (Gallardo 1963, Rodríguez 1998⁵). Entre las localidades con una mayor frecuencia y constancia de eventos de surgencias, se menciona a Mejillones, en el litoral de Antofagasta, y Punta Lengua de Vaca en el litoral de Coquimbo (Fonseca & Farías 1987, Marín et al. 1993, Rodríguez 1998⁵). Estos lugares de afloramientos costeros contienen aguas frías ricas en nutrientes (Strub et al. 1998), lo que resulta en una mayor productividad primaria y secundaria que áreas costeras sin surgencias. Esta situación ha sido mencionada para el litoral del norte de Chile (Marín et al. 1993, Rodríguez 1998⁵), como también para otras costas con características similares (Tarazona et al. 1988, Arntz et al. 1987, Bosman et al. 1987).

Debido a las características del viento y la geomorfología, la persistencia y distribución espacial de los lugares con mayor frecuencia de surgencias en el litoral del norte de Chile es variable (Fonseca & Farías 1987, Strub et al. 1996). Esto resulta en la dificultad de establecer apropiadamente la extensión geográfica de estas áreas de surgencias, y en consecuencia la frecuencia e intensidad con que las aguas de surgencia alcanzan las áreas costeras. Por lo tanto, los efectos que sobre la estructura comunitaria del bentos tengan estos eventos, podrían ser discernibles sólo a una escala regional (i.e. cientos de kilómetros de distancia; e.g. Vásquez et al., este volumen).

En este estudio se analiza la estructura comunitaria y distribución de la macroinfauna intermareal y submareal del litoral del norte de Chile, independiente de la poco definida ubicación de las áreas con mayor frecuencia de surgencia. Dos fueron las hipótesis de trabajo, ambas basadas en antecedentes ya conocidos para otras áreas del litoral chileno o de otras latitudes (e.g. McLachlan & Jaramillo 1995, Gray 1981): por una parte, se asume que las estructuras comunitarias de la macroinfauna intermareal de playas morfodinámicamente similares son semejantes, relación que se mantiene en el tiempo. Por otra parte, y basados en la estrecha relación existente entre la estructura comunitaria de la macroinfauna submareal y las características del sustrato, se asume que la variabilidad sedimentológica que ocurre con el incremento de la profundidad afecta la estructura comunitaria de esa macroinfauna y que fondos de similares características sedimentológicas, pero ubicados en distintas áreas del litoral del norte de Chile, presentan similares macroinfaunas. Para evaluar las consecuencias de estas hipótesis se realizaron los siguientes estudios en el litoral de Antofagasta, Caldera y La Serena-Coquimbo: i) evaluación de eventuales diferencias en estructura comunitaria y zonación de la macroinfauna intermareal de playas arenosas, ii) análisis de eventuales diferencias en la estructura poblacional de la especie más característica de esas playas, iii) evaluación de eventuales diferencias en sedimentos submareales y estructura comunitaria de la macroinfauna submareal, y iv) análisis de eventuales diferencias en productividad secundaria de la macroinfauna submareal.

MATERIAL Y METODOS

Area de estudio

Se seleccionaron como sitios de estudio áreas intermareales (playas arenosas) y submareales, localizadas en el litoral de Antofagasta, Caldera y La Serena - Coquimbo (Fig. 1).

Para el estudio de la macroinfauna intermareal de Antofagasta, las playas elegidas fueron Hornitos ($22^{\circ}54'S$, $70^{\circ}17'W$), Mejillones ($23^{\circ}05'S$, $70^{\circ}26'W$, ubicada en el costado norte de la península de Mejillones, al final del área industrial del pueblo del mismo nombre) y La Rinconada ($23^{\circ}28'S$, $70^{\circ}31'W$, al sur-este de la península de Mejillones) (Fig. 1). Estas playas se ubican a aproximadamente 90, 67 y 28 km al norte de la ciudad de Antofagasta. En el litoral de La Serena - Coquimbo, las playas elegidas fueron El Apollillado ($29^{\circ}10'S$, $71^{\circ}29'W$, Fig. 1), San Pedro

($29^{\circ}52'S$, $71^{\circ}16'W$, adyacente a La Serena) y Tongoy ($30^{\circ}16'S$, $71^{\circ}30'W$) (Fig. 1). El Apollillado y San Pedro se ubican aproximadamente 92 y 8 km al norte de Coquimbo; el sitio muestreado en Tongoy se localiza aproximadamente 37 km al sur de Coquimbo. Durante marzo de 1997 se muestreó además en las playas Rodillo ($26^{\circ}59'S$, $70^{\circ}48'W$) y El Cisne ($27^{\circ}14'S$, $70^{\circ}57'W$), ubicadas inmediatamente al norte y sur de Caldera, respectivamente (Fig. 1). Esto último con el objetivo de analizar eventuales cambios latitudinales en la zonación de la macroinfauna en el litoral del norte de Chile.

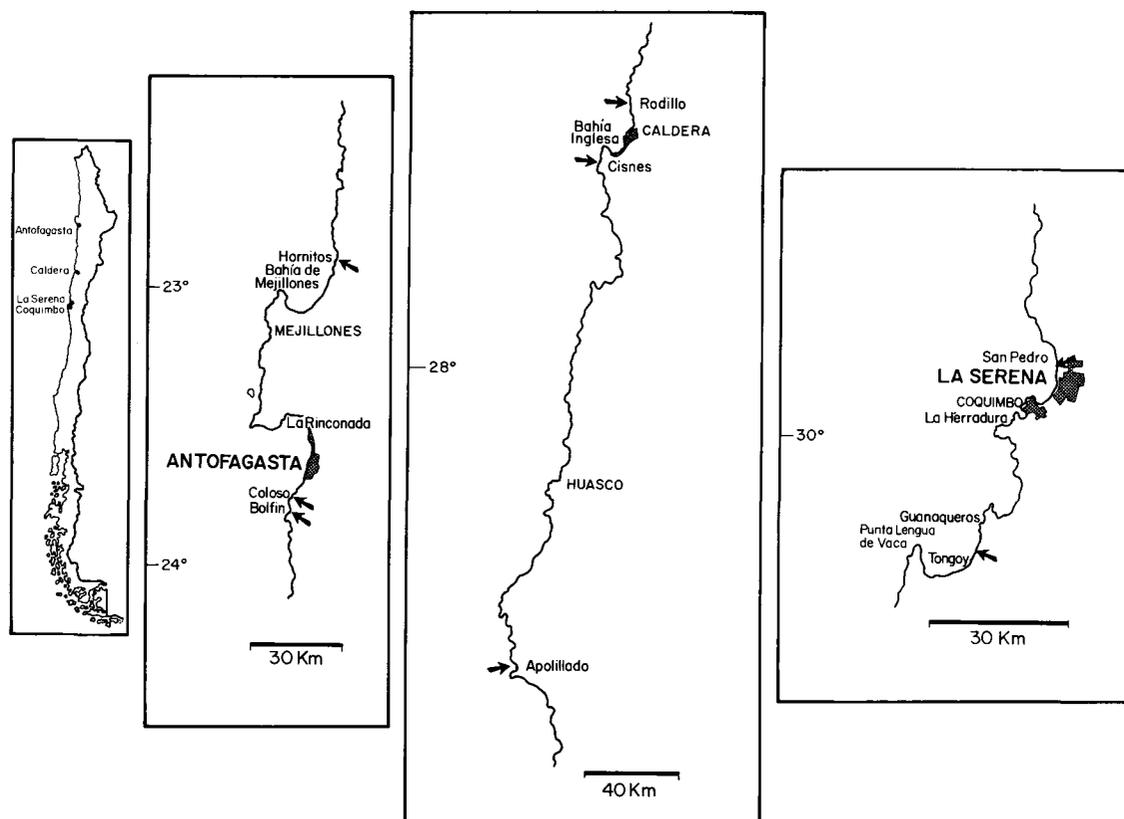


Fig. 1: Ubicación de los sitios de estudio. La macroinfauna intermareal de playas arenosas fue muestreada en Hornitos, Mejillones y La Rinconada en Antofagasta; Rodillo y Cisnes en Caldera; El Apollillado, San Pedro y Tongoy en La Serena-Coquimbo. Las muestras para los análisis de la estructura comunitaria de la macroinfauna submareal se obtuvieron en las bahías de La Rinconada, Coloso y Bolfin en Antofagasta, en bahía Caldera, y en las bahías La Herradura, Guanaqueros y Tongoy en La Serena-Coquimbo. Las muestras para estudios de producción secundaria de la macroinfauna se recolectaron en las bahías de La Rinconada y Bolfin en Antofagasta, y La Herradura y Tongoy en La Serena-Coquimbo. Cada sitio de estudio aparece indicado por flechas.

Location of the study sites. The intertidal macroinfauna of sandy beaches was sampled at Hornitos, Mejillones and La Rinconada in Antofagasta; Rodillo and Cisnes in Caldera; El Apollillado, San Pedro and Tongoy in La Serena-Coquimbo. Samples for the analyses of community structure of subtidal macroinfauna were obtained in the following bays: La Herradura, Guanaqueros and Tongoy. Samples for the study of macroinfauna secondary production were collected in the Rinconada and Bolfin bays in Antofagasta, in La Herradura and Tongoy bays in La Serena-Coquimbo. Each study site is indicated by arrows.

Para la caracterización de los fondos submareales, se recolectaron muestras en siete bahías. En el litoral de Antofagasta se muestrearon las bahías La Rinconada, Coloso (23°45'S, 70°28'W) y Bolfin (23°50'S, 70°30'W). Como mencionado anteriormente, La Rinconada se ubica al norte de Antofagasta (ca. 28 km); Coloso y Bolfin al sur de la misma (aproximadamente 11 y 22 km, respectivamente). En Caldera se muestreó en la parte central de la bahía del mismo nombre (27°03'S, 70°49'W), mientras que en Coquimbo se recolectaron muestras en las bahías La Herradura (29°59'S, 71°22'W, inmediatamente adyacente a la ciudad de Coquimbo), Guanaqueros (30°09'S, 71°25'W, aproximadamente 25 km al sur de La Herradura) y Tongoy (30°16'S, 71°30'W, aproximadamente 42 km al sur de Coquimbo) (Fig. 1).

Obtención y análisis de las muestras

Los muestreos para el análisis de la estructura comunitaria de la macroinfauna intermareal de playas arenosas se realizaron en julio y noviembre de 1996 y marzo, agosto y diciembre de 1997. Como mencionado anteriormente, durante marzo de 1997 se muestreó además en Rodillo y El Cisne. Para la obtención de las muestras se realizaron transectos perpendiculares ($n = 4$) a la línea de costa extendidos entre los niveles de marea alta y marea baja. Las muestras se recolectaron con cilindros plásticos (0.05 m²) enterrados a 30 cm de profundidad para ser filtradas en mallas de 1000 micrones. En el laboratorio se sortearon las muestras para luego realizar cálculos de abundancia por metro² y metro lineal. Se midió además el tamaño corporal de la especie más característica de esa macroinfauna, el decápodo anomuro *Emerita analoga*. Coincidiendo con los muestreos faunísticos, se midió la altura y período de la ola, además de obtenerse muestras de sedimento de los niveles inferiores del intermareal, datos necesarios para el cálculo del parámetro de Dean o parámetro Ω el cual define

el tipo morfodinámico de playa (Short & Wright 1983). $\Omega = \text{altura de la ola (cm)} / \text{velocidad de sedimentación de la arena (cm s}^{-1}) \times \text{período de la ola (s)}$.

Simultáneamente a estos muestreos se midió la temperatura del agua en la zona de rompiente de las olas con un termómetro de mercurio graduado en décimas. Se obtuvieron además muestras replicadas de agua ($n = 5$ en el muestreo de julio de 1996, $n = 3$ en los siguientes muestreos) para análisis de clorofila *a*. Las muestras de agua (con volúmenes de 2 - 3 litros) se filtraron en filtros Millipore de 0,45 μm de poro. Los filtros se mantuvieron en portafiltros oscuros y bajo refrigeración, para luego ser sometidos a extracción de pigmentos en acetona al 90% por 24 horas. Posteriormente, se centrifugó a 3 500 rpm por 15 minutos y se midió la absorbancia del sobrenadante, a longitudes de onda de 750 y 665 nm, con y sin acidificación con HCl 0,1 N (Strickland & Parsons 1972).

Para la caracterización de la macroinfauna submareal (marzo de 1997) se recolectaron muestras replicadas ($n = 6$) en las siete bahías mencionadas más arriba y desde dos rangos de profundidad: 15 - 20 y 50 - 65 m. Para los muestreos se utilizaron dragas del tipo Petersen y Van Veen (0,1 m²), desde las cuales se extrajeron submuestras (ca. 200 g) para análisis sedimentológicos y estimación de contenidos de materia orgánica combustible. El resto de los sedimentos se tamizó a través de mallas de 500 micrones, preservándose el residuo en solución salina de formol 10%. En laboratorio las muestras se sortearon y se estimó abundancia y biomasa (peso seco libre de cenizas).

Para los análisis de producción secundaria se llevaron a cabo muestreos durante julio y noviembre de 1996 y marzo de 1997, en las bahías de La Rinconada y Bolfin (10 - 30 m de profundidad), y La Herradura y Tongoy (15-60 m). La recolección, preservación, sorteo, recuento y estimación de biomasa (peso seco libre de cenizas) de los taxa de cada muestra, se realizó de modo similar al descrito previamente. La produc-

tividad secundaria total y por taxa, se estimó a partir de los valores de abundancia y biomasa, utilizando las relaciones empíricas de Brey (1990). En la ecuación descrita por este autor,

$$\log_{10}(P) = a + b_1 * \log_{10}(-B) + b_2 * \log_{10}(w)$$

P es la producción secundaria (g de peso seco libre de cenizas / m² / año), B es la biomasa promedio de la población y w es la biomasa promedio individual de los especímenes. Los coeficientes a, b₁ y b₂ son variables, y dependen en cada caso de los taxa de mayor importancia que se consideren en los cálculos de cada comunidad. Para el cálculo de la producción secundaria anual por localidad, se promedió la biomasa de cada taxón de manera agrupada ("pooled"), i.e. sobre las réplicas y estaciones de los tres muestreos realizados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Macroinfauna intermareal de playas arenosas

i) Características del agua en la zona de rompiente de las olas

La Tabla 1 muestra la variabilidad espacial y temporal de la temperatura del agua y concentración de clorofila *a* en la zona de rompiente de las playas estudiadas. Debido a que los datos que se presentan son restringidos en tiempo y espacio, las conclusiones de los mismos deben tomarse con precaución. Los datos de temperatura muestran un claro patrón estacional, con valores de hasta 22 - 24° C durante marzo y diciembre de 1997. Con excepción de El Apolillado, tanto en el litoral de Antofagasta como La Serena-Coquimbo, no se detectaron mayores diferencias espaciales de este factor abiótico. En las

TABLA 1

Temperatura y concentración de clorofila *a* en el agua de la zona de rompiente de las playas estudiadas. Los datos de temperatura son únicos; los de clorofila representan promedios de tres-cinco réplicas (desviación estándar en paréntesis)
Medias seguidas por las mismas letras no difieren significativamente. * = sin datos

Temperature and concentration of chlorophyll *a* at the surf waters of the studied beaches. The temperature data represent single measurements; those of chlorophyll are means of three - five replicates (standard deviations in parentheses)
Means followed by the same letters do not differ significantly. * = without data

Características		Julio 96	Noviembre 96	Marzo 97	Agosto 97	Diciembre 97
temperatura	Hornitos	16,0	19,0	22,0	19,0	24,0
	Mejillones	16,0	20,0	20,0	19,5	21,5
	La Rinconada	15,0	20,0	22,0	18,5	23,5
	El Apolillado	13,0	15,5	16,0	*	18,0
	San Pedro	*	18,0	19,0	16,0	21,0
	Tongoy	*	20,5	19,0	17,0	22,0
	clorofila <i>a</i>	Hornitos	0,96 (0,17) A	1,29 (0,15) A	1,38 (0,20) A	1,25 (0,41) A
Mejillones		0,53 (0,24) B	0,22 (0,08) B	0,36 (0,20) B	0,39 (0,12) A	0,45 (0,00) A
La Rinconada		1,85 (0,30) A	2,81 (0,26) C	1,25 (0,08) A	5,38 (0,34) B	1,78 (0,53) B
El Apolillado		0,20 (0,09) A	2,05 (0,09) A	0,20 (0,07) A	*	0,93 (0,13) A
San Pedro		0,19 (0,00) A	1,25 (0,18) B	0,89 (0,15) B	0,45 (0,15) A	7,88 (1,66) B
Tongoy		*	1,38 (0,31) B	0,49 (0,08) AB	1,25 (0,82) A	1,25 (0,39) A

aguas de la playa El Apolillado, los valores de temperatura fueron en general más bajos que en sitios cercanos (San Pedro y Tongoy). Tampoco se detectaron tendencias claras en la distribución espacial de las concentraciones de clorofila *a* en ambos litorales, aun cuando, en general, se detectaron los valores más altos en las aguas de La Rinconada (Tabla 1).

ii) Estructura comunitaria y zonación

La Tabla 2 muestra los valores del parámetro de Dean (Ω) calculados para cada sitio. Los valores más bajos se calcularon para las playas de Mejillones y La Rinconada, lo que indica que las mismas poseen características de playas reflectivas (sensu Short & Wright 1983). Los valores de este parámetro calculados para los otros sitios (cercaños o mayores a 2), indican que las playas de Hornitos, El Apolillado, San Pedro y Tongoy despliegan características de playas intermedias (sensu Short & Wright 1983). En El Apolillado y Tongoy se calcularon los valores más altos de Ω (Tabla 2). La Tabla 2 muestra también que las playas de Mejillones y La Rinconada fueron las que presentaron menor variabilidad temporal en sus características morfodinámicas (i.e., menor variabilidad en valores de Ω).

En el litoral de Antofagasta se encontró que los valores más altos en el número de taxa y abundancia de la macroinfauna total, ocurrieron en la playa con los valores más altos de Ω (Hornitos); i.e., características menos reflectivas (cf. Tablas 2 y 3). Esto es similar a lo encontrado en otras áreas litorales, como en el centro sur de Chile (Jaramillo & McLachlan 1993), Uruguay (Defeo et al. 1992), USA y Australia (McLachlan et al. 1993). El mismo tipo de relación no fue tan claro en las playas del litoral de La Serena - Coquimbo. Por ejemplo, en la playa El Apolillado ocurrió un número alto de taxa (10) con valores de Ω tan diferentes como 2.8 y 5.0 (julio y noviembre de 1996, cf. Tablas 2 y 3). Aun así, y tal como observado en las playas de Antofagasta, el número más alto de taxa (12) ocurrió cuando el valor de Ω fue más alto (El Apolillado, marzo de 1997). Similar a lo anterior es lo que se observa al comparar los valores de abundancia y estado morfodinámico de las playas en esta área (cf. Tablas 2 y 3). En general, el número de taxa para cada playa mostró menor variabilidad estacional que la presentada por las abundancias poblacionales de la macroinfauna total, las que no mostraron un patrón definido en cuanto a períodos de mayores o menores abundancias (Tabla 3).

En el litoral de Antofagasta las playas de Hornitos y Mejillones estuvieron domi-

TABLA 2

Valores del parámetro de Dean para las playas estudiadas. * = sin datos

Values of Dean's parameter for the studied beaches. * = without data

Localidades	Julio 96	Noviembre 96	Marzo 97	Agosto 97	Diciembre 97
Hornitos	2,8	2,3	3,6	3,8	2,2
Mejillones	1,2	0,9	1,0	0,9	0,9
La Rinconada	1,3	1,3	1,8	1,4	1,3
El Apolillado	2,8	5,0	5,3	*	4,2
San Pedro	4,5	3,1	4,8	3,3	4,9
Tongoy	*	3,0	5,1	4,9	1,9

nadas por el decápodo anomuro *Emerita analoga* y el isópodo cirolánido *Excirolana braziliensis*, especie dominante en La Rinconada. En el litoral de La Serena - Coquimbo dominó *Emerita analoga* y *Excirolana hirsuticauda* en El Apolillado, *E. analoga* y *E. braziliensis* en San Pedro y el poliqueto *Euzonus heterocirrus* y el bivalvo *Mesodesma donacium* en Tongoy.

En cada sitio, las especies se distribuyeron en un bien definido patrón de zonación, tipificando las diferentes zonas físicas de la playa (Tabla 4). En la costa de Antofagasta el insecto tenebriónido *Phalerisida maculata* y el isópodo *Excirolana braziliensis* ocurren en la zona de secado y línea de marea alta. La zona de retención está ocupada por ese isópodo, además de poliquetos de la familia Glyceridae, la de resurgencia por esos poliquetos y el anomuro *E. analoga*, a la vez que la zona de resaca es primariamente ocupada por esta última especie (Tabla 4). En la costa de Caldera, el anfípodo talítrido *Orchestoidea tuberculata* y *E. braziliensis* ocupan la zona de secado y nivel de marea alta (además de *E. hirsuticauda* en Rodillo). En Rodillo, la zona de retención está dominada por el poliqueto *Euzo-*

nus heterocirrus, seguido de *Excirolana hirsuticauda* y *E. braziliensis*. Estas dos últimas especies y *O. tuberculata* dominan esta zona en El Cisne. La zona de resurgencia de Rodillos está dominada por poliquetos (*E. heterocirrus*, *Haploscoloplos* sp. y *Nephtys impressa*) y bivalvos (*M. donacium*); la de El Cisne está ocupada por *E. hirsuticauda*, *M. donacium*, *E. analoga* y *Haploscoloplos* sp. En Rodillo y El Cisne la zona de resaca está dominada por *E. analoga*, además de juveniles de *M. donacium*. Las playas estudiadas en la costa alrededor de La Serena-Coquimbo difieren bastante en su composición faunística. En los niveles superiores del intermareal de El Apolillado ocurren *P. maculata*, *E. braziliensis*, el anfípodo talítrido *Orchestoidea tuberculata* y el isópodo oniscoídeo *Tylos spinulosus*. En los mismos niveles de San Pedro habitan *P. maculata*, *O. tuberculata* y *E. braziliensis*, a la vez que en Tongoy *O. tuberculata* y *P. maculata* fueron recolectadas en esos niveles. Los niveles medios del intermareal de El Apolillado están dominados por el isópodo *Excirolana hirsuticauda*; los de San Pedro por *E. braziliensis* y los de Tongoy por el poliqueto *Euzonus he-*

TABLA 3

Número de taxa y abundancia de la macroinfauna total en las playas estudiadas. * = sin datos

Number of taxa and abundance of the total macroinfauna at the studied beaches. * = without data

Localidades		Julio 96	Noviembre 96	Marzo 97	Agosto 97	Diciembre 97
Hornitos	Nº de taxa ind. x m ⁻¹	6 25 623	5 14 621	7 71 115	6 11 310	10 153 604
Mejillones	Nº de taxa ind. x m ⁻¹	5 27 395	4 7 528	4 19 161	5 5 255	4 5 086
La Rinconada	Nº de taxa ind. x m ⁻¹	4 5 600	4 6 384	4 4 122	4 10 340	4 8 597
El Apolillado	Nº de taxa ind. x m ⁻¹	10 185 024	10 176 449	12 47 085	* *	9 50 135
San Pedro	Nº de taxa ind. x m ⁻¹	6 9 545	8 4 944	7 25 607	8 7 392	9 104 304
Tongoy	Nº de taxa ind. x m ⁻¹	* *	8 22 334	10 81 903	7 5 482	8 24 103

TABLA 4

Zonación de los taxa más representativos de los niveles superiores, medios e inferiores del intermareal de las playas estudiadas

Zonation of the most representative taxa of the high, mid and low levels of the intertidal at the studied beaches

Zonas	Hornitos	Mejillones	La Rinconada	Rodillo	El Cisne	El Apollillado	San Pedro	Tongoy
zona de secado y línea de marea alta	<i>P. maculata</i> <i>E. braziliensis</i>	<i>P. maculata</i> <i>E. braziliensis</i>	<i>P. maculata</i> <i>E. braziliensis</i>	<i>O. tuberculata</i> <i>E. braziliensis</i> <i>E. hirsuticauda</i>	<i>O. tuberculata</i> <i>E. braziliensis</i>	<i>P. maculata</i> <i>E. braziliensis</i> <i>O. tuberculata</i> <i>T. spinulosus</i>	<i>P. maculata</i> <i>E. braziliensis</i> <i>O. tuberculata</i>	<i>P. maculata</i> <i>O. tuberculata</i>
zona de retención	<i>E. braziliensis</i> Glyceridae	<i>E. braziliensis</i> Glyceridae	<i>E. braziliensis</i> Glyceridae	<i>E. heterocirrus</i> <i>E. hirsuticauda</i> <i>E. braziliensis</i>	<i>O. tuberculata</i> <i>E. braziliensis</i> <i>E. hirsuticauda</i>	<i>E. braziliensis</i> <i>O. tuberculata</i> <i>E. hirsuticauda</i>	<i>E. braziliensis</i> <i>O. tuberculata</i>	<i>E. hirsuticauda</i> <i>E. heterocirrus</i>
zona de resurgencia	<i>E. analoga</i> Glyceridae	<i>E. analoga</i> Glyceridae	<i>E. analoga</i> <i>Haploscoloplos</i> sp.	<i>E. heterocirrus</i> <i>M. donacium</i> <i>N. impressa</i> <i>M. donacium</i>	<i>E. hirsuticauda</i> <i>E. analoga</i> <i>E. analoga</i> <i>Haploscoloplos</i> sp.	<i>E. hirsuticauda</i> Glyceridae	<i>E. analoga</i>	<i>E. analoga</i>
zona de resaca	<i>E. analoga</i> <i>M. donacium</i>	<i>E. analoga</i> <i>M. donacium</i>	<i>E. analoga</i> <i>M. donacium</i>	<i>E. analoga</i> <i>M. donacium</i> <i>N. impressa</i> <i>Haploscoloplos</i> sp.	<i>E. analoga</i> <i>M. donacium</i>	<i>E. analoga</i> <i>N. impressa</i>	<i>E. analoga</i> <i>N. impressa</i>	<i>E. analoga</i>

terocirrus. Finalmente, los niveles inferiores del intermareal de El Apollillado y San Pedro están dominados por *E. analoga* y los de Tongoy por especímenes juveniles del bivalvo *Mesodesma donacium*.

Los esquemas de zonación antes mencionados, muestran en general un incremento latitudinal en el número de especies, primariamente en los niveles superiores (zona de secado y retención) y medios del intermareal (zona de retención): i.e. aparición de *O. tuberculata* y *E. hirsuticauda* en el litoral de La Serena - Coquimbo. Por el contrario, los niveles inferiores estuvieron primariamente ocupados por la misma especie, *Emerita analoga*, organismo de amplia distribución en el litoral chileno (Jaramillo 1987). Esto sugiere que diferentes tipos morfodinámicos de playas u otras características oceanográficas a lo largo de este litoral parecen no influir en la distribución latitudinal de esta especie.

iii) Estructuras poblacionales de *Emerita analoga*

Las Figuras 2 y 3 muestran la estructura poblacional de *E. analoga* en las playas estudiadas. En ambas áreas de estudio se observaron diferencias notorias, especialmente en las abundancias poblacionales de esta especie. La población que presentó las mayores abundancias en el litoral de Antofagasta (Fig. 2) fue la de Hornitos, la playa con características intermedias. Por el contrario, las menores abundancias se registraron en la playa reflectiva de La Rinconada (Fig. 2). En el litoral cercano a La Serena - Coquimbo (Fig. 3), las mayores abundancias ocurrieron en la playa El Apollillado, también de características intermedias. En Tongoy, también playa intermedia, las abundancias de *E. analoga* fueron muy bajas. En todas las playas estudiadas (con excepción de Tongoy) los

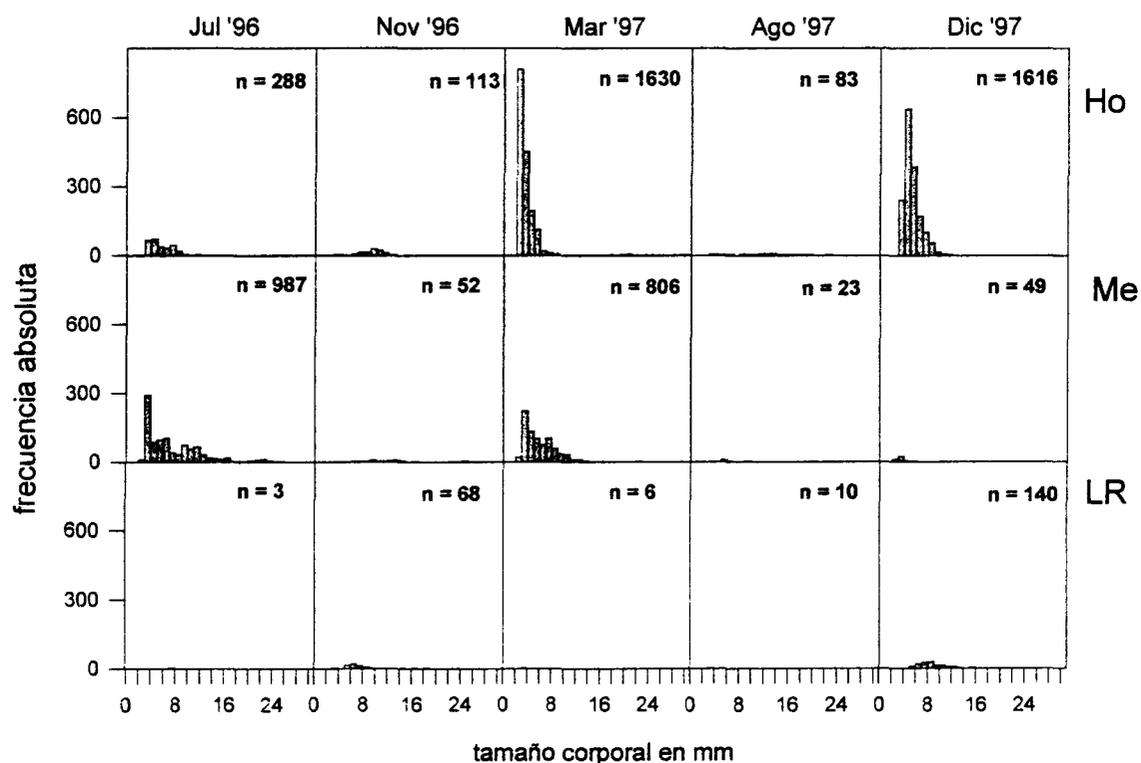


Fig. 2: Estructura de tallas de *Emerita analoga* en las playas del litoral de Antofagasta. Ho= Hornitos, Me = Mejillones, LR = La Rinconada.

Body size structure of *Emerita analoga* in beaches of the Antofagasta littoral

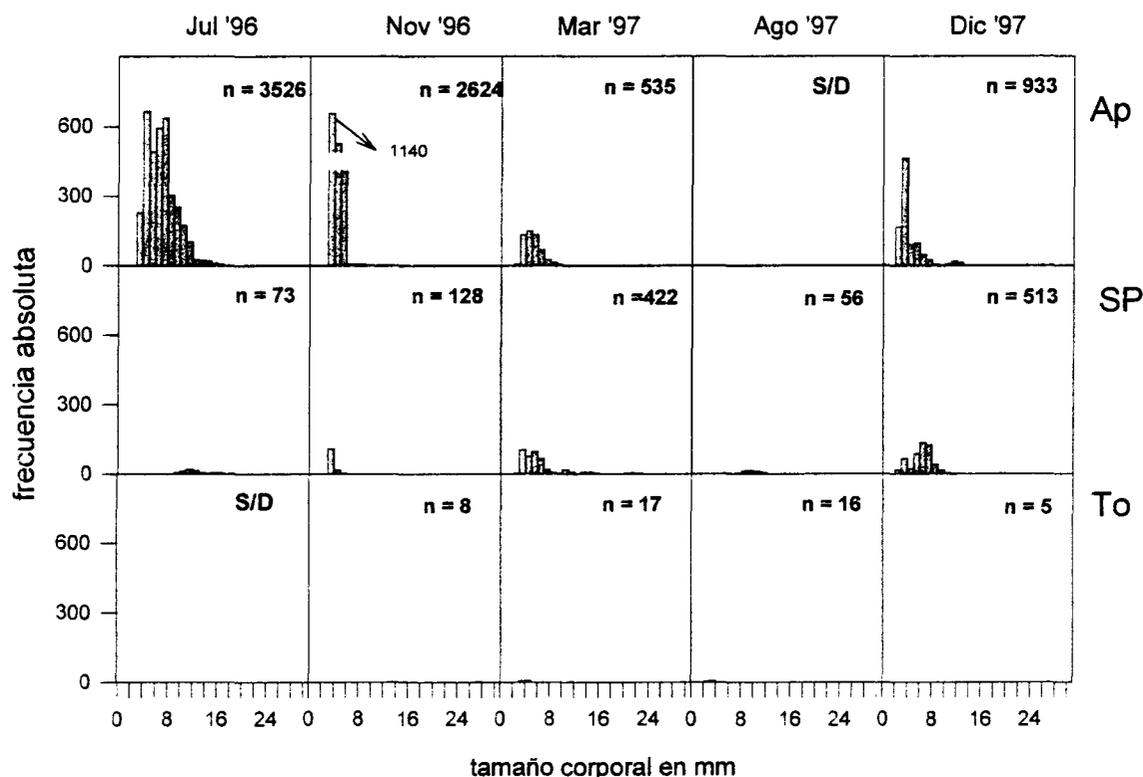


Fig. 2: Estructura de tallas de *Emerita analoga* en las playas del litoral de La Serena - Coquimbo. Ap = El Apollillado, SP = San Pedro, To = Tongoy.

Body size structure of *Emerita analoga* in beaches of La Serena-Coquimbo littoral

especímenes juveniles fueron los más representativos de la población.

La Tabla 5 resume la estadística básica de los datos obtenidos del tamaño corporal (i.e., distancia cefalotorácica) de *E. analoga* durante todo el período de estudio. Los tamaños para el percentil 5%, indican que el tamaño de los animales más pequeños de la población fue mayor en la playa reflectiva de La Rinconada; i.e., en esta playa no ocurrieron individuos tan pequeños como en las otras. A su vez, los datos de promedio y percentil 95% indican que los individuos de mayor tamaño se recolectaron en Tongoy.

Macroinfauna submareal de bahías

i) Los sedimentos

Los sedimentos de las siete bahías estudiadas estuvieron constituidos primariamente por arenas (> 60%, Folk 1980; Tabla 6), fracción que en los fondos de bahía Tongoy

fue de origen calcárea (ca. 89 %). Los contenidos de materia orgánica total (inversamente correlacionados con los porcentajes de arena), fueron generalmente más altos en los fondos profundos (50 - 65 m) de las bahías en estudio. No obstante el hecho que, sólo una parte de esas diferencias fueron significativas ($p < 0,05$), estos resultados revelan un patrón similar al detectado previamente en fondos de profundidades comparables en las bahías de Iquique (Marinkovic 1998⁶) Mejillones del sur (Zúñiga et al. 1983), Tongoy y Guanaqueros (Olivares 1987).

El tamaño medio de la fracción arena (175 - 443 micrones) fue generalmente más alto en los fondos someros estudiados y varió coincidentalmente con el inverso de la representación porcentual de la materia orgánica. Esta relación, como aquella existente entre la representación de sedimentos más finos (y de mayor contenido orgánico) y el incremento de la profundidad, pueden considerarse generales para este tipo de

TABLA 5

Estadística básica de los datos de tamaño corporal de *Emerita analoga* en las playas estudiadas. Los valores de n corresponden al total de organismos recolectados en los cinco muestreos estacionales

Basic statistics of body size data of *Emerita analoga* from the studied beaches. The values of n correspond to the total number of collected organisms in the five seasonal samplings

Estadísticas	Hornitos	Mejillones	La Rinconada	El Apollillado	San Pedro	Tongoy
N°	3730	1917	227	7709	1192	44
promedio	4,79	6,86	8,40	5,45	6,49	10,21
moda	2,70	3,20	6,20	3,50	3,50	3,80
rango	21,10	24,40	20,10	23,60	21,40	26,90
percentil 5 %	2,70	3,08	4,89	3,10	3,10	3,02
percentil 95 %	9,10	14,60	15,50	10,00	12,80	27,89

TABLA 6

Características sedimentológicas de los fondos submareales estudiados.

Los valores corresponden a promedios porcentuales de seis réplicas. es = estación somera (15 - 20 m), ep = estación profunda (50 - 65 m). En el caso de Caldera, ep = 35 - 40 m

Sedimentological characteristics of the subtidal bottoms studied. The values correspond to mean percentages of six replicates. es = shallow station (15 - 20 m), ep = deep station (50 - 65 m). In the case of Caldera, ep = 35 - 40 m

Características	La Rinconada		Coloso		Bolfin		Caldera		La Herradura		Guaqueros		Tongoy	
	es	ep	es	ep	es	ep	es	ep	es	ep	es	ep	es	ep
arena inorgánica (1)	53,0	68,2	82,0	45,9	77,0	63,5	63,2	55,2	77,5	70,3	92,3	55,1	89,1	89,6
materia orgánica	0,9	2,2	1,4	3,7	0,6	1,4	1,1	0,9	1,4	2,5	0,7	3,1	0,2	0,2
tamaño medio del grano	368,0	219,0	205,0	195,0	443,0	226,0	175,0	224,0	212,0	249,0	246,0	181,0	406,0	413,0

(1): Incluye arenas terrígenas, excepto en los fondos de bahía Tongoy, donde las arenas son de origen calcáreo

cuerpos litorales (McLaren 1981, Pethic 1984), independiente de la latitud y la presencia de surgencias en la región (e.g. Olivares 1987). No obstante, no siempre la arena más fina estuvo asociada a los fondos más profundos, resultado que deja abierta la posibilidad de que existan sedimentos relictos del último período glacial (Viviani 1979). Otro factor de importancia en este sentido podría ser el cultivo extensivo de bivalvos, actividad que explicaría al menos en parte, los altos porcentajes de arenas derivadas de carbonatos biogénicos en bahía Tongoy, y que en una comparación entre

bahías, diferencian a estos del resto de los sedimentos estudiados ($p < 0.01$).

ii) Estructura comunitaria de la macroinfauna

La riqueza de especies varió entre 18 y 56 taxa (valores totales), siendo los poliquetos y secundariamente los gastrópodos, los grupos faunísticos más numerosos y diversos (Tabla 7). La abundancia promedio de la macroinfauna total varió entre 60 y 2 160 ind./0,1 m², mientras la biomasa promedio fluctuó entre 72,5 y 3 712,4 mg de peso

TABLA 7

Principales características de la macroinfauna submareal. Los valores corresponden a promedios de seis réplicas en un área de 0,1 m², excepto en el caso del número de taxa (valores totales). es = estación somera (15 - 20 m), ep = estación profunda (50 - 65 m). En el caso de Caldera, ep = 35-40 m

Main characteristics of the subtidal macroinfauna. The values correspond to means of six replicates per 0.1 m² except in the case of taxa number (total values). es = shallow station (15 - 20 m), ep = deep station (50 - 65 m). In the case of Caldera, ep = 35 - 40 m

Características	La Rinconada		Coloso		Bolfin		Caldera		La Herradura		Guañaqueros		Tongoy	
	es	ep	es	ep	es	ep	es	ep	es	ep	es	ep	es	ep
número de taxa	46.0	23.0	56.0	25.0	37.0	18.0	33.0	36.0	37.0	52.0	38.0	40.0	42.0	53.0
abundancia total	202.7	376.0	822.3	2160.2	130.8	840.7	387.0	566.1	256.5	290.7	83.5	91.3	60.2	137.8
biomasa total	835.9	196.7	1393.5	3712.4	350.9	418.1	760.1	122.5	72.5	228.3	96.7	426.8	358.3	502.9
abundancia de poliquetos	31.3	356.5	511.2	617.2	42.3	760.5	150.2	56.3	25.8	212.0	10.7	31.8	11.7	71.2
biomasa de poliquetos	97.8	171.6	223.2	251.3	84.8	200.2	62.5	24.1	9.0	74.1	3.1	36.4	6.1	33.7
abundancia de crustáceos	158.5	15.3	296.5	1.8	84.3	37.3	110.3	203.5	135.7	41.2	61.0	18.5	37.3	25.2
biomasa de crustáceos	51.1	4.2	1022.9	157.0	39.9	21.2	11.1	34.5	10.0	7.8	10.1	5.0	7.2	4.9
abundancia de moluscos	9.2	3.3	12.3	1481.2	2.3	40.3	126.5	306.4	95.0	30.0	11.3	22.3	11.0	30.0
biomasa de moluscos	668.4	9.8	141.1	3284.7	199.7	163.6	686.5	63.9	53.5	57.9	83.1	19.5	344.8	20.6

seco libre de cenizas / 0,1 m². En todas las bahías, los fondos profundos estuvieron más densamente poblados que los someros (Tabla 7); sin embargo, y como en el caso de algunas de las variables sedimentológicas analizadas, se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en sólo una parte de las comparaciones realizadas.

Parte considerable de la variabilidad observada en abundancia y biomasa de la macroinfauna submareal, guarda relación directa con las variaciones en textura, granulometría y contenido de materia orgánica que muestran los sedimentos, al comparar fondos someros versus profundos y entre bahías, resultado que coincide con lo descrito para bahías de otras latitudes también afectas a procesos de surgencia costera (e.g. López - Jamar et al. 1992,

Duineveld et al. 1993, Long & Poiner 1994). Análisis de regresión simple indican, por ejemplo, que una parte considerable de la variabilidad exhibida por las abundancias y biomasa total se asoció significativamente a la variabilidad de los contenidos de materia orgánica en los sedimentos ($r=0,45$ en ambos casos; $p < 0,01$). Un resultado similar se obtuvo al correlacionar la variabilidad de las abundancias totales, con aquella que exhibe el tamaño medio del grano ($r=-0,44$, $p < 0,01$). Resulta interesante notar que estos valores de r resultan principalmente de la estrecha relación sedimentos - macroinfauna que puede inferirse para el área Antofagasta, donde los valores de r para los datos de esta área solamente, son más altos ($r = 0,65-0,72$; $p < 0,01$).

El predominio de los poliquetos en la composición de la macroinfauna ha sido analizado en numerosas comunidades de fondos blandos (cf. Knox 1977), lo cual es extensivo también a aquellos fondos del litoral chileno afectos por procesos de surgencia, y en porcentajes incluso mayores que los estimados en este estudio: e.g. bahías de Iquique (Quiroga & Soto 1998³), Mejillones del sur (Zúñiga et al. 1983), Coloso (Carrasco 1997), Valparaíso (Andrade & Gutiérrez 1989) y Talcahuano (Oyarzún et al. 1987). Las altas densidades de poliquetos de pequeño tamaño, e.g. de las familias Spionidae, Paraonidae o Magellonidae, que dominan en los sedimentos más finos de los fondos profundos del área de estudio, reflejan cierta afinidad con comunidades descritas como estados iniciales o intermedios en un gradiente de e.g. enriquecimiento orgánico (Heip 1995). Aun cuando esto no puede ser casualmente asociado a la existencia de surgencia, es coincidente con lo propuesto para comunidades de otras latitudes (e.g. áreas de surgencia en el litoral de España), donde organismos sedimentívoros superficiales como *Paraprionospio*, *Prionospio* y *Magelona*, también dominan numéricamente (López-Jamar et al. 1992).

En la mayor parte de los fondos someros, el predominio de los poliquetos es reemplazado por el de los crustáceos anfípodos y en menor grado por el de moluscos. Pese a que las abundancias de estos últimos fueron en general menores a las de los fondos más profundos (excepto e.g. en bahía Coloso), se estimaron altos valores de biomasa (Tabla 7), y por lo tanto pueden inferirse tamaños relativos (relaciones biomasa: abundancia) generalmente más altos. Aun cuando una parte de la variabilidad espacial de la biomasa se relaciona con la presencia de algunos organismos de la epifauna (e.g. decápodos braquiuros), fueron los moluscos los que aportaron los mayores valores promedios (Tabla 7). Esto particularmente en el caso del bivalvo *Nuculana cuneata*, especie aparentemente transiente (F. Carrasco, observaciones personales), que

aporta la mayor biomasa específica en el litoral de Antofagasta (3 261 mg / 0,1 m²). No obstante, este predominio parece ser una situación local, por cuanto esta misma especie aparece en el resto de las bahías en estudio e incluso en bahía Mejillones del sur (Zúñiga et al. 1983), pero en abundancias y biomasa notoriamente menores.

Finalmente, y pese a la falta de mayor número de antecedentes, las diferencias existentes entre la estructura comunitaria de las bahías estudiadas y aquellas de la zona centro-sur de Chile, podrían guardar relación con la menor intensidad, aunque mayor regularidad y frecuencia de las surgencias en esta parte del litoral chileno. En la zona centro sur, los procesos de surgencia (y eventualmente sus consecuencias sobre la estructura comunitaria), son inducidos por un régimen de vientos más irregular, pero de mayor intensidad, particularmente durante primavera y verano.

iii) Producción secundaria

La Tabla 8 muestra la abundancia numérica y biomasa total de la macroinfauna, resultante de los muestreos estacionales realizados en bahías del litoral de Antofagasta (La Rinconada y Bolfin) y de Coquimbo (La Herradura y Tongoy). En general, los valores más altos de abundancia se detectaron en los fondos de bahía Bolfin, durante noviembre de 1996 (hasta 15 896 ind m⁻²). En este período, las densidades poblacionales de las cuatro bahías fueron más altas, en general doblando las densidades de los otros dos períodos de muestreo.

La biomasa mostró variaciones importantes entre áreas y períodos (o cruceros) de estudio. Donde pudieron realizarse comparaciones, por ejemplo bahía La Rinconada presentó las mayores biomasa, y en general, como en el caso de las abundancias, estas fueron mayores durante el muestreo de primavera (Tabla 8). Como es posible apreciar, no hubo mayor coincidencia entre los incrementos en abundancias o biomasa y la mayor cercanía a un área con mayor

TABLA 8

Estimaciones de abundancia y biomasa (g de peso seco libre de cenizas) en los fondos estudiados.
Los valores corresponden a promedios por m². *= sin datos

Estimations of abundance and biomass (g of ash free dry weight) at the subtidal bottoms studied.
The values are means per m². *= whitout data

Fechas	La Rinconada	Bolfin	La Herradura	Tongoy	La Rinconada
Julio 1996	abundancia	3 249,0	6 381,0	*	*
	biomasa	53,5	3,0	*	*
Noviembre 1996	abundancia	7 157,0	15 896,0	7 207,0	3 311,0
	biomasa	49,0	112,0	5,5	1,7
Marzo 1997	abundancia	5 604,0	7 137,0	4 200,0	2 931,0
	biomasa	25,9	4,5	2,8	1,6

intensidad y frecuencia, surgencias costeras (que estarían afectando más directamente a las bahías de Bolfin y Tongoy).

La producción secundaria anual total, como g de peso seco sin cenizas, se presenta en la Tabla 9. Llama ahí poderosamente la atención la importancia de la contribución de los anélidos poliquetos. En el área Antofagasta, los valores de producción secundaria de poliquetos, crustáceos, moluscos y de la comunidad en su conjunto, no fueron notoriamente diferentes al comparar fondos con y menor intensidad de las surgencias costeras (totales de 9,24 y 8,70 g de peso seco libre de cenizas·m⁻²·año⁻¹, en las bahías de Bolfin y La Rinconada, respectivamente). En Coquimbo estas diferencias fueron más acentuadas, llegando el conjunto de la comunidad a presentar una producción secundaria casi dos veces más alta en La Herradura (6,60 g de peso seco libre de cenizas·m⁻²·año⁻¹) que en Tongoy (3,87 g de peso seco libre de cenizas·m⁻²·año⁻¹), esta última afecta directamente a la mayor intensidad de surgencia del área, i.e. Punta Lengua de Vaca.

Cuando se realizan comparaciones, de los niveles de (biomasa y) producción secundaria en el bentos marino, surgen varias complicaciones derivadas de las diferentes metodologías utilizadas en su estudio. Ade-

más de la diversa instrumentación utilizada, diferente malla de los cedazos utilizados en su retención, etc., complica frecuentemente la utilización en muchos estudios de epifauna mayor, casi megafauna (i.e. grandes crustáceos decápodos, bivalvos, antozoos, etc.), conjuntamente con la macroinfauna y sin señalar claramente esta situación. De todas maneras, cuando nuestros valores (Tabla 10) se comparan con los obtenidos en otras comunidades submareales sujetas a eventos de surgencia, se concluye que ellos son relativamente bajos.

Los valores estimados en este estudio son mayores a los estimados por Buchanan & Warwick (1974) para la plataforma continental de Northumberland (Inglaterra) (ca. 2,0 g de peso seco sin cenizas·m⁻²·año⁻¹) y están dentro del rango de los informados por Warwick & Price (1975) para una marisma (12,4 g de peso seco sin cenizas·m⁻²·año⁻¹) y por Warwick & George (1980) en una comunidad dominada por bivalvos (10,2 g de peso seco sin cenizas·m⁻²·año⁻¹). Sin embargo, nuestros valores aparecen claramente deprimidos si se comparan con los estimados por Warwick et al. (1978) para una comunidad dominada por *Venus* (38,8 g de peso seco sin cenizas·m⁻²·año⁻¹), o Rowe (1985) al comparar la producción secundaria de macroinfauna de Baja California, noroeste de

TABLA 9

Estimaciones de producción secundaria en los fondos estudiados.
Los valores presentados corresponden a g de peso seco libre de cenizas por m² por año

Estimations of secondary production at each of the studied subtidal bottoms.
The values correspond to g of ash free dry weight per m² per year

Taxa	La Rinconada	Bolfin	La Herradura	Tongoy
Polychaeta	5,05	4,74	4,43	1,07
Crustacea	2,72	2,50	1,06	0,85
Mollusca	0,88	1,35	0,79	1,19
Otros	0,60	0,11	0,31	0,76
Total	9,24	8,70	6,59	3,87

TABLA 10

Principales aportes a la producción secundaria por taxa, en cada uno de los fondos estudiados.
Los valores presentados corresponden a g de peso seco libre de cenizas por m² por año

Main contributions to secondary production per taxa, at each of the studied subtidal bottoms.
The values correspond to g of ash free dry weight per m² per year

Localidades	Taxa	Producción	% del total
La Rinconada	<i>Onuphis</i> sp.	3,22	34,84
	Anfipoda	1,23	13,31
	<i>Pagurus villosus</i>	0,81	8,77
	<i>Spiophanes soederstroemi</i>	0,40	4,33
Bolfin	<i>Spiophanes soederstroemi</i>	2,75	31,61
	Anfipoda	1,74	20,00
	<i>Oliva Peruviana</i>	0,56	6,44
	<i>Prionospio peruana</i>	0,56	6,44
La Herradura	<i>Cirratulus cirratus</i>	2,36	35,78
	<i>Spiophanes soederstroemi</i>	1,18	17,89
	Ostracoda	0,46	6,97
	<i>Eunucula</i> Sp.	0,37	5,61
Tongoy	Ophiuriodea	0,74	19,14
	<i>Eunucula</i> sp.	0,51	13,19
	Anfipoda	0,41	10,61
	<i>Diastylis</i> sp	0,31	8,02

Africa y sur del Perú señala valores promedios entre 38,8 y 86 g de peso seco libre de cenizas ·m⁻²·año⁻¹. Cabe considerar, sin embargo, que en este último estudio (Rowe 1985), los valores de producción secundaria fueron obtenidos de cruceros oceanográficos

que incluyeron, además de profundidades comparables a las aquí estudiadas, otras considerablemente mayores (hasta 400 m de profundidad).

Las especies con las mayores contribuciones a la producción secundaria en este es-

tudio, y en cada localidad se presentan en la Tabla 10. Al comparar la producción que aporta la especie más importante de cada bahía, se observa que no existen mayores diferencias entre las dos bahías de Antofagasta y la bahía La Herradura del litoral de Coquimbo (2,36-3,22 g de peso seco sin cenizas·m⁻²·año⁻¹), pero sí con respecto a lo estimado en Punta Lengua de Vaca (i.e. bahía de Tongoy, 0,74 g de peso seco libre de cenizas·m⁻²·año⁻¹ en promedio). Este resultado es consistente con los cálculos totales para cada comunidad, donde Tongoy presentó una producción secundaria casi dos veces menor que cualquiera de las otras tres bahías (Tabla 11), situación que por otra parte escapa a la relación surgencia - productividad, originalmente sospechada. Prácticamente toda la literatura acerca de eventos de surgencia en el norte de Chile hace referencia a la cercanía de esta localidad (Punta Lengua de Vaca), con un centro de afloramiento relativamente estable a través del año (Barbieri et al. 1995, Strub et al. 1996).

Como se muestra en la Tabla 10, los taxa de mayor aporte específico a la producción secundaria de la comunidad fueron los poliquetos *Onuphis*, *Spiophanes soderstroemi*, *Cirratulus cirratus* y ofiuroides (*Amphioplus* cf. *magellanica*). Desde un punto de vista comparativo, los taxa de mayor producción secundaria en los fondos de ambas áreas costeras serían el poliqueto esponídeo *Spiophanes soderstroemi* y anfípodos (identificados como de alto aporte en tres de las cuatro bahías estudiadas).

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio muestran que la estructura comunitaria de la macroinfauna intermareal de las playas arenosas del litoral del norte de Chile muestra, en general, una estrecha relación con las características morfodinámicas de las playas, definidas estas por el parámetro de Dean.

También se detectaron evidencias que permiten concluir que el tamaño corporal

de un típico representante de esas playas, el suspensívoro del área, *E. analoga*, varía en relación a tipos de playas; en general, sus abundancias poblacionales fueron menores en playas con características reflectivas.

La reducción del tamaño medio de la arena y el incremento de la materia orgánica en los fondos submareales profundos, coincide con lo descrito para otras áreas litorales con y sin surgencia. Las comunidades submareales estudiadas muestran un considerable grado de similitud entre bahías y áreas litorales de la región norte y en este sentido corroboran la hipótesis de trabajo propuesta (fondos a similar profundidad se caracterizan por sedimentos similares y sustentan estructuras comunitarias semejantes). Varias especies o grupos faunísticos, por ejemplo, se extienden a lo largo de la costa en determinados rangos de profundidad, incluso más allá de la región norte (e.g. *Paraprionospio pinnata*, cf. Andrade & Gutiérrez 1987, Quiroga et al. 1998⁴, Carrasco & Gallardo 1983).

La riqueza de especies de la macroinfauna submareal estuvo dentro de los rangos conocidos para comunidades sublitorales en Chile y otras latitudes, a profundidades comparables (e.g. Almería et al. 1988). La abundancia y biomasa de esa macroinfauna, generalmente varían con la profundidad y en función de las características sedimentológicas, y sus promedios son conservadores cuando se comparan con otras áreas costeras presentadas a modo de recopilación en los trabajos de e.g. Maurer et al. (1978) y Carrasco & Gallardo (1983).

La producción secundaria estimada en el área de estudio es relativamente baja, considerando que es una región bajo la influencia de surgencias costeras. La mejor explicación para ello sería la textura mayoritariamente arenosa de los sedimentos, y una topografía de la costa abierta induciendo una apreciable acción energética de olas y corrientes, impidiendo en el área costera bajo estudio, una mayor depositación de la materia orgánica producida en la columna de agua.

Finalmente, y aun cuando se ha sugerido para otras costas con mayor intensidad y frecuencia de surgencias, que las mismas tienen un rol importante en la estructuración comunitaria del bentos litoral (e.g. Arntz et al. 1987, Bosman et al. 1987), los resultados de este estudio muestran que a lo largo del área de estudio (Antofagasta a Coquimbo), la eventual cercanía a áreas donde los eventos de surgencia son más frecuentes (como es el caso de Mejillones y Punta Lengua de Vaca), parecen no influir en las características de la macroinfauna, tanto inter como submareal. Esta conclusión es válida para la escala espacial de muestreo utilizada; i.e. debido a que las aguas de surgencia pueden extenderse por decenas de kilómetros, la cercanía de los sitios de estudio de este trabajo no son necesariamente las adecuadas para evaluar efectos de tales procesos oceanográficos en la estructuración comunitaria de la macroinfauna.

PROYECCIONES DE ESTE ESTUDIO

Los resultados de este estudio son el primer aporte sistemático al conocimiento de la fauna intermareal de los fondos blandos del litoral del norte de Chile. Esto es particularmente valioso, en una zona del litoral chileno donde periódicamente ocurren perturbaciones cíclicas de las condiciones del mar (fenómenos de El Niño y La Niña). De ahí que este estudio entregue la oportunidad única de contar con una base para evaluar eventuales efectos de ese tipo de perturbaciones, tal como el último El Niño 1996 - 1997. En adición a ese tipo de análisis y a los aquí presentados, nuevas directrices de investigación apuntan a estudios de cambios en características morfodinámicas de las playas debido a cambios en nivel del mar coincidentes con esos fenómenos oceanográficos y su efecto sobre la estructura de la macroinfauna, además de cambios en las características de la historia de vida de las especies en relación a cambios oceanográficos y latitudinales. Por otra par-

te, la tendencia actual a un incremento en el eventual deterioro de la línea de costa y biota costera del norte de Chile aporta otro elemento de perturbación, en este caso de origen antropogénico, efectos que deberán monitorearse en el futuro cercano. Esto apunta a la necesidad de estudios de largo plazo, que permitan documentar adecuadamente la variabilidad estacional e interanual de la macroinfauna y así poder separar el efecto de diferentes perturbaciones en la organización de esa macroinfauna.

Los antecedentes recopilados en ambientes submareales apuntan en el mismo sentido. La existencia de estudios puntuales en el tiempo y/o en el espacio, ha sido recurrente en la literatura que hasta ahora ha sido generada para las comunidades del área. La caracterización simultánea de un rango relativamente grande del litoral (siete bahías), y el análisis del componente estacional y la producción secundaria en cuatro de esas bahías, constituyen un referente valioso para estudios más intensivos de cada una de esas áreas. En función de al menos una parte de los resultados obtenidos, nuevos estudios deberán tender a enfrentar hipótesis más específicas. Es el caso por ejemplo del análisis de la asociación de especies a las particulares características sedimentológicas de los fondos de Tongoy (claramente diferentes del resto de los fondos analizados) y su relación con el cultivo extensivo de bivalvos. Es el caso además del estudio de la variabilidad en el tamaño de los organismos en función del incremento de la profundidad, aspecto tocado sólo tangencialmente en este estudio (relaciones biomasa : abundancia), pero que podría ser interesante desde el punto de vista de la historia de vida de las especies o de la composición de tamaños de las comunidades.

AGRADECIMIENTOS

A Wolfgang Stotz y Julio Vásquez (Universidad Católica del Norte, Coquimbo), Marcelo Oliva y Rubén Escribano (Universidad

de Antofagasta) por sus valiosos aportes en los aspectos logísticos de este estudio. A los estudiantes quienes participaron en los muestreos del intermareal de playas arenosas: Manuel Rojo, Mauricio Bringas, Héctor Castro, Luis Ossandón, Alvaro Quintana, Luis Vergara y Monique Sánchez (Universidad de Antofagasta), Marco Ortiz, Marcelo Olivares, Carlos Chow, David Véliz y Miguel Pardo (Universidad Católica del Norte, Coquimbo). A Marcia González y Tamara Busquets (Universidad Austral de Chile), por los análisis de laboratorio concernientes a la macroinfauna de playas arenosas y sedimentos submareales, y a Luis Aburto (Universidad de Concepción) por labores de muestreo en el submareal y por su ayuda en análisis de muestras. Similarmente a Domingo Lancelotti (Universidad Católica del Norte, Coquimbo) y Maritza Palma (Universidad de Concepción) por la colaboración en la determinación taxonómica de especies submareales. A la tripulación de las embarcaciones "PuriHaalar" (Universidad de Antofagasta) y "Stella Maris" (Universidad Católica del Norte, Coquimbo) por la colaboración en los muestreos submareales. Estos estudios fueron financiados por el Programa Sectorial Biomas y Climas Terrestres y Marinos del Norte de Chile (Proyecto FONDECYT 950001).

LITERATURA CITADA

- ALONSO A & E LOPEZ-JAMAR (1988) Infauna bentónica de las costas de Almería. Resultados de la campaña "Radio 1085". Informe Técnico del Instituto Español de Oceanografía N° 65.
- ANDRADE H & GUTIERREZ (1989) Caracterización estructural de comunidades macroinfaunales de la bahía de Valparaíso: análisis metodológicos y estudios de impacto ambiental. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) Revista Pacífico Sur (Número Especial) 365-372.
- ARNTZ WE, T BREY, J TARAZONA & A ROBLES (1987) Changes in the structure of a shallow sandy-beach community in Peru during an El Niño event. En: Payne AIL, JA Gulland & KH Brink (eds). Population and Community Ecology in the Benguela Upwelling Region and Comparable Frontal Systems. Cape Town (South Africa), 8-12 Sep 1986, pp: 645-658.
- ARNTZ WE & H RUMHOR (1982). An experimental study of macrobenthic colonization and succession, and the importance of seasonal variation in the temperate latitudes. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology* 64: 17-45.
- BACHELET G, X DE MONTAUDOUIN & JC DAUVIN (1996) The quantitative distribution of subtidal macrobenthic assemblages in Arcachon Bay in relation to environmental factors: a multivariate analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 42: 371-391.
- BARBIERI MA, M BRAVO, M FARIAS, A GONZALEZ, O PIZARRO & E YAÑEZ (1995) Fenómenos asociados a la estructura térmica superficial del mar observados a través de imágenes satelitales en la zona norte de Chile. *Investigaciones Marinas de Valparaíso* 23: 99-122.
- BEUKEMA JJ (1990) Expected effects of changes in winter temperatures on benthic animals living in soft sediments in coastal north sea areas. En: JJ Beukema et al (eds), *Expected Effects of Climatic Change on Marine Coastal Ecosystems*: 83-92. Kluwer Academic Publishers.
- BOSMAN AL, PAR HOCKEY & WR SIEGFRIED (1987) The influence of coastal upwelling on the functional structure of rocky intertidal communities. *Oecologia* 72: 226-232.
- BRANDHORTS W (1971) Condiciones estivales frente a la costa de Chile. *Revista de Biología Marina de Valparaíso* 14: 45-84.
- BREY TH (1990) Estimating productivity of macrobenthic invertebrates from biomass and mean individual weight. *Meeresforschung Reports of Marine Research* 32: 329-343.
- BROWN A & A MCLACHLAN (1990) *Ecology of sandy shores*. Elsevier, Amsterdam. 328 pp.
- BUCHANAN JB & RM WARWICK (1974). An estimate of benthic macrofaunal production in the offshore mud of the Northumberland coast. *Journal Marine Biology Association, UK* 54: 197-222.
- CARRASCO FD & VA GALLARDO (1983) Abundance and distribution of the macrobenthic infauna of the Gulf of Arauco, Chile. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie* 68: 825-838.
- CARRASCO FD (1997) Sublitoral macrobenthic fauna off Punta Coloso, Antofagasta, northern Chile: high persistence of the polychaete assemblage. *Bulletin of Marine Science* 60: 443-459.
- CASTILLA JC (1983) Environmental impact in sandy beaches of copper mine tailings at Chañaral, Chile. *Marine Pollution Bulletin* 14:459-464.
- CLARKE M & R PEÑA (1988) Zonación de la macroinfauna en una playa de arena del norte de Chile. *Estudios Oceanológicos* 7: 17-31.
- DEFEO O, E JARAMILLO & A LYONNET (1992) Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna on the Atlantic coast of Uruguay. *Journal of Coastal Research* 8: 830-839.
- DUINEVELD, GCA, PAWJ DE WILDE, EM BERGHUIS & A KOK (1993) The benthic infauna and benthic respiration off the Banc d'Arguin (Mauritania, Northwest Africa). En: Wolff WJ, J van der Land, PH Nienhuis & PAWJ de Wilde (eds) *Ecological studies in the coastal waters of Mauritania*. 107-117.
- FOLK R (1980) *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Co., Texas. 182 pp
- FONSECA T & M FARIAS (1987) Estudio del proceso de surgencia en la costa chilena, utilizando percepción remota. *Investigación Pesquera (Chile)* 34: 33-46.
- GALLARDO, VA (1963) Notas sobre la densidad de la fauna bentónica en el sublitoral del norte de Chile. *Gayana (Zoología) (Chile)* 10: 1-15.

- GRAY J (1981) The ecology of marine sediments. An introduction to the structure and function of benthic communities. Cambridge University Press, New York, 185 pp.
- HEIP C (1995) Eutrophication and zoobenthos dynamics. *Ophelia* 41: 113-136.
- ISHIKAWA K (1989) Relationship between bottom characteristics and benthic organisms in the shallow water of Oppa Bay, Miyagi. *Marine Biology* 102: 265-273.
- JARAMILLO E (1987) Sandy beach macroinfauna from the Chilean coast: zonation patterns and zoogeography. *Vie et Milieu* 37:165-174.
- JARAMILLO E & A MCLACHLAN (1993) Community and population responses of the macroinfauna to physical factors over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 37: 615-624.
- KNOX GA (1977) The role of polychaetes in the benthic soft-bottom communities. En: D.J. Reish, and K. Fauchald, (eds) *Essays on Polychaetous Annelids in memory of Dr. Olga Hartman*. 547-604. Allan Hancock Foundation, Los Angeles.
- LONG BG & IR POINER (1994) Infaunal benthic community structure and function in the Gulf of Carpentaria, northern Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 45: 293-316.
- LOPEZ-JAMAR E, RM CAL, G GONZALEZ, RB HANSON, J REY, G SANTIAGO & KR TENORE (1992) Upwelling and outwelling effects on the benthic regime of the continental shelf off Galicia, NW Spain. *Journal of Marine Research* 50: 465-488.
- LUCKENBACH MW (1986) Sediments stability around animal tubes: the roles of hydrodynamic processes and biotic activity. *Limnology and Oceanography* 31: 779-787.
- MARIN V, L RODRIGUEZ, L VALLEJO, J FUENTESECA & E OYARSE (1993) Efectos de la surgencia costera sobre la productividad primaria primaveral de bahía Mejillones del Sur (Antofagasta, Chile). *Revista Chilena de Historia Natural* 66: 479-491.
- MAURER D, L. WATLING, P. KINNER, W. LEATHEM & C. WETHE (1978) Benthic invertebrate assemblages of Delaware Bay. *Marine Biology* 45: 65-78.
- MCCALL PL (1978) Spatial-temporal distributions of Long Island Sound infauna: The role of bottom disturbance in a nearshore marine habitat. En: *Estuarine Interactions* (M L Wiley, ed.), Academic Press, New York, pp 191- 219.
- MCLACHLAN A & E JARAMILLO (1995) Zonation on sandy beaches. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 33: 305-335.
- MCLACHLAN A, E JARAMILLO, TE DONN & FRANCOIS WESSELS (1993) Sandy beach macroinfauna communities and their control by the physical environment: a geographical comparison. *Journal of Coastal Research* 15: 27-38.
- MCLAREN P (1981) An interpretation of trends in grain size measures. *Journal of sedimentary Petrology* 51: 611-624.
- OLIVARES J (1987) Comparación entre las bahías de Tongoy y Guanaqueros, en relación a las condiciones hidrográficas y distribución de sedimentos. *Investigaciones Marinas, Valparaíso* 15: 7-23.
- OYARZUN C, FD CARRASCO & VA GALLARDO (1987) Some characteristics of macrobenthic fauna from the organic-enriched sediments at Talcahuano, Chile. *Cahiers des Biologie Marine* 28: 429-446.
- PEARSON TH & P BARNETT (1987) Long-term changes in benthic populations in some west European coastal areas. *Estuaries* 10: 220-226.
- PETHICKS J (1984) An introduction to coastal geomorphology. Edward Arnold (Publishers) Ltd. London. 260 pp.
- RAMORINO AM & L MUÑIZ (1970) Estudio cuantitativo general sobre la fauna del fondo de la Bahía de Mejillones. *Revista de Biología Marina, Valparaíso (Chile)* 14: 79-83.
- RODRIGUEZ L, V MARIN, M FARIAS & E OYARSE (1991) Identification of an upwelling zone by remote sensing and in situ measurements. *Mejillones del Sur Bay (Antofagasta Chile)*. *Scientia Marina* 55: 467-473.
- ROWE GT (1971) Benthic biomass in the Pisco, Peru upwelling. *Investigación Pesquera (Chile)* 35: 127-135.
- ROWE GT (1985) Benthic production and process off Baja California, Northwest Africa and Peru: a classification of benthic subsystems in upwelling ecosystems. En: Bas C & P Rubies (eds) *Simpósio Internacional sobre las áreas de afloramiento más importantes del Oeste Africano (Cabo Blanco y Benguela)*. 589-612, Barcelona, España. Vol 2.
- SANCHEZ M, JC CASTILLA & O MENA (1982) Variación verano-invierno de la macrofauna de arena en playa Morrillos (Norte Chico, Chile). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 17: 31-49.
- SANDERS HL (1958) Benthic studies in Buzzards Bay. I. Animal-sediment relationships. *Limnology and Oceanography* 3: 245-258.
- SHORT AD & LD WRIGHT (1983) Physical variability of sandy beaches. En: McLachlan A & T Erasmus (eds). *Sandy beaches as ecosystems*. 133-144. The Hague: W Junk Publishers.
- STRICKLAND, JAM & TR PARSONS (1972) A practical handbook of seawater analysis. *Bulletin of Fisheries Research (Canada)* 176: 311 pp.
- STRUB PT, JM MESIAS, V MONTENCINO, J RUTLANT & S SALINAS (1996) Coastal Ocean Circulation off Western South America. En: Strub et al.(eds) *The Sea*, Vol. 10B. 1-23.
- TARAZONA J, H SALZWEDEL & W ARNTZ (1988) Oscillations of macrobenthos in shallow waters of the Peruvian central coast induced by El Niño 1982-83. *Journal of Marine Research* 46: 593-611.
- VASQUEZ J, P CAMUS & P OJEDA (1998) Diversidad, estructura y funcionamiento de ecosistemas rocosos del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 71: 479-499.
- VERGARA J (1991) Un modelo numérico bi-dimensional continuamente estratificado para el estudio de la surgencia costera. *Investigación Pesquera (Chile)*. 36: 39-50.
- VIVIANI CA (1979) Ecogeografía del litoral chileno. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 14: 65-123.
- WARWICK RM & R PRICE (1975). Macrofauna production in an estuarine mud-flat. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 55: 1-18.
- WARWICK RM & CL GEORGE (1980) Annual macrofauna production in an *Abra* community. En: Collins, MB, FT Banner, PA Tyler, SJ Wakefield & AE James (Eds.). *Industrialized embayments and their environmental problems*. 517-538. Pergamon Press, Oxford.
- WARWICK RM, CL GEORGE & JR DAVIES (1978) Annual macro-fauna production in a *Venus* community. *Estuarine and Coastal Marine Science* 7: 215-241.
- ZUÑIGA O, H BAEZA & R CASTRO (1983) Análisis de la macroinfauna bentónica del sublitoral de la bahía de Mejillones del Sur. *Estudios Oceanológicos* 3: 41-62.