

UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL MAR



**VARIACIONES DE CORTO PERÍODO EN LA ESTRUCTURA DE LAS
COMUNIDADES BENTÓNICAS PRESENTES EN LOS FONDOS BLANDOS
DEL SUBLITORAL DE BAHÍA IQUIQUE (20°10'S;70°09'W) NORTE DE CHILE
DURANTE Y DESPUÉS DEL EVENTO EL NIÑO 1997-1998**

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO MARINO

AUTOR

RODRIGO ALEXIS MORENO MORALES

IQUIQUE-CHILE
2000

UNIVERSIDAD ARTURO PRAT

Esta tesis ha sido realizada en el Departamento de Ciencias del Mar de la Universidad Arturo Prat.

Profesor Guía

Prof. Raúl Soto Mamani, M.Sc.
Universidad Arturo Prat

Ha sido aprobada por la siguiente Comisión Evaluadora

Prof. Winston Palma Sáez
Evaluador
Universidad Arturo Prat

Prof. Jessica Pizarro Evans
Evaluadora
Universidad Arturo Prat

Director de Departamento

Prof. Rosalino Fuenzalida
Universidad Arturo Prat

DEDICATORIA

A mis Grandiosos Padres: Rosa y Jorge

A mi Hermana Elizabeth

A Carolina, Mi compañera inseparable, por su infinita ayuda,

Amor y comprensión y a su maravillosa Familia.

A mi Gran y Mejor Generación de todos los tiempos en Biología Marina “1994”

*... y a “**La Madre Naturaleza**”*

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi reconocimiento al Prof. Raúl Soto Mamani por su disposición y apoyo a patrocinar esta tesis. Igualmente agradezco a los Biólogos Marinos, Sres. Guillermo Guzmán, Edgardo Santander y Milko Marinkovic por su constante apoyo y contagioso estímulo. También **“Gran mención”** para los Profesores Gabriel Claramunt, Walter Sielfeld y Eduardo Oliva por su excelente disposición y apoyo hacia mi persona. También agradezco con bastante entusiasmo a todos mis compañeros y amigos, que de una u otra forma hicieron posible este trabajo y además con quiénes compartí los mejores años de Universidad: Alberto Martínez, Carlos Mansilla, Sergio Barraza, Rodrigo Letelier “Chaleitor”, Félix Cisternas, Yerko Ascui, Atsuo Kawaguchi “Chino”, Jadhriel Godoy, Mauricio Catalán, Pablo Hormazábal, Antonio Breskovic, Andrés Flores, Sergio Muñoz “Charchán”, René Vergara, Viviana Berrios, Viviana Varas, Gabriela Aguirre, Luis Navarro “Guatón Lucho”, Marcelo Ayala, Cristian Elizalde, Jorge Toro “Torito”, Anita Guzmán, Patricio Hernández, “Pato” Ibacache, Humberto Bustos, Samuel Soto “Jujuy”, Gonzalo Leiva, Esteban Emparanza, Jorge Morales, Cano, Manuel Ortiz, Claudio Ocaranza, a las “Secre” Yenny & María Angélica y a la Yuly, por ser siempre muy buena onda.

ÍNDICE

Resumen	1
Introducción	2
Materiales y Métodos	7
Resultados	16
Discusión	34
Conclusiones	39
Referencias	40

RESUMEN

En la localidad de Bahía Iquique, norte de Chile, se estudió en base a 2 cruceros realizados en 9 estaciones bentónicas fijas, en los meses de marzo y septiembre de 1998 correspondientes a los períodos durante y después del EN 1997–1998 respectivamente, las variaciones en una escala temporal de corto período de la estructura comunitaria del macrobentos sublitoral sometido a este tipo de disturbio y su relación con las variables ambientales: Tamaño medio del grano (TMG), Materia orgánica total (% M.O.T) de los sedimentos, Temperatura (°C) y Oxígeno disuelto de fondo (ml/l). La biota bentónica fue obtenida utilizando una draga Van-Veen de 0,1 m² de mordida, de la cuál se recolectaron un total de 22.750 ind/m², pertenecientes a 70 especies o formas diferentes. El grupo de los gusanos anélidos poliquetos fue el más abundante, contribuyendo con el 54,90% del total de la fauna recolectada para todo el período de estudio. Destacaron en ambos períodos analizados las contribuciones del poliqueto spionido *Paraprionospio pinnata* y el molusco gastrópodo *Nassarius gayi*. Las abundancias y biomásas para el período durante EN 1997–1998 registraron los más altos valores, así como un incremento en el número de especies y los valores de diversidad específica, en tanto la conformación de los gremios trofofuncionales se caracterizó por estar representada por formas de alimentación del tipo carnívoras y depositóvoras, en cambio en el período después del EN 1997–1998 se registraron bajos valores de riqueza de especies y diversidades específicas, asociados a las altas dominancias ecológicas ejercidas por los anélidos poliquetos y se observó variaciones en las formas de alimentación predominando los suspensívoros y depositóvoros. El análisis de ordenación espacial de la biota presente en la Bahía Iquique, revela la presencia de 3 grupos principales en ambos períodos de estudio, conformados por las estaciones costeras, centrales y más profundas respectivamente, observándose que las colecciones faunísticas involucradas cambian notoriamente su composición estructural para cada período analizado, debido principalmente a los cambios ambientales registrados en las condiciones hidrográficas de la bahía. Las características sedimentarias analizadas, permitieron establecer que el sustrato es de fondos arenosos, desde arenas finas para las estaciones costeras y de arena muy fina para las estaciones restantes, con presencia de fango en las estaciones más profundas. El contenido de materia orgánica no reflejó diferencias significativas entre ambos períodos, pero durante el EN 1997–1998 se registró valores sensiblemente más bajos que el período posterior. El oxígeno disuelto de fondo fue la única variable ambiental que presentó valores significativos del coeficiente de correlación de rangos de Spearman, con la riqueza de especies y diversidad específica para ambos períodos analizados. Esto sugiere que las variaciones observadas en la estructuración comunitaria está regida por los cambios temporales en la disponibilidad de oxígeno disuelto de fondo, a consecuencia de los efectos producidos por el evento EN 1997–1998 sobre el área de Bahía Iquique.

INTRODUCCIÓN

Gallardo (1979), señala que los estudios de la ecología marina de los fondos blandos ha sido tradicionalmente faunística. Petersen en 1913 *vide* Thorson (1957) describió las clásicas “Comunidades Animales”. Thorson (1957) amplió el concepto e introdujo la idea de las “Comunidades Animales Paralelas”. Estos conceptos fueron luego modificados, primero por la introducción del concepto de “diversidad específica”, basado exclusivamente sobre el análisis de la fauna y en segundo término por el reconocimiento de la existencia de un gradiente latitudinal de la diversidad, siendo ésta mayor en los trópicos que en las latitudes más altas.

La mayor parte del conocimiento sobre las comunidades bentónicas marinas de áreas someras está basado en estudios realizados en áreas templadas, siendo escasos los estudios en áreas tropicales y subtropicales (Wu & Richards, 1981; Tarazona et al., 1985) lo que hace presumir diferencias básicas en la estructura de las comunidades bentónicas en las diferentes latitudes. Esto es ratificado con los estudios referentes al Sistema de Surgencias de la Corriente de Humboldt del Pacífico Suroriental, los cuáles han demostrado que las comunidades macrobentónicas de fondos blandos del sublitoral son substancialmente diferentes a todas las estudiadas previamente en diferentes latitudes, debido principalmente a que posee un componente procariótico notable aparte del esperado componente eucariótico (Mejía et al., 1971; Rosenberg et al., 1983; Gallardo, 1985; Zafra et al., 1988; Arntz et al., 1991; Tarazona & Arntz 1986), pertenecientes a bacterias filamentosas sulfurosas deslizantes del género *Thioploca* (Gallardo, 1977).

Los trabajos realizados hasta la fecha sobre comunidades bentónicas de la plataforma continental frente al Perú y Chile demuestran que éstas se caracterizan por un número reducido de especies, con una alta dominancia y una baja biomasa, a pesar que estas zonas cuentan con una alta producción primaria (Rowe, 1985; Arntz et al., 1991; Gallardo et al., 1995).

La influencia de la contracorriente subsuperficial de Gunther que recorre la plataforma continental del Perú y Chile en profundidades entre 50–400 m con concentraciones de oxígeno disuelto inferiores a 1,0 ml O₂/l y altas salinidades (34,5 PSU) que contienen las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), tienen un efecto inhibitorio sobre el desarrollo del macrobentos de estas zonas, ocasionándoles un stress fisiológico a estas comunidades, reflejado en las bajas diversidades, abundancias y biomásas encontradas (0,17 g/m²) y concentraciones de oxígeno disuelto menores a 0,6 ml O₂/l a profundidades de 100 y 200 m (Rosenberg et al., 1983), lo que sugiere que la disponibilidad de oxígeno disuelto es uno de los principales factores abióticos que está afectando a las comunidades bentónicas de esta plataforma (Gallardo, 1963, 1977, 1985; Thiel, 1978; Morita et al., 1981; Rowe, 1985; Arntz et al., 1991).

Las condiciones señaladas anteriormente generan eventos hipóxicos, lo que se traducen en la regulación de la composición de especies, abundancia y biomasa de los individuos de la macrofauna de la zona de afloramientos de Perú y la zona norte de Chile. Este patrón hidrográfico de aguas deficientes en oxígeno disuelto, tendría un carácter casi constante en el tiempo debido a que estas zonas presentan un régimen de surgencias activas durante casi todo el año (Fuenzalida, 1990, 1992) lo que implica que estas comunidades bentónicas estén siempre bajo el rigor de condiciones de mínimas de oxígeno (Rosenberg et al., 1983), siendo un patrón característico de ecosistemas costeros del norte de Chile y Perú como lo señalan Arntz et al., (1991) y Gallardo et al., (1995).

La zona norte de Chile se ha caracterizado por presentar marcadas anomalías oceanográficas y meteorológicas en los últimos 20 años, las cuáles se encuentran asociadas con eventos El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) (Fuenzalida, 1985, 1999a) generado de fenómenos de interacción océano-atmósfera en gran escala, que afectan a todas las costas que son bañadas por la Corriente de Humboldt en el Océano Pacífico.

Desde una perspectiva global, los episodios ENOS se caracterizan por ser ocasionales y aperiódicos (Zuta, 1972), el cuál afecta en forma cuasi-periódica al sistema de surgencia de Chile-Perú, provocando una serie de cambios en la estructura de las masas de agua y en el ecosistema marino costero (Silva & Sievers, 1981; Figueroa & Sobarzo, 1998), sin embargo, El Niño (componente oceanográfico del ENOS) forma parte de la dinámica del sistema de afloramiento en la costa peruana y del norte de Chile, y es probable que muchas propiedades de estos ecosistemas se expliquen precisamente por la aparición de este evento que se presenta generalmente cada cinco a siete años (Barber & Smith, 1981; Arntz & Valdivia, 1985). La recopilación de información acerca del impacto biológico del evento El Niño sobre el bentos demuestra que el efecto modificador generalmente negativo sobre los organismos, es más complejo y más favorable para el macrobentos de fondos blandos con deficiencia de oxígeno (Tarazona et al., 1985; Arntz et al., 1985; Salzwedel et al., 1988).

Los cambios consisten principalmente en un aumento de las temperaturas y de los valores de oxígeno cerca de los fondos, debido a un incremento de las corrientes y también la sedimentación menor de materia orgánica por la producción reducida de fitoplancton en la capa eufótica (Walsh, 1981, 1983 *vide* Arntz et al., 1991), causando un sustancial decrecimiento de la producción primaria y un eventual impacto negativo sobre otros componentes del ecosistema (Escribano et al., 1999). Según la comunidad científica, el evento El Niño 1982-83 fue el más intenso y catastrófico del presente siglo (Anderson et al., 1992; Enfield, 1992; Sharp, 1992; Rutllant et al., 1992; Copin-Montegut & Raimbault, 1994; Ainley et al., 1995), debido a que originó alteraciones climáticas que se extendieron desde la costa occidental de Sudamérica hasta más allá de 180° de longitud oeste (Guillén et al., 1983; Mardones & Silva, 1985; Rutllant, 1985). En la costa norte de Chile se provocaron alteraciones en la temperatura, presión, precipitación y nubosidad, trayendo como consecuencia el impacto sobre el ecosistema marino (i.e. plancton, macrobentos litoral, ictiofauna, aves y mamíferos marinos) (Alvial, 1985). La alteración que se produjo originaron varazones de flora y fauna, grandes mortandades y en forma conjunta se establecieron en el área costera numerosas especies foráneas provenientes de latitudes menores (Arntz et al., 1985; Soto, 1985). El macrobentos de aguas someras frente a la Bahía Ancón en Perú sufrió grandes mortandades y procesos de migraciones hacia aguas más profundas, ampliando la distribución vertical de algunas especies de poliquetos como *Diopatra rhizocoila* y *Leitoscoloplos kerguelensis* los cuáles presentaron una alta dominancia en número de individuos (>18.000 ind/m²) y biomasa (>300 gr./m²) (ERFEN, 1983; Tarazona et al., 1985; Arntz & Valdivia, 1985).

Por otro lado estos cambios oceanográficos tan severos provocaron variaciones en los parámetros físico-químicos de esta bahía, caracterizada por un incremento en los promedios de temperatura +3°C, de los fondos, aumento del contenido de oxígeno disuelto de fondo > 2,0 ml O₂/l, en profundidades que antes eran anóxicas, variaciones en el tamaño del grano (ϕ) y un menor contenido de materia orgánica en los sedimentos debido a una menor sedimentación en las capas de mezcla y eufótica volviéndose potencialmente sensibles para los atributos estructurales de las comunidades macrobentónicas (Tarazona et al., 1988a).

Arntz (1999) señala que durante los eventos El Niño “muy fuertes” como en 1982-1983 y 1997-1998 gran parte de los efectos biológicos fueron idénticos, como consecuencia de drásticas alteraciones del medio ambiente. Se establecieron cambios en la composición de especies, inmigración de especies foráneas, emigración hacia los polos y desplazamiento a zonas más profundas de especies autóctonas, colapso de redes tróficas, fallos en los procesos de reproducción y reclutamiento y hasta mortandades masivas. Por otro lado, estos eventos también beneficiaron a ciertas especies, ecosistemas parciales y pesquerías, y eventos como impactos en la oxigenación de los fondos frente al Perú y norte de Chile, con consecuencias benéficas para la productividad del bentos eucariótico

en la zona de mínimo de oxígeno (ZMO) (Arntz et al., 1985; Tarazona et al., 1985; Tarazona et al., 1988a, Arntz et al., 1991).

Eventos naturales como El Niño y La Niña son de gran importancia, especialmente esta última debido a que se produce el evento contrario, con intensos períodos fríos (Philander, 1990; McCarthy et al., 1996; Glantz, 1998; Flores, 1999). Además hay que tener en cuenta que las comunidades biológicas son sensibles a las más mínimas variaciones ambientales y que presentan reacciones impredecibles en sus relaciones mutuas (Carrasco & Gallardo, 1989), por lo que el conocimiento de la composición específica de la fauna, su distribución y abundancia constituyen información de relevancia para entender de mejor manera el comportamiento de este tipo de eventos oceanográficos sobre el ecosistema marino.

Antecedentes del área de estudio

Los estudios sobre comunidades macrobentónicas sublitorales de fondos blandos en el extremo norte de Chile son escasos y puntuales, remitiéndose a los trabajos de Gallardo (1963) de la Expedición Marchile II entre Arica y Punta Patache; Ramorino & Muñiz, (1970) para la Bahía de Mejillones; Zuñiga et al., (1983) para la Bahía de Mejillones del Sur, Carrasco (1997) para Punta Coloso, Antofagasta y recientemente Jaramillo et al., (1998) para la costa norte de Chile. Más aún, las investigaciones realizadas en la I Región de Chile se han focalizado en el área de la Bahía Iquique, en donde se han realizado escasos estudios sobre la estructura de las comunidades marinas, pudiéndose citar sólo los trabajos de Alvial et al., (1982); Quiroga (1998); Moreno (1998) y Quiroga et al., (1999a). Al respecto, Quiroga (1999a,b) entrega los primeros antecedentes relacionados sobre la composición, distribución y abundancia de poliquetos de la familia Spionidae en Bahía Iquique, aportando además con antecedentes sobre la estructura comunitaria del macrobentos sublitoral en condiciones antes y durante el evento El Niño 1997-1998, con lo cual entrega una visión sinóptica de la estructuración de las comunidades bentónicas de esta zona.

En este sentido, se señala que las comunidades bentónicas asociadas al sistema de corrientes de Humboldt (SCH) se ven afectadas por las surgencias costeras, permanentes y de alta frecuencia en el norte de Chile (Fonseca & Farías, 1987; Fuenzalida, 1990, 1992) resultando en una incorporación de nutrientes limitantes (fosfatos, nitratos) a las capas superiores de la columna de agua, contribuyendo a una elevada productividad primaria y una alta incorporación de materia orgánica en los sedimentos, provocando una disminución en los niveles de oxígeno de fondo lo que genera áreas sujetas a hipoxias (Díaz & Rosenberg, 1995). Sin embargo, en estas latitudes el sistema de corrientes se ve afectado interanualmente por la fase cálida del ciclo ENOS, en el cual se produce un ingreso de aguas cálidas (proceso de tropicalización), una profundización de la termoclina y el consiguiente incremento de los niveles de oxígeno disuelto de fondo (Quiroga et al., 1999b).

Durante los meses de abril y octubre de 1997 se detectaron anomalías térmicas positivas en la superficie del mar (TSM) de +1.5 a +3°C proyectándose a su máxima intensidad en enero de 1998 en donde se registró una anomalía de +5.5°C, además se detectaron incrementos en los valores de oxígeno disuelto de fondo en la costa norte de Chile. Dicha situación se prolongó hasta el mes de abril de 1998 (Fuenzalida, 1999a) decreciendo progresivamente hacia principios de agosto de 1998, posteriormente se inició muy rápidamente un período frío "La Niña" que permaneció extendida hasta finales de 1999 (Flores, 1999; Fuenzalida 1999b).

El efecto del evento El Niño sobre el Bentos, es en gran medida desconocido, sobre todo en la zona norte de Chile, por tanto surge la necesidad de estudiar y describir en forma acabada las fases de este evento y los cambios en las variables ambientales físico-

químicas que regulan la composición de los organismos dentro de las comunidades bentónicas de fondos blandos de la Bahía Iquique, en el extremo norte de Chile.

PROBLEMÁTICA

¿Existen variaciones en una escala temporal de corto período en la estructura y composición de las comunidades macrobentónicas sometidas a fuertes alteraciones ambientales derivadas del evento El Niño 1997–1998? y ¿Éstas se relacionan con las variables ambientales físico–químicas (Temperatura de fondo, granulometría del sedimento, materia orgánica total y oxígeno disuelto de fondo)?.

Para resolver este problema se plantea la siguiente hipótesis de trabajo:

Si el evento El Niño ejerce un efecto modificador sobre los atributos de las comunidades bentónicas presentes en los fondos blandos sublitorales de Bahía Iquique (i.e. abundancia, biomasa, riqueza de especies, diversidad de especies y composición trofofuncional), entonces en los períodos durante y después del evento El Niño 1997-1998 se esperaría encontrar variaciones significativas en la estructuración comunitaria de la macroinfauna.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la existencia de variaciones de corto período en la estructura de las comunidades bentónicas presentes en los fondos blandos del sublitoral somero de Bahía Iquique en los períodos durante y después del evento El Niño 1997–1998.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Determinar las especies que componen la macroinfauna bentónica sublitoral de los fondos blandos de Bahía Iquique en los períodos durante y después del evento El Niño 1997–1998.
- 2) Determinar la abundancia, biomasa, atributos comunitarios y composición trofofuncional de la macroinfauna bentónica sublitoral de Bahía Iquique en los períodos durante y después del evento El Niño 1997–1998.
- 3) Determinar las características granulométricas y el contenido de materia orgánica total de los sedimentos, la temperatura y el contenido de oxígeno disuelto suprayacente al fondo de Bahía Iquique en el período de estudio.
- 4) Establecer la existencia de diferencias temporales en la estructura comunitaria y relacionarlas en función de las variables físico–químicas estudiadas durante y después del evento El Niño 1997–1998.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio comprendió Bahía Iquique ($20^{\circ}11'S$; $70^{\circ}10'W$), delimitada en dirección sur a norte por la Península Serrano, formada por la isla preexistente y su unión artificial a tierra continental, hasta la localidad de Punta Negra; que marca el límite norte de la Bahía, la cuál tiene una profundidad de 35 metros en su boca, disminuyendo gradualmente hacia el fondo de saco de la bahía (Figura 1).



Diseño de muestreo

Espacial

Se establecieron 9 estaciones fijas de muestreo a través de un posicionador georeferenciado satelital (GPS) "Magellan 3000" y profundidad definida por ecosonda, las que se identificaron con las siglas E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6, E-7, E-8 y E-9, las que oscilaron entre 8 y 33 metros de profundidad respectivamente (Tabla I).

Temporal

Para efectos de los objetivos formulados las muestras fueron colectadas estacionalmente en 2 cruceros realizados en marzo y septiembre de 1998, meses que corresponden al período durante y después del EN 1997-1998, respectivamente.

Tabla I. Ubicación georeferenciada de las 9 estaciones bentónicas estudiadas en Bahía Iquique, en los meses de marzo y septiembre de 1998.

Estación	Latitud S	Longitud W	Profundidad (m)
E-1	20°11'28''	70°08'45''	8
E-2	20°11'41''	70°08'46''	11
E-3	20°12'26''	70°08'55''	9
E-4	20°12'11''	70°08'39''	16
E-5	20°11'56''	70°08'29''	17
E-6	20°11'35''	70°08'25''	22
E-7	20°11'50''	70°09'18''	29
E-8	20°11'34''	70°09'11''	31
E-9	20°11'18''	70°09'48''	33

Obtención y Análisis de las muestras

La toma de muestras se realizó utilizando como plataforma de trabajo la embarcación L/C ANTARES propiedad de la Universidad Arturo Prat. En cada estación se obtuvieron muestras de sedimento, utilizando una draga de tipo Van-Veen de 0,1 m² de mordida. Para cada estación se procedió a obtener 4 dragados; los primeros 3 dragados fueron destinados para la obtención del material biológico, en donde las muestras fueron lavadas *in situ*, vaciándose en un envase plástico de 15 litros de volumen, donde se disgregaron manualmente, siendo el rebalse recibido y cernido a través de un tamiz sedimentológico de 1 mm de abertura de malla para recuperar la macrofauna. Posteriormente las muestras se fijaron con formalina neutralizada al 10% diluída en agua de mar y almacenadas en bolsas plásticas para su análisis posterior. El cuarto dragado se destinó para la determinación de la materia orgánica y granulometría. Para la materia orgánica se procedió a obtener aproximadamente 100 gramos de sedimento, depositándose en bolsas plásticas, las cuáles fueron refrigeradas *in situ* para su análisis posterior en el laboratorio. En tanto para el análisis granulométrico se procedió a obtener aproximadamente 1 kilogramo de sedimento, el cuál se depositó y fijó con formalina al 10% en bolsas plásticas para su análisis posterior. Simultáneamente con la obtención de las muestras bentónicas se tomaron muestras de agua a 0,5 m del fondo con una botella oceanográfica tipo Niskin de 5 litros de capacidad, con el objeto de determinar el contenido de oxígeno disuelto; Para ello se siguió el método modificado de Winkler (Strickland & Parsons, 1968). Adicionalmente se tomó la temperatura de fondo con un termómetro de 0,1°C de precisión.

Análisis de laboratorio

Análisis faunístico

Las muestras biológicas previamente fijadas, fueron teñidas con una solución alcohólica saturada de Rosa de Bengala durante 24 horas, tinción que facilita la visualización y separación (*sorting*) de los organismos, especialmente de las formas diminutas. Después de este proceso, se llevó a cabo el lavado de cada muestra para posteriormente separar la biota bajo un estereomicroscopio y microscopio fotónico en taxa mayores, procediéndose a continuación a determinar los ejemplares al nivel taxonómico más bajo posible. Los ejemplares de cada especie fueron contados y pesados como peso húmedo (g/0,1m²), después de eliminar la humedad con papel absorbente. Los moluscos fueron pesados incluyendo sus estructuras calcificadas, mientras que los organismos tubícolas se les eliminó sus tubos. Posteriormente fueron masados en una balanza granataria de 0,001 g de precisión.

Análisis de Granulometría

Las muestras sedimentológicas obtenidas en cada estación se dejaron secar a temperatura ambiente. Posteriormente, se procedió a tomar una fracción de la muestra de sedimento seco, se homogeneizó y masó para ser tamizada en una batería de tamices *Tyler*, por vibración mecánica en un agitador *Gilson* modelo SS- 15 durante 15 minutos, para una mejor distribución de la muestra en las series de cedazos geológicos de la batería. Las fracciones de material retenido en cada tamiz fueron pesadas en una balanza granataria de 0,001 g de precisión. Las frecuencias acumuladas en porcentaje (%) del peso del sedimento contenida en cada tamiz se graficaron respecto al tamaño de partícula en escala phi (ϕ) (Folk, 1974 *vide* Carrasco & Gallardo, 1995) definida como el logaritmo negativo en base 2 del diámetro de la partícula en milímetros: $-\log_2$ mm. Para cada gráfico se leyeron los percentiles de ϕ_5 , ϕ_{16} , ϕ_{25} , ϕ_{50} , ϕ_{75} , ϕ_{84} y ϕ_{95} , los que se utilizaron para calcular de acuerdo a Folk (1974), los siguientes parámetros sedimentarios: mediana, tamaño medio del grano, *sorting*, asimetría y kurtosis.

1.- Mediana, $Md = \phi_{50}$

2.- Tamaño medio del grano

$$M\phi = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

3.- Desviación estándar gráfica inclusiva (*sorting*)

$$S\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6}$$

4.- Asimetría gráfica inclusiva (*skewness*)

$$Sk\phi = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

5.- Kurtosis gráfica inclusiva

$$B\phi = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44 (\phi_{75} - \phi_{25})}$$

Para la interpretación de los valores del coeficiente de selección (*Sorting*), Asimetría y Kurtosis se aplicó la clasificación propuesta por Folk & Ward (1957), la que señala:

COEFICIENTE DE SELECCIÓN (<i>SORTING</i>)	
Escala	Clasificación
< 0,35	Muy bien seleccionado
0,35 – 0,50	Bien seleccionado
0,50 – 0,71	Moderadamente bien seleccionado
0,71 – 1,00	Moderadamente seleccionado
1,00 – 2,00	Pobrementemente seleccionado
2,00 – 4,00	Muy pobrementemente seleccionado
> 4,00	Extremadamente pobre seleccionado

SIMETRÍA	
Escala	Clasificación
1,00–0,30	Fuertemente finos asimétricos
0,30–0,10	Finos asimétricos
0,10– - 0,10	Simétricos
-0,10– - 0,30	Gruesos asimétricos
-0,30– - 1,00	Fuertemente gruesos asimétricos

KURTOSIS	
Escala	Clasificación
< 0,67	Muy platicúrticos
0,67 – 0,90	Platicúrticos
0,90 – 1,11	Mesocúrticos
1,11 – 1,50	Leptocúrticos
1,50 – 3,00	Muy leptocúrticos

Para la caracterización y clasificación de los sedimentos se siguió la metodología propuesta por Buchanan & Kain (1971) y Gallardo (1961), clasificando el sedimento en:

Clasificación	Tamaño (mm)
Conchuela gruesa	8–4
Conchuela fina	4–1
Arena gruesa	1– 0,500
Arena media	0,500–0,250
Arena fina	0,250–0,125
Arena muy fina	0,125–0,075
Limo-arcilla	< 0,075

Materia Orgánica Total (M.O.T.)

Para la determinación de la materia orgánica total (M.O.T.) contenida en cada muestra de sedimento se utilizó el método de pérdida de peso por calcinación propuesto por Postma (1954). Las muestras fueron revisadas para evitar una sobreestimación en la determinación del contenido de materia orgánica debido a restos de organismos. Posteriormente, se procedió a secar aproximadamente 10 gramos de sedimento a 60° C en una estufa por 12 horas (Peso seco constante) y luego enfriados a temperatura ambiente en un desecador. A partir del peso seco constante, se procedió a pesar aproximadamente 2 gramos de sedimento de las muestras secas en triplicados de cada estación utilizando una balanza analítica con precisión de 0,001 g para calcinarlos en una mufla a una temperatura de 550 °C por 6 horas; una vez completado el tiempo de calcinación se procedió a retirar las muestras y se dejó enfriar a temperatura ambiente en un desecador, para posteriormente pesar nuevamente el sedimento, obteniendo así el peso calcinado. Finalmente el % de M.O.T. se calculó como la diferencia porcentual en peso del sedimento mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ M.O.T.} = \frac{\text{Peso seco constante (60°C)} - \text{Peso calcinado (550°C)}}{\text{Peso seco constante (60°C)}} * 100$$

Determinación de oxígeno disuelto (OD)

El contenido de oxígeno del agua suprayacente de fondo se calculó mediante el método modificado de Winkler (Strickland & Parsons, 1968). Para cada estación se procedió a llenar botellas para oxígeno de color ámbar de 125 ml de capacidad con tapón de vidrio esmerilado, las cuáles se le añadieron 0,5 ml de solución de sulfato de Mn (Solución A) y 0,5 ml de solución alcalina de yodo que contenga ázida sódica (Solución B), posteriormente se cerraron evitando dejar burbujas y se agitaron fuertemente, una vez decantado el precipitado se agrega 1 ml de ácido sulfúrico. Se tomó una alícuota de 50 ml y se procedió a valorar con solución de tiosulfato 0.01 N, hasta que la muestra tome un color amarillo pálido, luego se agregan 3 gotas de almidón como indicador concluyendo la titulación. El cálculo del contenido de oxígeno se realizó a través de la siguiente fórmula:

$$\text{ml O}_2/\text{l} = (5.598 * \text{N} * \text{B} / (\text{B} - \text{R})) (1000 / \text{A} * \text{V})$$

donde:

N=Normalidad del tiosulfato.

B=Volumen de la botella.

R=Volumen de los reactivos (0,5 de solución A + 0,5 de solución B).

A=Volumen a titular (50 ml)

V=Tiosulfato gastado en la titulación.

Análisis de los datos

A partir de la información anterior se calcularon los siguientes parámetros y/o estadísticos:

- * Número de especies presentes por réplica y por estación en cada fecha de muestreo.
- * Número de individuos por especies (densidad numérica) y su biomasa (peso húmedo), por réplica, por estación, por período de muestreo y estimados del número de individuos por m².

Métodos Univariados

Con respecto al análisis de los datos relacionados con la fauna bentónica se utilizaron los siguientes índices comunitarios:

1) Riqueza de especies (Margalef, 1958 *fide* Ludwig & Reynolds, 1988).

$$R = S - 1 / \ln(n)$$

donde:

S= Número total de especies en la muestra

2) Índice de Diversidad específica de Shannon – Wiener (Pielou, 1966).

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i (\ln p_i)$$

donde:

$$p_i = n_i / N$$

n_i= Número de individuos de la especie i-ésima.

N= Número total de individuos de la colección.

En los cálculos de la diversidad específica, se utilizó el procedimiento de acuchillamiento *jackknife* de datos, metódica que provee estimadores paramétricos de la media, varianza y sesgo, posibilitando el cálculo de intervalos de confianza y la docimación de hipótesis (Sokal y Rohlf, 1981; Jaksic & Medel, 1987; Magurran, 1988). Además se efectuaron remuestreos computacionales basados en el razonamiento matemático de pseudoreplicaciones de la data de abundancia del tipo Permutaciones-*Bootstrapping* (Crowley, 1992; Manly, 1994) en *Macros Excel Visualbasic* para estimar las medidas de dispersión de la función de Shannon, para ello se ocuparon las siguientes ecuaciones matemáticas:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i (\ln p_i)$$

$$H^{*(B)} = - \sum_{i=1}^n [n_i^{*(b)} / N^{*(b)}] * \ln [n_i^{*(b)} / N^{*(b)}]$$

b= remuestreo b-ésimo
j= columna (réplica)
i= especie (categorías)

$$n_{i^*(b)} = \sum_{j=1}^3 n_{j^*(b),i}$$

$$N^*_{(b)} = \sum_{j=1}^n n_{i^*(b)}$$

N= suma de la réplicas

$$H_B = \sum_{b=1}^B H^*_{(b)} / B$$

B= número de *bootstrapp*

$$\text{Var}(H_B) = \sum_{b=1}^B [H^*_{(b)} - H_B]^2 / (B-1)$$

I.C. (95%) = al percentil 2,5 y 97,5%

3) Uniformidad o equidad “*evenness*” (Pielou, 1966).

$$J' = H' / \ln S$$

donde:

S= número de especies.

4) Dominancia según el índice de concentración de la dominancia de Simpson (Legendre and Legendre, 1979).

$$D = \frac{\sum_{i=1}^s n_i (n_i - 1)}{N (N - 1)}$$

donde:

n_i = Número de individuos de la especie i -ésima.

N= Número total de individuos.

Análisis Multidimensionales

Los Análisis multidimensionales se utilizaron para clasificar y ordenar los datos bióticos temporales de las estaciones bentónicas (Field et al., 1982; Smith et al., 1988). Las técnicas de Clasificación numérica o análisis de conglomerados se realizó en forma normal (modo Q), utilizando los datos crudos de abundancia de individuos por especies ordenados en una matriz de R filas (especies) por C columnas (estaciones), de cada fecha de muestreo, los que posteriormente fueron transformados a la forma $Y = \text{Log}(X + 1)$, donde X es la abundancia observada e Y la abundancia transformada, lo cuál permite normalizar los datos y reducir las varianzas a un solo orden de magnitud. En el análisis se utilizó como coeficiente de distancia el índice de disimilitud de Bray-Curtis (Pielou, 1984; Ludwig & Reynolds, 1988), medida ampliamente recomendada y utilizada en ecología bentónica (Gray, 1981):

$$d_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^s |Y_{ij} - Y_{jk}|}{\sum_{i=1}^s (Y_{ij} + Y_{jk})}$$

donde:

Y_{ij} e Y_{jk} son los valores de abundancia de los individuos/spp. de las muestras j y k-ésima respectivamente; d_{jk} =disimilaridad entre la j-ésima muestra y k-ésima muestra sumadas sobre todas las s especies. Los valores $d_{jk} = 0$ indican muestras similares en composición y abundancia de especies y $d_{jk} = 1$ señalan muestras sin especies en común. Posteriormente se empleó como estrategia de agrupamiento aglomerativa jerárquica a la media ponderada (UPGMA).

Como estrategia para la ordenación comunitaria de las estaciones y especies se utilizó el método de ordenación de mínima distorsión espacial (nMDS) (Field et al., 1982; Ludwig & Reynolds, 1988; Smith et al., 1988; Burd et al., 1990; Carrasco, 1996), sobre la base de la matriz de disimilitud del análisis de clasificación numérica, transformados previamente a la forma $Y = \text{Log}(X + 1)$ y sometidos al programa computacional STATISTICA 6.0.

Para determinar la existencia de diferencias significativas en los parámetros ambientales y comunitarios a nivel temporal se aplicó la prueba bivariada paramétrica de análisis de varianza (ANDEVA). Para establecer posibles relaciones entre los parámetros abióticos (oxígeno disuelto de fondo, temperatura de fondo, M.O.T., tamaño del grano) y bióticos (estructura comunitaria), se utilizó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (r_s), método no paramétrico útil para determinar el grado relativo de concordancia entre 2 variables mediante el rangeo de sus valores y la posterior diferencia de rangos de observaciones pareadas son calculadas para medir la concordancia entre pares (Zar, 1984; Steel-Torrie, 1988). La fórmula de correlación es la siguiente:

$$r_s = 1 - \left(\frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2-1)} \right)$$

donde:

r_s = Coeficiente de correlación de rangos de Spearman.

n= Número de muestras.

d= Diferencia en rango entre variables.

Representación gráfica de los valores de Tamaño medio del grano y Materia Orgánica Total.

Para la confección y representación gráfica del tamaño medio del grano y el porcentaje de materia orgánica total en los sedimentos, se utilizó el Software computacional SURFER 6.0 versión Windows, basado en técnicas geoestadísticas de autocorrelación espacial, utilizando *Kriging* ordinario a través de un semivariograma que permite cuantificar la autocorrelación al graficar la varianza de todos los pares de datos según la distancia.

RESULTADOS

Fauna

Abundancia

El análisis cuantitativo reveló la presencia de 2.275 individuos en las 17 muestras de 0,1 m² analizadas. Estos individuos correspondían a 7 grupos taxonómicos mayores, con un total de 70 especies o formas diferentes (Tabla II).

Tabla II. Lista de especies de la macroinfauna del sublitoral arenoso de Bahía Iquique, recolectadas en el período de estudio en Bahía Iquique.

ANTHOZOA

Anthozoa Indeterminado

NEMATODA

Nematoda Indeterminado

NEMERTEA

Nemertea Indeterminado

MOLLUSCA

Tegula (Chlorostoma) luctuosa (Orbigny, 1840)

Crepidatella dilatata (Lamarck, 1822)

Crucibulum (Crucibulum) quiriquinae (Lesson, 1830)

Polinices (Polinices) uber Valenciennes, 1832

Xanthochorus buxea (Broderip, 1833)

Xanthochorus cassidiformis (Blainville, 1824)

Mitrella unifasciata (Sowerby, 1832)

Salitra radwini Marincovich, 1973

Nassarius dentifer (Powys, 1835)

Nassarius gayi (Kiener, 1835)

Oliva (Oliva) peruviana Lamarck, 1811

Cancellaria (Solatia) buccinoides Sowerby, 1832

Barbatia sp.

Glycymeris ovatus (Broderip, 1832)

Semimytilus algosus (Gould, 1850)

Ensis macha (Molina, 1782)

Solemya sp.

Mysella sp.

Eurhormalea salinensis Ramorino, 1968

Macoma inornata (Hanley, 1844)

POLYCHAETA

Polynoidae

Phyllodocidae

Syllidae

Nereis dorsolobata Hartmann – Schroder, 1965

Nephtys ferruginea Hartmann, 1940

Glyceridae

Continuación Tabla II.

Glycera americana Leidy, 1855
Goniada peruana Hartmann – Schroder, 1962
Onuphidae indet.
Diopatra obliqua Hartmann, 1944
Lumbrineridae
Haploscoloplos kerguelensis chilensis Hartmann – Schroder, 1965
Orbiniidae sp.
Paraonidae
Paraprionospio pinnata (Ehlers, 1901)
Polydora socialis (Schmarda, 1861)
Prionospio (Aquislapio) peruana (Hartmann – Schroder, 1962)
Rhynchospio sp.
Scolelepis chilensis (Hartmann – Schroder, 1962)
Spiophanes bombyx (Claparède, 1870)
Magelona sp.
Opheliidae
Abarenicola affinis (Ashworth 1903)
Sabellidae

CRUSTACEA

Balanus laevis Bruguier, 1789
Nannosquilla sp.
Amphipoda Phoxocephalidae
Amphipoda indet.
Cumacea Dyastilidae
Betaeus truncatus Dana, 1852
Latreutes antiborealis Holthius, 1952
Ogyrides tarazonai Wicksten y Méndez, 1988
Notiax brachyophthalma (H. Milne Edwards, 1870)
Paguristes weddelli H. Milne Edwards, 1848
Pagurus perlatus H. Milne Edwards, 1848
Pagurus villosus Nicolet, 1849
Pagurus sp.
Blepharipoda spinimana (Linnaeus, 1767)
Mursia gaudichaudi (H. Milne Edwards, 1837)
Hepatus chilensis H. Milne Edwards, 1837
Inachoides microrhynchus H. Edwards & Lucas, 1842
Cancer setosus Molina, 1782
Cancer edwarsi Bell, 1835
Homalaspis plana (H. Milne Edwards, 1834)
Pinnixa transversalis (M. Edwards & Lucas, 1843)
Pinnixa valdiviensis Rathbun, 1907
Megalopa brachyura

CEPHALOCORDATA

Branchiostoma elongatum (Sundevall, 1852)

Las abundancias numéricas totales de la macroinfauna bentónica, observadas en las 9 estaciones de Bahía Iquique visitadas durante y después del EN 1997-1998, expresada tanto en términos del área del muestreador como también estimados del número total de individuos por metro cuadrado y contribución porcentual, se muestran en la Tabla III.

Tabla III. Número de individuos por 0,1 m², estimados de la abundancia por 1,0 m² y contribución porcentual de las taxa mayores de la fauna bentónica recolectada en las 9 estaciones de Bahía Iquique en los períodos durante y después del EN 1997-1998.

TAXA	N° ind. (0,1 m ²)	N° ind. (1,0 m ²)	(%)
Polychaeta	1.249	12.490	54,90
Mollusca	677	6.770	29,76
Crustacea	214	2.140	9,40
Anthozoa	47	470	2,07
Cephalocordata	45	450	1,98
Nemertea	39	390	1,71
Nematoda	4	40	0,18
	2.275	22.750	100,00

En el listado precedente, llama la atención la notable contribución de los gusanos anélidos poliquetos, hecho frecuente en otras regiones marinas mundiales. Asimismo, es notable la dominancia numérica que establecen estas formas en las muestras recolectadas, contribuyendo con un 54,90% del total de la fauna recolectada en todo el período de estudio. Con respecto a las abundancias numéricas totales y su contribución porcentual al total de las especies o formas más abundantes recolectadas durante EN 1997–1998, se establecieron 13 especies dominantes numéricamente, en donde se observa la gran contribución del anélido Poliqueto *Paraprionospio pinnata* (Ehlers) con un 32,26% al total y en menor grado la dominancia del molusco gastrópodo *Nassarius gayi* (Kiener), con un 10,81% al total de la fauna recolectada (Tabla IV).

Tabla IV. Especies o formas numéricamente dominantes en la fauna bentónica de Bahía Iquique, recolectadas durante EN 1997-1998. Se presenta su abundancia numérica y contribución porcentual. Las siglas indican: (N)= Nemertea; (M)= Mollusca; (P)= Polychaeta; (C)= Crustacea; (Cp)= Cephalocordata.

ESPECIE	N° individuos	%
1. <i>Paraprionospio pinnata</i> (P)	382	32,26
2. <i>Nassarius gayi</i> (M)	128	10,81
3. <i>Barbatia</i> sp. (M)	57	4,81
4. <i>Mitrella unifasciata</i> (M)	56	4,73
5. <i>Haploscoloplos kerguelensis</i> (P)	52	4,05
6. <i>Branchiostoma elongatum</i> (Cp)	44	3,71
7. <i>Nereis dorsolobata</i> (P)	42	3,55
8. <i>Pagurus villosus</i> (C)	34	2,87
9. Cumacea Dyastilidae (C)	31	2,62
10. Nemertea (N)	29	2,45
11. <i>Ensis macha</i> (M)	25	2,11
12. <i>Hepatus chilensis</i> (C)	24	2,03
13. <i>Nephtys ferruginea</i> (P)	23	2,01

Las abundancias numéricas totales y su contribución porcentual al total de las especies o formas más abundantes recolectadas después del EN 1997–1998, se establecieron 10 especies dominantes numéricamente, en donde se observa nuevamente la gran contribución del anélido Poliqueto *Paraprionospio pinnata* (Ehlers) con un 37,12% al total y el molusco gastrópodo *Nassarius gayi* (Kiener), con un 16,96% al total de la fauna recolectada, en tanto se observa en menor grado la dominancia que exhiben los poliquetos *Haploscoloplos kerguelensis chilensis* Hartmann–Schroder, *Diopatra obliqua* Hartman, poliquetos Paraonidae, *Prionospio peruana* Hartmann–Schroder, y *Nephtys ferruginea* Hartmann, para este período de estudio (Tabla V).

Tabla V. Especies numéricamente dominantes en la fauna bentónica de Bahía Iquique, recolectadas después del EN 1997-1998. Se presenta su abundancia numérica y contribución porcentual. Las siglas indican: (Cn)= Cnidaria; (M)= Mollusca ; (P)= Polychaeta.

ESPECIE	N° individuos	%
1. <i>Paraprionospio pinnata</i> (P)	405	37,12
2. <i>Nassarius gayi</i> (M)	185	16,96
3. <i>Mitrella unifasciata</i> (M)	73	6,69
4. <i>Haploscoloplos kerguelensis</i> (P)	55	5,04
5. <i>Crucibulum quiriquinae</i> (M)	48	4,40
6. <i>Diopatra obliqua</i> (P)	43	3,94
7. Paraonidae (P)	43	3,94
8. <i>Prionospio peruana</i> (P)	32	2,93
9. <i>Nephtys ferruginea</i> (P)	27	2,47
10. Anthozoa (Cn)	24	2,20

Se establece que entre los diferentes grupos que conforman las comunidades bentónicas en Bahía Iquique, la mayor riqueza de especies y abundancia para el período durante EN 1997-1998, correspondieron a los grupos Polychaeta (49,83%), Mollusca (26,6%) y Crustacea (15,45%), respectivamente. En cuanto al período después del EN 1997-1998, se observó una variación en las proporciones de sus abundancias relativas: Polychaeta (60,4%), Mollusca (33,17%) y Crustacea (2,84%), pero manteniéndose el mismo orden jerárquico de los grupos zoológicos respectivos (Figura 2).

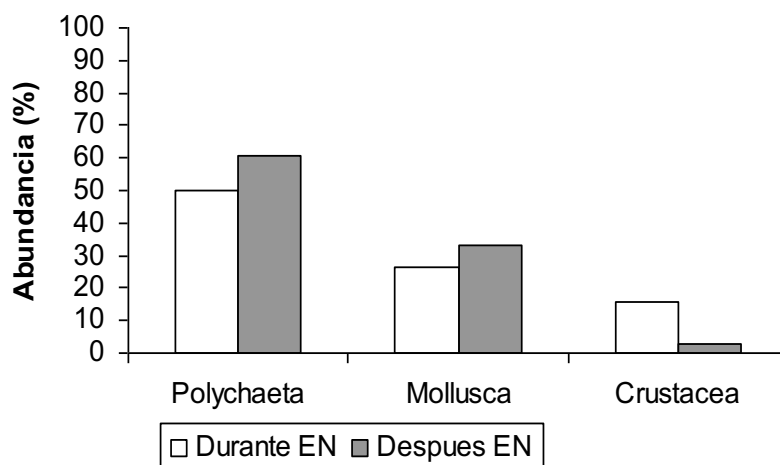


Figura 2. Variaciones temporales de la abundancia numérica de los principales grupos zoológicos recolectados durante y después del EN 1997–1998 en Bahía Iquique.

Finalmente en relación al período durante EN 1997–1998, se recolectaron especies no reportadas para el litoral del extremo norte de Chile, como el pelecypodo *Solemya* sp., el poliqueto *Rhynchospio* sp. y los crustáceos *Nannosquilla* sp., *Latreutes antiborealis* Holthius y *Notiux brachyophthalma* H. Milne Edwards, además se aumentó el registro de 3 especies de poliquetos de la familia spionidae reportados por Quiroga (1999a) para la Bahía Iquique a 6 especies en total, a saber: *Paraprionospio pinnata* (Ehlers), *Prionospio peruana* (Hartmann–Schroder), *Spiophanes bombyx* (Claparède), *Rhynchospio* sp., *Polydora socialis* (Schmarda) y *Scolelepis chilensis* (Hartmann–Schroder). Por tanto, el hallazgo de estas especies en la Bahía Iquique constituyen los primeros registros en esta localidad, además de extender el rango de distribución zoogeográfico hacia el norte del país.

Biomasa

La fauna total analizada alcanzó una biomasa de 186,22 g, determinada como peso húmedo. La biomasa total del período durante EN 1997–1998 alcanzó un valor de 112,68 g. Las mayores contribuciones en biomasa correspondieron a los grupos zoológicos de los Crustáceos con el 45,68% (51,47 g) de ese total, seguido de los Moluscos con un 40,57% (45,72 g) y los gusanos anélidos poliquetos con el 9,06% (8,05 g); en cambio en el período después del EN 1997–1998 la biomasa alcanzó un valor de 73,54 g., en donde el grupo de los moluscos contribuyó con un 68,33% (50,25 g) de este total, seguido por los gusanos anélidos poliquetos con un 24,77% (18,21 g) y los anthozoos con el 4,80% (3,53 g). De acuerdo a la biomasa, las mayores contribuciones correspondieron para el período durante EN 1997–1998 a los crustáceos decápodos *Hepatus chilensis* H. Milne Edwards con 30,07 g (26,69%) del total, *Cancer setosus* Molina con 6,25 g (5,55%) y el cephalocordado *Branchiostoma elongatum* (Sundevall) con 5,21 g (4,62%); en cambio para el período después del EN 1997–1998 las mayores contribuciones fueron las del molusco gastrópodo *Crucibulum (Crucibulum) quiriquinae* (Lesson) con 18,34 g (24,94%) del total, el poliqueto Onuphido *Diopatra obliqua* Hartmann con 7,58 g (10,32%) y el molusco gastrópodo *Nassarius dentifer* (Powys) con 4,71 g (6,41%) (Tabla VI).

Tabla VI. Biomasa estimada para la fauna recolectada en las 9 estaciones bentónicas estudiadas en la Bahía Iquique, tanto en los períodos durante y después del EN 1997-1998. Se muestran asimismo las especies que hicieron las más altas contribuciones en cada fecha de muestreo.

Período durante el EN 1997–1998			Período después del EN 1997–1998		
Taxa	g	%	Taxa	g	%
Crustacea	51,47	(45,68)	Mollusca	50,25	(68,33)
Mollusca	45,72	(40,57)	Polychaeta	18,21	(24,77)
Polychaeta	8,05	(9,06)	Anthozoa	3,53	(4,80)
Cephalocordata	5,43	(4,82)	Crustacea	1,33	(1,80)
Anthozoa	0,85	(0,76)	Nemertea	0,22	(0,24)
Nemertea	0,12	(0,12)	Nematoda	0,01	(0,01)
Total (g/0,1m²)	112,68		Total (g/0,1m²)	73,54	

<i>H. chilensis</i>	30,07 g	(26,69%)	<i>C. quiriquinae</i>	18,34 g	(24,94%)
<i>C. setosus</i>	6,25 g	(5,55%)	<i>D. obliqua</i>	7,58 g	(10,32%)
<i>B. elongatum</i>	5,21 g	(4,62%)	<i>N. dentifer</i>	4,71 g	(6,41%)

Análisis de la Comunidad

Los atributos comunitarios obtenidos para cada estación bentónica estudiada son producto de los promedios entre las réplicas, exceptuando los valores calculados de la función de *Shannon* para la diversidad específica, la que se obtuvo en forma agrupada para estimar las medidas de dispersión obtenidas con el procedimiento analítico estadístico del acuchillamiento de datos *jackknife* y remuestreos computacionales tipo Permutaciones–*Bootstrapping* de simulaciones estocásticas de números al azar de los datos de abundancia.

Riqueza de especies

En relación a los valores registrados de riqueza de especies (S) para el período durante EN 1997–1998, se observó el mayor número en las estaciones E-6 y E-9 con 16 y 12 especies respectivamente, en tanto, para el período después EN 1997–1998 se detectó una disminución en el valor de riqueza de especies alcanzando el mayor número en la estación más profunda de la bahía E-9 con 8 especies. Además, se observó que la riqueza de especies aumentó sus valores hacia las estaciones más alejadas de la línea de costa para ambos períodos de estudio (Tabla VII).

Diversidad

En relación al valor agrupado registrado de diversidad específica (H') para el período durante EN 1997–1998, se observó los mayores valores en las estaciones E-4, E-5 y E-6,

con 2,93, 3,05 y 3,12 bits/individuos, correspondientes a las estaciones centrales de la bahía, en tanto, para el período después EN 1997–1998 se detectó una disminución en los valores de diversidad específica alcanzando los mayores valores nuevamente en las estaciones centrales de la bahía (Tabla VII). Además, se estimaron los estadísticos y límites de confianza superior e inferior al 95% de significancia para la función de *Shannon* para ambos períodos de estudio. Por otro lado, se observó diferencias significativas (ANDEVA, $F_{cal}= 13,07$ $P < 0,05$) entre el período durante y después del EN 1997–1998, debido a valores de diversidad relativamente altos y deprimidos respectivamente, reflejado de las variaciones faunísticas ocurridas en la bahía durante el período de estudio (Figura 3 y 4).

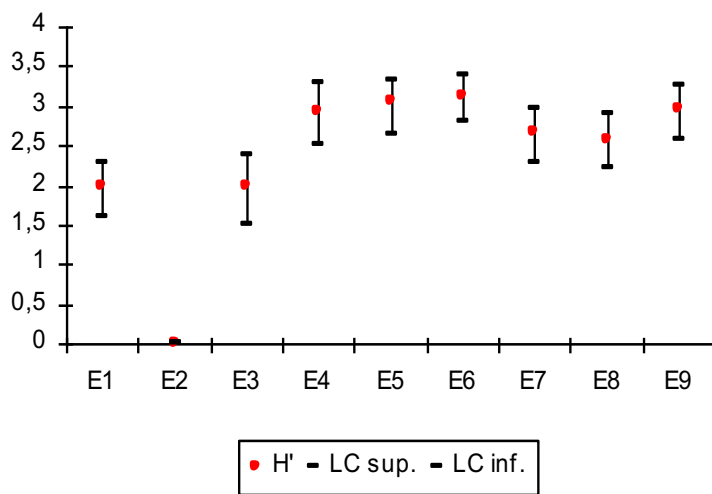


Figura 3. Valores de diversidad específica de Shannon-Wiener, obtenidos por el procedimiento analítico de simulaciones *Bootstrapping* para el período durante EN 1997–1998.

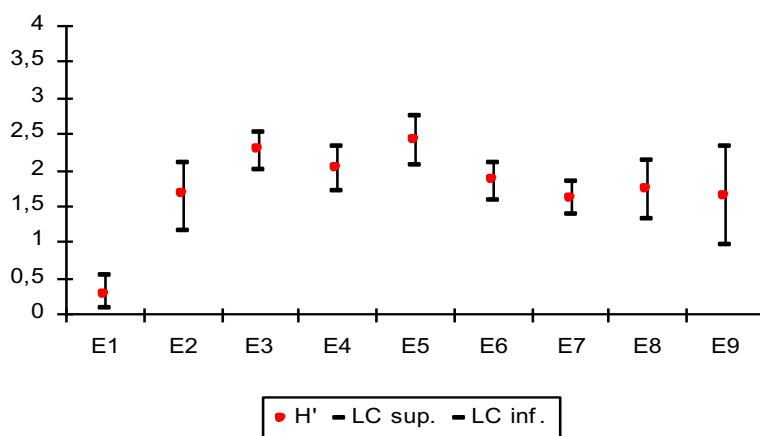


Figura 4. Valores de diversidad específica de Shannon-Wiener, obtenidos por el procedimiento analítico de simulaciones *Bootstrapping* para el período después EN 1997–1998.

Diversidad máxima teórica

En relación a los valores registrados de diversidad máxima teórica (H' máx) para el período durante EN 1997–1998, se observó que los mayores valores son consistentes con los obtenidos para la diversidad específica en las estaciones centrales de la bahía, en tanto, para el período después EN 1997–1998 se detectó una disminución en los valores de diversidad máxima teórica correlacionado con las bajas diversidades reportadas para este período de estudio (Tabla VII).

Equidad

En relación a los valores registrados de Equidad (J') para el período durante EN 1997–1998, se observó que los valores son consistentes con el patrón mostrado por la diversidad específica, en tanto, para el período después EN 1997–1998 se detectó una leve disminución en los valores de Equidad, reflejado de la disminución en los valores de diversidad registrados para este período de estudio (Tabla VII).

Dominancia

En relación a los valores registrados de dominancia (D') para el período durante EN 1997–1998, se observó que los mayores valores se encontraron en las estaciones más profundas de la bahía E-7, E-8 y E-9 con valores de 0,33, 0,66 y 0,26 respectivamente, en tanto, para el período después EN 1997–1998 se detectó un aumento significativo en los valores de dominancia en las estaciones costeras E-1 y E-2 con valores de 0,85 y 0,43, respectivamente (Tabla VII).

Tabla VII. Atributos comunitarios de fauna bentónica recolectada en las 9 estaciones bentónicas estudiadas en la Bahía Iquique, tanto en los períodos durante el EN y después del EN 1997–1998. Se presenta además la varianza bootstrapp (Var Boots), el límite superior (LC sup.) y el límite inferior (LC inf.) obtenidos por el procedimiento analítico de remuestreos computacionales del tipo Permutaciones–*Bootstrapping*.

Período durante EN 1997–1998

Índices	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
S	5	*	10	8	11	16	6	9	12
H'	1,98	*	1,97	2,93	3,05	3,12	2,67	2,58	2,96
VarBoot	0,02	*	0,04	0,04	0,05	0,02	0,01	0,04	0,01
LCinf	1,60	*	1,51	2,50	2,64	2,79	2,27	2,22	2,57
LCsup	2,27	*	2,38	3,30	3,31	3,38	2,95	2,88	3,26
H' máx	2,17	*	3,07	2,99	3,30	4,02	2,66	3,10	3,53
J'	0,23	*	0,62	0,27	0,47	0,71	0,28	0,39	0,67
D	0,22	*	0,23	0,21	0,19	0,10	0,33	0,66	0,26

*= Sin información

Período después del EN 1997–1998

Índices	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9
S	2	2	4	4	5	7	6	7	8
H'	0,27	1,56	2,27	2,00	2,40	1,86	1,59	1,71	1,61
VarBoot	0,01	0,06	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,04	0,14
LCinf	0,07	1,12	1,98	1,70	2,04	1,56	1,36	1,31	0,94
LCsup	0,53	2,08	2,51	2,32	2,72	2,09	1,80	2,10	2,29
H'máx	0,86	2,55	3,26	3,10	3,27	3,08	3,23	3,17	3,01
J'	0,23	0,33	0,39	0,39	0,40	0,49	0,57	0,48	0,41
D	0,85	0,43	0,13	0,15	0,17	0,27	0,31	0,30	0,37

Por otra parte, la dominancia ecológica observada para el período durante EN 1997–1998, presentó los mayores valores en las estaciones más alejadas de la costa, entre los 29 y 33 metros de profundidad, representado por la presencia de los gusanos poliquetos de la familia spionidae *Paraprionospio pinnata* y la familia Orbiinidae *Haploscoloplos kerguelensis chilensis* y el molusco pelecypodo del género *Barbatia*, en tanto, la dominancia registrada para el período después EN 1997–1998, presentó los mayores valores en las estaciones costeras, ubicadas entre los 8 y 11 metros de profundidad, caracterizadas por la presencia de gusanos poliquetos de la familia Spionidae *Paraprionospio pinnata*, de la familia Onuphidae *Diopatra obliqua* y de la familia Nephyidae *Nephtys ferruginea*.

En cuanto a los gremios trofofuncionales encontrados en el período durante EN 1997–1998, se presentó un predominio de formas de alimentación de tipo carnívoras, depositóras excavadoras, principalmente representadas por especies de gusanos poliquetos *Glycera americana* y *Diopatra obliqua* (carnívoros mandíbulados discretamente móviles), poliquetos de la familia Syllidae, Polynoidae, Lumbrineridae, *Nereis dorsolobata* y *Nephtys ferruginea* (carnívoros mandíbulados móviles), los depositóras superficiales tentaculados *Paraprionospio pinnata*, *Prionospio (Aquislapio) peruana*, *Magelona* sp., *Rhynchospio* sp. y *Spiophanes bombyx*, los poliquetos depositóras superficiales móviles no mandíbulados de la familia Paraonidae, el poliqueto excavador móvil no mandíbulado de la familia Orbiinidae *Haploscoloplos kerguelensis chilensis* y las especies de hábitos depositóras excavadores discretamente móviles *Nassarius gayi*, *Betaeus truncatus*, Nemertinos, Anfípodos de la familia Phoxocephalidae y megalopas de brachyuros. En tanto, para el período después del EN 1997–1998 se presentaron formas de alimentación del tipo suspensívoros representadas fundamentalmente por especies de moluscos pelecypodos *Ensis macha*, *Macoma inornata* y *Glycymeris ovatus*, especies depositóras excavadoras discretamente móviles *Nassarius gayi*, nemertinos y anfípodos y especies depositóras *Paraprionospio pinnata* y *Abarenicola affinis*.

En relación a lo expuesto anteriormente, se establece que la estructura comunitaria presentó cambios temporales de corto período, caracterizados principalmente por un aumento en general de los valores de diversidad específica (H') para el período durante EN 1997–1998, mayor riqueza de especies, altos valores de biomasa, y una composición trófica dominada fundamentalmente por formas de alimentación del tipo carnívoras y depositóras, en comparación al período después EN 1997–1998, en donde se registraron valores de diversidad específica más deprimidos, una menor riqueza de especies y biomasa, una composición trófica dominada por formas de alimentación del tipo

suspensívoras excavadoras y depositívoras principalmente y una notable abundancia y dominancia ecológica ejercida por los gusanos anélidos poliquetos.

Análisis de Ordenación

Los resultados obtenidos, sobre la base del análisis de ordenación de mínima distorsión espacial (nDMS) para el período durante EN 1997–1998 muestran que las comunidades bentónicas se estructuraron en 3 grupos principales. Un grupo representado por las estaciones E-1, E-3 y E-7, caracterizado por la similitud en composición de los poliquetos *Paraprionospio pinnata*, *Nephtys ferruginea* y *Haploscoloplos kerguelensis chilensis* y el molusco gastrópodo *Mitrella unifasciata*, el grupo conformado por la estación E-4 y E-5 caracterizado por la dominancia del poliqueto *Nereis dorsolobata*, el molusco gastrópodo *Nassarius gayi* y los crustáceos *Pagurus villosus* y Cumáceos de la familia Dyastilidae y el grupo conformado por la estación E-8 y E-9, caracterizado por la dominancia del poliqueto *Paraprionospio pinnata* y el molusco pelecypodo *Barbatia* sp., en tanto la estación E-6, no conformó un grupo bien definido. El valor de *stress* asociado a los 2 ejes dimensionales, fue de 0,0396786 indicando un muy buen nivel del ajuste del análisis de la información (Figura 5). Los resultados para el período después EN 1997–1998 muestran que las comunidades bentónicas se estructuraron nuevamente en 3 grupos principales, pero a diferencia del anterior, la similitud en composición de los grupos zoológicos está dominada fuertemente por la presencia de los gusanos anélidos poliquetos. Se observa un grupo conformado por las estaciones costeras E-1 y E-2, caracterizada por el poliqueto spionido *Paraprionospio pinnata*, el grupo conformado por las estaciones E-3, E-4 y E-5, caracterizadas por la dominancia de los poliquetos *Nephtys ferruginea*, *Haploscoloplos kerguelensis chilensis* y *Diopatra obliqua* y los moluscos gastrópodos *Nassarius gayi* y *Mitrella unifasciata*, y el grupo conformado por las estaciones más alejadas de la línea de costa, E-8 y E-9, caracterizadas por la presencia nuevamente del poliqueto *Paraprionospio pinnata* y los poliquetos de la familia Paraonidae, en relación a las estaciones E-6 y E-7 no conformaron grupos bien definidos. El valor de *stress* asociado a los 2 ejes dimensionales, fue de 0,0846076 indicando un muy buen nivel del ajuste del análisis de la información (Figura 6).

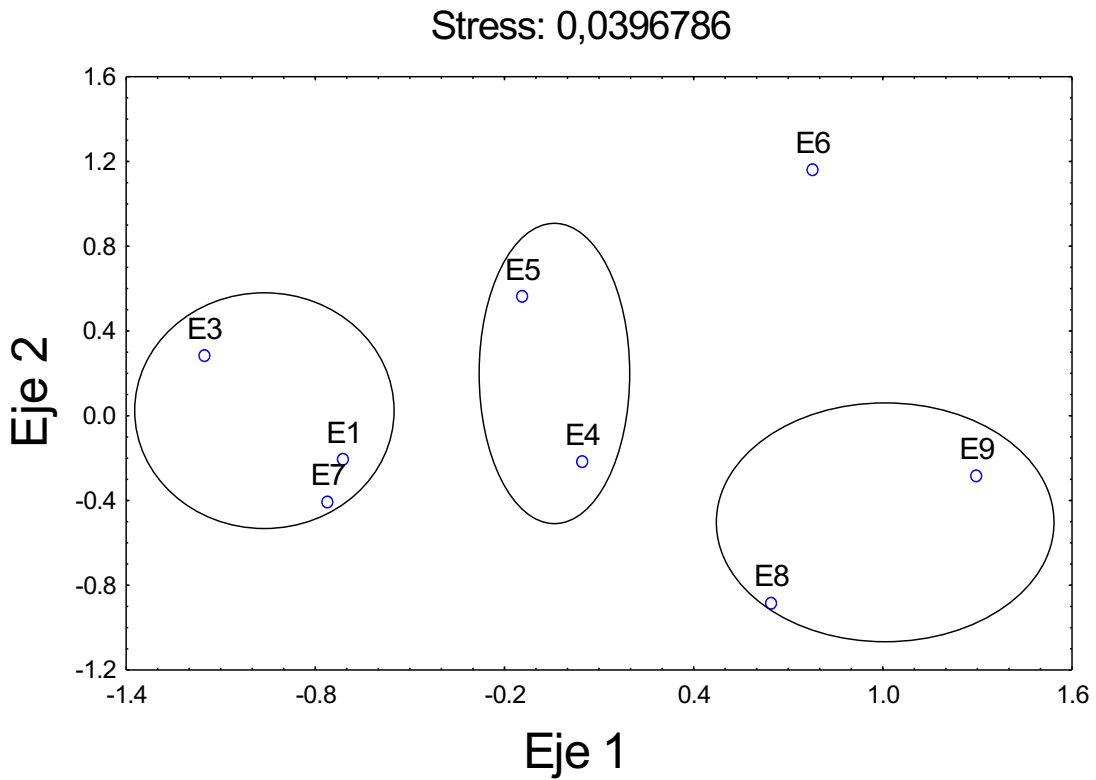


Figura 5. Ordenación en el espacio multidimensional de los datos de la fauna bentónica presentes en el período durante el EN 1997–1998, producto del análisis de mínima distorsión espacial (nDMS).

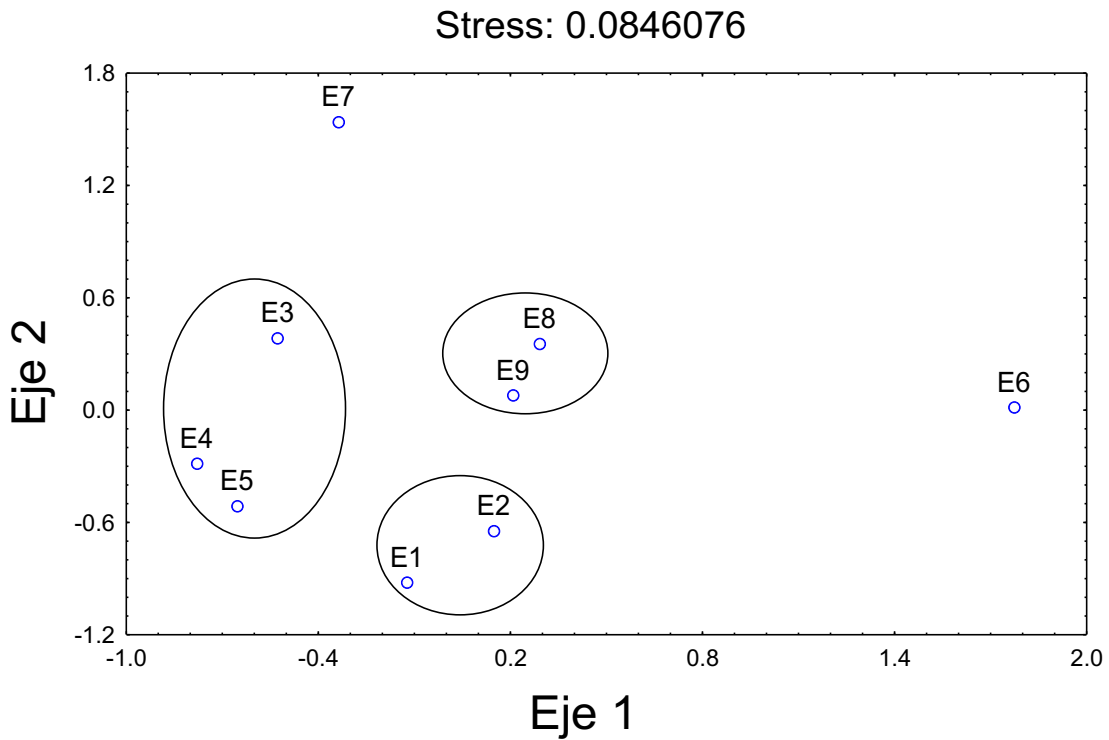


Figura 6. Ordenación en el espacio multidimensional de los datos de la fauna bentónica presentes en el período después del EN 1997–1998, producto del análisis de mínima distorsión espacial (nDMS).

Parámetros ambientales

Oxígeno y Temperatura de fondo

En relación a la concentración de oxígeno disuelto de fondo, se observó un incremento en sus valores durante EN 1997–1998, registrándose como valor máximo 5,5 ml O₂/l, focalizado en las estaciones más alejadas de la línea de costa, en cambio, para el período después del EN 1997–1998 la concentración de oxígeno disminuyó drásticamente alcanzando como valor máximo 3,2 ml O₂/l, también focalizado en las estaciones más profundas de la bahía (Figura 7). Además se observaron diferencias estadísticamente significativas (ANDEVA, $F_{cal}=12,72$ $P<0,05$) en la concentración de oxígeno disuelto entre el período durante y después del EN 1997–1998.

Las temperaturas suprayacentes de fondo registraron los mayores valores durante el período EN 1997-1998 con un valor máximo de 18,5°C asociadas al ingreso de aguas cálidas a la bahía, en tanto, para el período después del EN 1997–1998 se detectó una considerable disminución en la temperatura de fondo, registrándose un valor máximo de 13,5°C (Figura 7). A su vez se observó diferencias estadísticamente significativas (ANDEVA, $F_{cal}= 42,28$ $P< 0,05$) en las temperaturas de fondo entre ambos períodos de estudio.

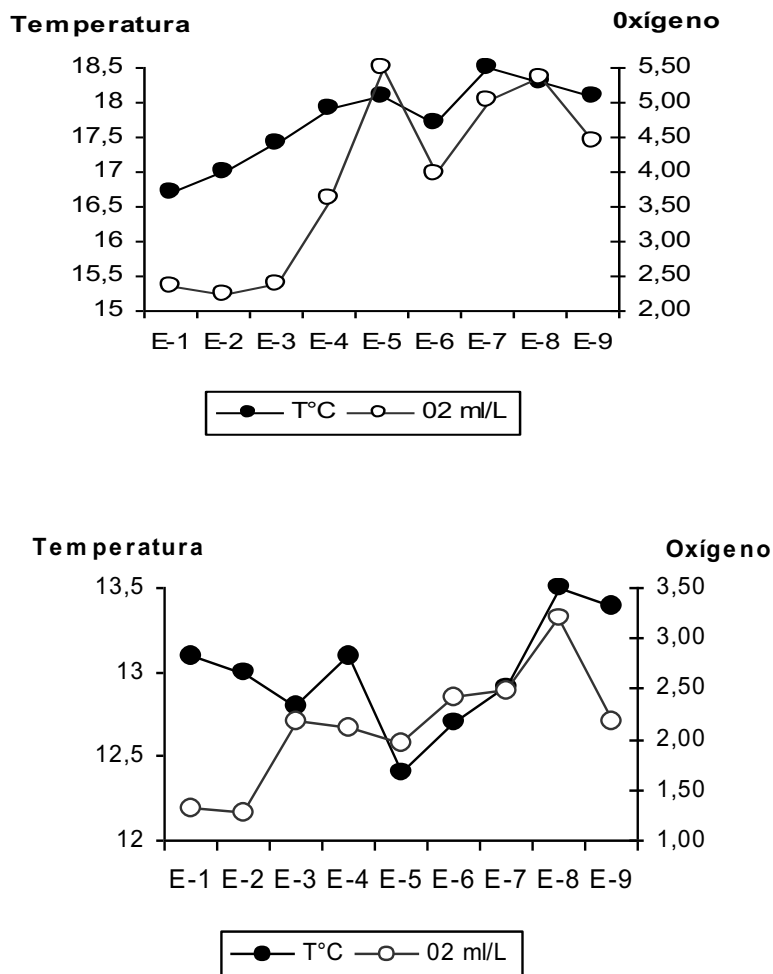


Figura 7. Valores registrados de oxígeno disuelto (ml/l) y temperaturas (°C) suprayacente de fondo para los períodos durante y después del ENOS 1997–1998, en Bahía Iquique, Chile.

Características granulométricas del sedimento

Los sedimentos presentes en Bahía Iquique para el período durante EN 1997-1998 se caracterizaron por estar constituidos principalmente por arena fina en las estaciones E-1, E-3, E-4 y E-5 y arena muy fina para las estaciones E-6, E-7, E-8 y E-9, con un rango de tamaño medio de partícula que varió entre 0,08 mm y 0,16 mm ($2,46 < \phi < 3,70$), observándose una clara disminución del tamaño medio del grano a medida que aumenta la batimetría de las estaciones (Figura 8).

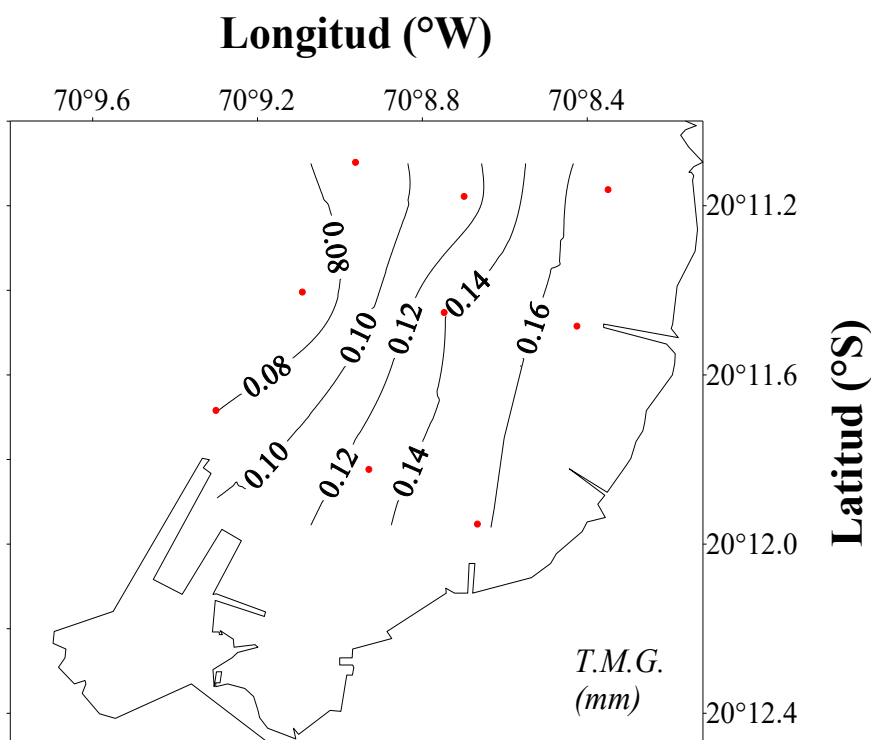


Figura 8. Distribución del tamaño medio del grano (TMG) en mm, en los sedimentos de Bahía Iquique, en el período durante el EN 1997-1998.

En relación a la clasificación del sedimento, las estaciones costeras E-1 y E-3 presentaron sedimentos pobremente seleccionados, con valores que fluctuaron entre 1,14 y 1,16, en tanto las estaciones más alejadas de la línea de costa E-4, E-5, E-6, E-7, E-8 y E-9 presentaron sedimentos moderadamente seleccionados, con un rango de desviación estándar gráfica inclusiva que varió entre 0,71 y 1,16 (Tabla VIII). Con respecto a la asimetría de los sedimentos, la totalidad de las estaciones presentaron una clasificación de fracciones simétricas, no observándose ningún predominio de fracciones gruesas o finas del sedimento, los valores fluctuaron entre $-0,11$ y $0,10$ (Tabla VIII). En relación a la kurtosis del sedimento, las estaciones costeras E-1 y E-3 presentaron una clasificación de fracciones muy platicúrticas, en donde los valores fluctuaron entre 0,46 y 0,50, en tanto las estaciones centrales de la bahía E-4, E-5 y E-6 presentaron una clasificación de fracciones de sedimentos mesocúrticas, los valores de Kurtosis oscilaron entre 0,90 y 0,97 y las estaciones más profundas E-7, E-8 y E-9 se clasificaron como fracciones de sedimentos leptocúrticas, con un rango de valores que varió entre 1,13 y 1,43 (Tabla VIII).

Limo-arcilla

Los porcentajes de las fracciones finas del sedimento limo-arcilla o fango para el período durante EN 1997-1998 presentaron en general bajos valores, detectándose los valores más altos en las estaciones más profundas E-7, E-8 y E-9, con valores que fluctuaron entre 2,23% y 3,26% (Tabla VIII). Con respecto al período después del EN 1997-1998, los sedimentos se caracterizaron nuevamente por estar constituidos por arena fina en las estaciones E-1, E-2, E-3, E-4 y E-5 y arena muy fina para las estaciones E-6, E-7, E-8 y E-9, con un rango de tamaño medio de partícula que varió entre 0,09 mm y 0,18 mm ($2,50 < \phi < 3,53$), observándose nuevamente la tendencia a la disminución del tamaño medio del grano a medida que aumenta la batimetría de las estaciones (Figura 9).

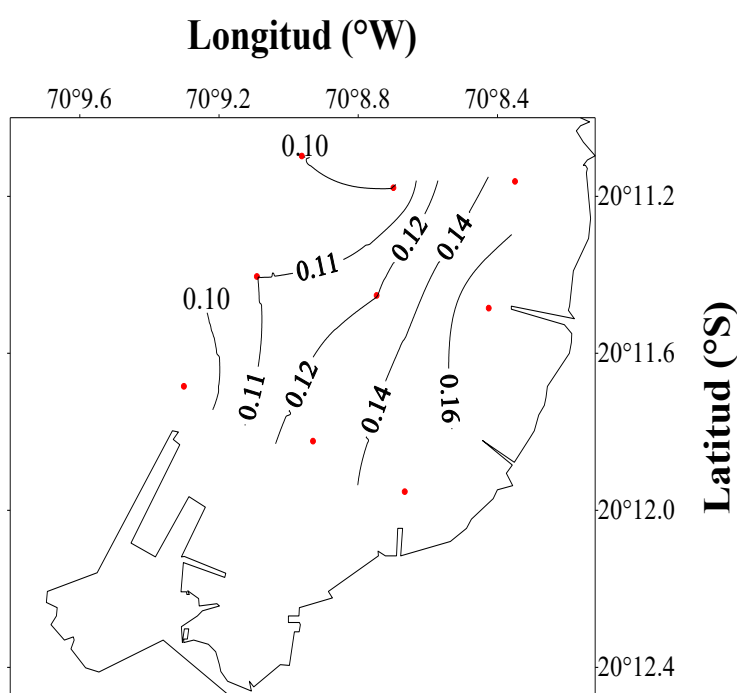


Figura 9. Distribución del tamaño medio del grano (TMG) en mm, en los sedimentos de Bahía Iquique, en el período después del EN 1997–1998.

En relación a la clasificación del sedimento, las estaciones E-1, E-4, E-5, E-7, E-8 y E-9 presentaron sedimentos moderadamente seleccionados, con valores que oscilaron entre 0,63 y 0,79, en tanto que las estaciones E-2 y E-6 presentaron sedimentos moderadamente bien seleccionados, con un rango de desviación estándar gráfica inclusiva que varió entre 0,61 y 0,84 (Tabla IX). Con respecto a la asimetría de los sedimentos, las estaciones E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 y E-6 presentaron una clasificación de fracciones simétricas con valores que fluctuaron entre $-0,10$ y $-0,02$, en tanto que las estaciones más profundas E-7, E-8 y E-9 presentaron fracciones de sedimentos gruesos asimétricos, con un rango que varió entre $-0,16$ y $-0,11$ (Tabla IX).

En relación a la Kurtosis, las estaciones costeras E-1 y E-2 presentaron una clasificación de fracciones muy platicúrticas, en donde los valores fluctuaron entre 0,44 y 0,47, en tanto que las estaciones E-3 y E-4 presentaron una clasificación de fracciones de sedimentos mesocúrticos, los valores de Kurtosis oscilaron entre 1,01 y 1,02, las estaciones E-5 y E-6 presentaron una clasificación de fracciones de sedimentos platicúrticos, con valores que fluctuaron entre 0,85 y 0,86, para las estaciones más profundas E-7, E-8 y E-9 las

fracciones de sedimentos se clasificaron como leptocúrticos, con un rango de valores que varió entre 1,11 y 1,45 (Tabla IX).

Limo-arcilla

Los porcentajes de las fracciones finas del sedimento limo-arcilla, presentaron bajos valores en relación con el período anterior, detectándose nuevamente los valores máximos en las estaciones más profundas de la bahía, con un rango que varió entre 1,18 % y 1,30 % (Tabla IX).

Tabla VIII. Parámetros granulométricos en escala (ϕ), calculados para las muestras de sedimentos de las 9 estaciones estudiadas en Bahía Iquique, durante EN 1997-1998. Se entregan los valores para el tamaño medio del grano (ϕ) y (mm), tipo de sedimento (Ts), la mediana (Md), sorting (ds), asimetría (Sk), kurtosis (B) y el porcentaje de limo-arcilla (F).

Estación	(ϕ)	(mm)	Ts	Md	ds	Sk	B	F
E-1	2,46	0,16	AF	2,46	1,16	-0,06	0,50	0,10
E-2	*	*	*	*	*	*	*	*
E-3	2,46	0,16	AF	2,46	1,14	-0,09	0,46	0,31
E-4	2,93	0,13	AF	2,93	0,74	-0,07	0,97	1,64
E-5	2,86	0,14	AF	2,86	0,71	-0,11	0,90	0,49
E-6	3,06	0,11	AMF	3,06	0,84	-0,03	0,94	2,24
E-7	3,40	0,10	AMF	3,40	0,82	0,10	1,27	3,26
E-8	3,92	0,08	AMF	3,92	0,79	-0,08	1,43	3,18
E-9	3,70	0,08	AMF	3,70	0,76	-0,04	1,13	2,23

AF: Arena fina, AMF: Arena muy fina, *: Sin información

Tabla IX. Parámetros granulométricos en escala (ϕ), calculados para las muestras de sedimentos de las 9 estaciones estudiadas en Bahía Iquique, después del EN 1997-1998. Se entregan los valores para el tamaño medio del grano (ϕ) y (mm), tipo de sedimento (Ts), la mediana (Md), sorting (ds), asimetría (Sk), kurtosis (B) y el porcentaje de limo-arcilla (F).

Estación	(ϕ)	(mm)	Ts	Md	ds	Sk	B	F
E-1	2,66	0,15	AF	2,66	0,72	0,10	0,47	0,35
E-2	2,50	0,18	AF	2,50	0,66	-0,03	0,44	0,12
E-3	2,73	0,15	AF	2,73	0,63	-0,06	1,01	0,29
E-4	2,90	0,13	AF	2,90	0,79	-0,02	1,02	0,44
E-5	2,90	0,13	AF	2,90	0,72	-0,06	0,85	0,56
E-6	3,26	0,10	AMF	3,26	0,61	-0,10	0,86	0,47
E-7	3,23	0,10	AMF	3,23	0,79	-0,13	1,11	1,29
E-8	3,16	0,11	AMF	3,16	0,71	-0,16	1,45	1,18
E-9	3,53	0,09	AMF	3,53	0,84	-0,11	1,16	1,30

AF: Arena fina, AMF: Arena muy fina

Materia Orgánica Total

Con respecto a los valores de materia orgánica total de los sedimentos registrados durante EN 1997–1998, los mayores porcentajes se encontraron en las estaciones E-1, E-6 y E-7, con 3,27%, 3,48% y 3,03% respectivamente, situadas al lado norte de la bahía, zona caracterizada por la ubicación del emisario submarino, que estaría contribuyendo con sus desechos domésticos a aumentar el % de materia orgánica en los sedimentos marinos (Figura 10); en tanto, los porcentajes de materia orgánica total registrados para el período después del EN 1997–1998, detectan un gradiente en la concentración a medida que aumenta la batimetría de las estaciones, cabe destacar que persiste la condición de influencia de sedimentos enriquecidos orgánicamente en las estaciones situadas al lado norte de la bahía, producto del emisario submarino (Figura 11). Por otro lado, no se observaron diferencias estadísticamente significativas (ANDEVA, $F_{cal}= 0,46$ $P> 0,05$) en el contenido de materia orgánica de los sedimentos entre el período durante y después del EN 1997–1998.

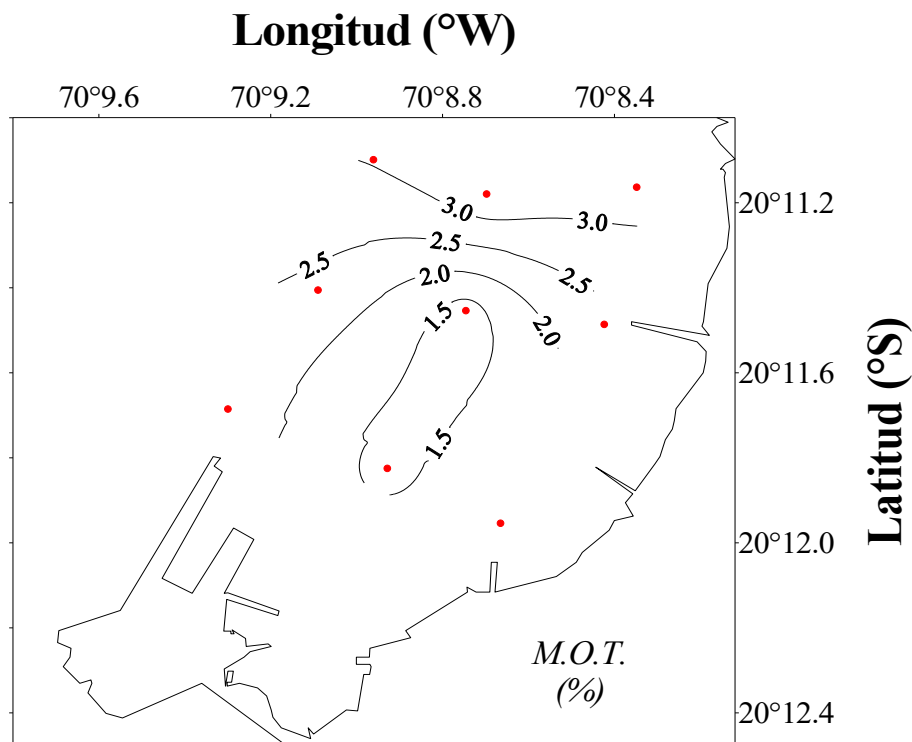


Figura 10. Distribución de la materia orgánica total (MOT) en %, en los sedimentos de Bahía Iquique, en el período durante EN 1997-1998.

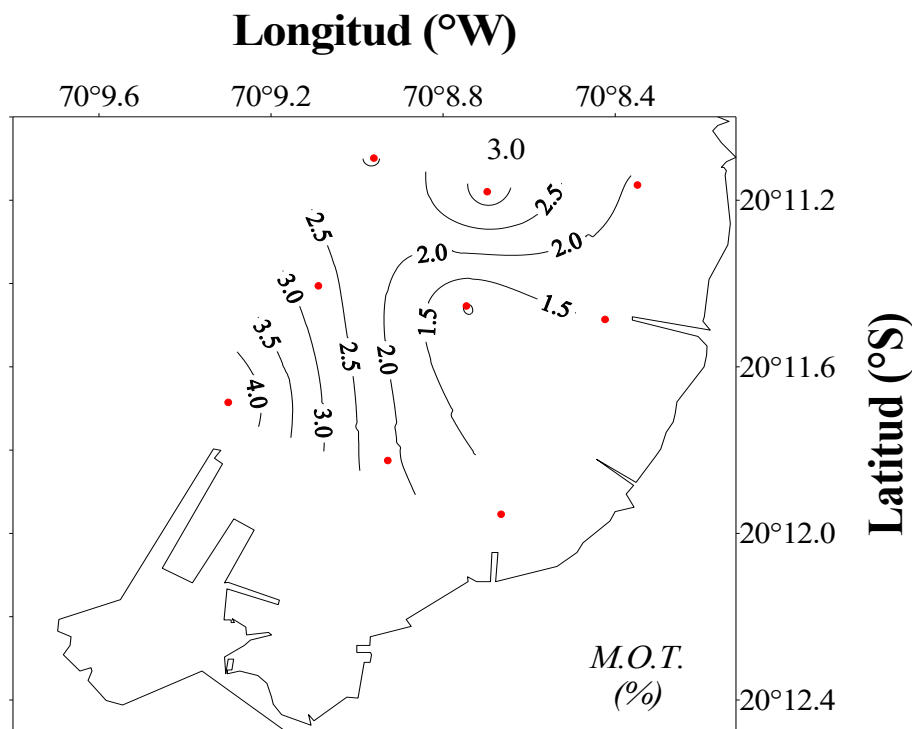


Figura 11. Distribución de la materia orgánica total (MOT) en %, en los sedimentos de Bahía Iquique, en el período después del EN 1997-1998.

Correlaciones de Spearman

Los resultados obtenidos a través del método de correlación de rangos de *Spearman* (r_s), ha permitido determinar que la variable ambiental que presentó la correlación más robusta con la estructura comunitaria para el período durante EN 1997-1998 fue el oxígeno disuelto de fondo, con un valor de “r” crítico de 0,687, $P= 0,05$, $df= n-2$, siendo significativo con la función de diversidad específica de Shannon-Wiener (Tabla X).

Tabla X. Resultados de las correlaciones de rangos de *Spearman* (r_s), entre los parámetros abióticos y los atributos comunitarios de la fauna bentónica presente en Bahía Iquique durante EN 1997-1998.

Atributos	TMG	MOT	O2	T°
TMG	1,000			
MOT	-0,323	1,000		
O2	-0,695	-0,193	1,000	
T°	-0,751	-0,217	0,480	1,000
S	-0,276	0,133	0,194	0,172
H'	-0,555	-0,140	0,687 (*)	0,641
H'máx	-0,422	0,056	0,337	0,366
J'	-0,206	0,264	0,006	0,067
D	-0,535	-0,050	0,438	0,430

Con respecto a los resultados obtenidos para el período después del EN 1997-1998 determinan que las variables ambientales que presentaron la correlaciones más robustas con la estructura comunitaria fueron el tamaño medio de partícula, el porcentaje de materia orgánica y el oxígeno disuelto de fondo, con un valor de “r” crítico de 0,666, P= 0,05, df= n-2, siendo significativo con la riqueza de especies, a su vez se observa que el tamaño medio de partícula y el oxígeno disuelto de fondo, se correlacionan significativamente con la equidad de las colecciones (Tabla XI).

Tabla XI. Resultados de las correlaciones de rangos de *Spearman* (r_s), entre los parámetros abióticos y los atributos comunitarios de la fauna bentónica presente en Bahía Iquique, en el período después del EN 1997-1998.

Atributos	TMG	MOT	O2	T°
TMG	1,000			
MOT	0,798(*)	1,000		
O2	0,675(*)	0,414	1,000	
T°	0,286	0,585	0,267	1,000
S	0,958(*)	0,728(*)	0,796(*)	0,219
H'	0,167	-0,146	0,421	-0,427
H'máx	0,453	0,105	0,655	-0,186
J'	0,686(*)	0,293	0,805(*)	-0,056
D	-0,244	0,067	-0,529	0,320

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos proporcionan los primeros antecedentes relacionados con la composición y estructura de la macroinfauna de los fondos blandos de la Bahía Iquique en condiciones durante y después del evento El Niño 1997–1998. Sin embargo, pese a que el estudio fue realizado en base a 2 muestreos estacionales, se puede establecer cambios temporales de corto período en la estructura comunitaria del macrobentos de estos fondos, los que podrían ser representativos de gran parte de las comunidades bentónicas presentes en la bahía, esto debido al amplio rango de distribución y dinámica de las masas de aguas presentes, que afectan a gran parte del litoral de la zona de estudio hasta el sur del Perú (Brandhorst, 1971; Arntz et al., 1991; Quiroga, 1998).

Las condiciones oceanográficas observadas en Bahía Iquique para el período durante y después del EN 1997–1998 se caracterizaron por presentar variaciones temporales en la temperatura de fondo y contenido de oxígeno disuelto, registrándose las mayores temperaturas y concentraciones de oxígeno en el período durante EN 1997–1998, asociado a la intrusión de aguas cálidas a la bahía, en tanto, en el período después EN 1997–1998 se registró la situación contraria, con bajos valores de temperatura de fondo y oxígeno disuelto, asociado al restablecimiento de los procesos de surgencias costeras semi-anóxicas propias del período de primavera en el norte de Chile (Romero & Garrido, 1985). Dichos patrones hidrográficos observados en la Bahía Iquique también concuerdan con los descritos por Arntz, (1986) y Tarazona et al., (1988a y 1988b, 1996) en áreas someras del sur de Perú afectadas por el evento EN 1982–1983 y fluctuaciones en el sistema de surgencias, lo cuál apoya lo observado en el presente estudio.

En relación a las abundancias observadas en Bahía Iquique, para el período durante y después del EN 1997–1998, se registró un total de 22.750 ind/m², aumentando el valor registrado por Quiroga (1998) para esta misma localidad (4530 ind/m²). Por otra parte, se estableció un notable incremento del número de especies determinadas para la Bahía Iquique, desde 39 unidades taxonómicas reportadas por Quiroga (1999a) a 70 especies registradas en el presente estudio, situación que se debe principalmente al diseño de muestreo extensivo–intensivo en el espacio realizado en el área de estudio y a las diferencias en las condiciones hidrográficas de los períodos analizados.

Con respecto a la composición faunística de la Bahía en el período durante EN 1997–1998, se caracterizó por presentar a los grupos zoológicos Polychaeta, Mollusca y Crustacea con las mayores abundancias relativas, patrón que también es observado en el norte de Chile por Ramorino & Muñiz (1970) para la Bahía de Mejillones y Zuñiga et al., (1983) para la Bahía de Mejillones del Sur, Tarazona et al., (1991) para la Bahía Ancón en el sur del Perú y la zona central de Chile por Carrasco & Gallardo (1994) y Carrasco & Gallardo (1995) que han establecido que el componente faunístico de estas localidades contendría los mismos elementos, caracterizándose por la dominancia, tanto en abundancia como biomasa de poliquetos, en tanto, para el período después del EN 1997–1998 se mantiene la misma composición faunística del período anterior, observándose que las mayores abundancias correspondieron a los grupos Polychaeta y Mollusca, mientras que se presentó una menor contribución por parte del grupo Crustacea, este patrón se correlaciona con los bajos valores oxígeno disuelto para este período de estudio, lo que probablemente estaría regulando la ocurrencia de este grupo en la bahía.

En ese sentido, el grupo zoológico de los anélidos poliquetos, registró las más altas abundancias en todo el período de estudio, destacando su más alto incremento en el período después del EN 1997–1998, observación ya confirmada por Knox (1977) sobre la preponderancia de Polychaeta en las comunidades de fondos blandos mundiales, esta situación también ha sido descrita para las costas peruanas, en diversos trabajos realizados por Tarazona et al., (1988a, 1988b, 1991, 1996), Arntz et al., (1991), Salzwedel et al., (1988), en la zona norte de Chile, para el sublitoral de Bahía Mejillones (Ramorino &

Muñiz, 1970), Bahía Mejillones del Sur (Zuñiga et al., 1983), en Punta Coloso, Antofagasta (Carrasco, 1997) y en la zona central de Chile, para el sublitoral de Bahía Valparaíso (Andrade et al., 1986; Rozbaczylo & Salgado, 1993), en Bahía Concepción (Gallardo et al., 1972; Carrasco, 1986; Carrasco & Gallardo, 1994; Carrasco & Gallardo, 1995; Carrasco, 1996), en Bahía San Vicente (Carrasco & Carbajal, 1995) y en el puerto pesquero de Talcahuano (Oyarzún et al., 1987). Con respecto a lo mencionado anteriormente, la especie de poliqueto perteneciente a la familia Spionidae *Paraprionospio pinnata*, destaca en forma particular para todo el período de estudio analizado, contribuyendo con las más altas abundancias registradas, ratificando a esta especie como un componente característico y estructurador de las comunidades bentónicas de zonas someras influenciadas por la Corriente de Humboldt en el Pacífico Suroriental (Zuñiga et al., 1983; Carrasco, 1986; Arntz et al., 1991; Rozbaczylo & Salgado, 1993; Carrasco & Gallardo, 1994; Carrasco & Gallardo, 1995; Gallardo et al., 1995; Carrasco, 1996; Carrasco, 1997, Quiroga et al., 1999a).

La fauna bentónica de Bahía Iquique, registró en el período durante EN 1997–1998, un valor de biomasa húmeda del orden de 112,63 g/0,1 m², los que se encontrarían directamente correlacionados con los altos valores de abundancia reportada para este período de estudio, siendo los crustáceos, moluscos y poliquetos los que contribuirían con las mayores biomásas, en tanto, para el período después del EN 1997–1998, se registró una notable disminución de los valores de biomasa alcanzando los 73,54 g/0,1 m², en donde el grupo de los moluscos y poliquetos contribuyeron con las mayores biomásas, este patrón se puede explicar probablemente a que los bajos valores observados de biomasa coincide con el cambio del régimen hidrográfico de aguas de la bahía, con bajas temperaturas y tenores de oxígeno disuelto de fondo registrados en este período de estudio, factores físico-químicos que estarían regulando las bajas biomásas registradas, esta situación también ha sido observada por Arntz & Rumohr (1986) para el Mar del Norte, Tarazona et al., (1988a, 1988b, 1996) y Arntz et al., (1991), para las costas del Perú.

Las comunidades macrobentónicas presentes en las áreas de afloramiento costero del norte de Chile y Perú se encuentran sujetas a hipoxias severas y permanentes, asociadas aperiódicamente a la fase cálida del ENOS (Arntz et al., 1991; Levin et al., 1991; Díaz & Rosenberg, 1995), el cuál favorece al ecosistema bentónico de estas zonas, debido al mejoramiento del oxígeno de fondo, lo que reflejaría cambios en la estructura de las comunidades, tanto en las abundancias, biomásas y diversidad (Tarazona et al., 1988a, 1988b, 1996), este patrón es similar a lo registrado en el presente estudio, observándose los mismos cambios para este período de estudio. Con respecto al período después del EN 1997–1998 (La Niña), se registró un cambio drástico en la composición y estructura comunitaria, observándose que la biota bentónica evidencia en general, una correlación significativa positiva entre el decrecimiento del contenido de oxígeno de fondo y la biomasa, patrón que también comparte el número de especies y la diversidad específica, encontrándose una alta dominancia ecológica de especies de poliquetos que se adaptan a las fuertes variaciones en las condiciones ambientales, probablemente debido a que estos poseen estrategias de vida del tipo oportunista y mecanismos adaptativos y morfológicos que posibilitan una mayor superficie de intercambio de oxígeno (Carrasco, 1986; Quiroga et al., 1999a).

Al respecto Arntz, (1986) señala que las respuestas de las comunidades bentónicas durante los ENOS dependerían de factores como el aumento de la velocidad de las corrientes de fondo, debido a las diferencias de las temperaturas, la topografía costera, los ciclos de surgencias y la cantidad de materia orgánica, lo que contribuiría a provocar modificaciones estructurales en la fauna bentónica, constituyendo un reflejo de comunidades controladas por procesos físicos (Pearson & Rosenberg, 1978; Tarazona et al., 1988). Los resultados del presente estudio concuerdan con estos postulados,

observándose que al comparar los valores de riqueza de especies y de diversidad específica calculados para los períodos durante y después del EN 1997–1998 eran significativamente diferentes, esto se establece por la heterogeneidad encontrada en la fauna de la bahía, tanto en formas zoológicas como en abundancia, lo que ratifica que las fuertes variaciones ambientales observadas y registradas para la bahía Iquique durante y después del EN 1997–1998 son responsables en gran medida de la estructuración de las comunidades bentónicas presentes en estos fondos marinos.

Lo anteriormente expuesto es reafirmado con los resultados entregados por el análisis de ordenación espacial para los períodos durante y después del EN 1997–1998, que permiten caracterizar los cambios observados en la estructura y composición de las colecciones faunísticas involucradas, situación que se fundamenta con el análisis del coeficiente de correlación de *Spearman*, que determinó que el oxígeno disuelto de fondo es la única variable que presenta una correlación estadísticamente significativa con la diversidad específica para el período durante EN 1997–1998, dicho resultado sugiere que los altos valores registrados para esta variable sería la responsable en la regulación de la alta ocurrencia de especies bentónicas encontradas en la bahía, situación similar a la descrita por Tarazona et al., (1988a y 1988b), para la bahía Ancón en Perú y Arntz et al., (1991) para las costas del Perú y Chile. En cambio, para el período después del EN 1997–1998 (La Niña), el coeficiente de correlación de *Spearman* determinó que prácticamente todas las variables medidas en este estudio (Tamaño del grano, M.OT. y O₂ disuelto) ejercieron una correlación significativa con la riqueza de especies, patrón que sugiere que la estructuración de las comunidades bentónicas de la bahía Iquique se encontraban bajo el control de las variables abióticas medidas, cabe destacar que los valores registrados de oxígeno disuelto de fondo fueron muy deprimidos con respecto al período anterior, lo que se apreció en la baja diversidad, abundancia y biomasa de organismos, situación también descrita por Arntz, (1981) para la macroinfauna del Mar Báltico y Rosenberg et al., (1983) frente a las costas del Perú.

La estructuración comunitaria analizada en el período durante el EN 1997–1998, en base a todos los análisis estadísticos efectuados, permitieron caracterizar a una comunidad con valores relativamente altos en el número de especies y de diversidad específica (H'), situación que es característica de comunidades influenciadas por eventos Niño en el Pacífico suroriental (Tarazona et al., 1996). En relación al período después del EN 1997–1998, la estructura comunitaria se caracterizó por presentar altas dominancias ecológicas y valores relativamente bajos de diversidad en comparación con la diversidad máxima teórica, situación que sería consecuencia directa del bajo número de especies presentes en la bahía en este período y al hecho que las altas dominancias ecológicas se deben fundamentalmente a las altas contribuciones numéricas de los poliquetos *Paraprionospio pinnata*, *Haploscoloplos kerguelensis chilensis*, *Diopatra obliqua*, poliquetos Paraonidae, *Prionospio peruana* y *Nephtys ferruginea* y el molusco gastrópodo *Nassarius gayi*. Este patrón de dominancia podría deberse al aumento de la cantidad de materia orgánica en los sedimentos como consecuencia de la alta producción primaria que ocurre en este período del año (Ahumada et al., 1991; Herrera & Merino, 1992; Morales et al., 1996), de esta manera el aumento de la cantidad de materia orgánica y de limo-arcilla (fango) registrados en los sedimentos de la Bahía Iquique, sería la fuente de alimento de la mayoría de estas especies detritívoras la que provocaría el incremento de la abundancia de sus poblaciones.

En este sentido, el tipo de alimentación de las comunidades macroinfaunísticas en condiciones durante EN 1997–1998 están representadas por formas depositívoras y carnívoras caracterizadas por poliquetos y moluscos gastrópodos (Quiroga et al., 1999b), esta situación es similar a lo registrado en el presente estudio al encontrarse una predominancia de estas formas de alimentación en la bahía. Cabe destacar que Tarazona et al., (1996) reportó el mismo comportamiento trofofuncional para las costas someras

del Perú, en cambio para el período después del EN 1997–1998, se observó que la macroinfauna de la bahía Iquique exhibió variaciones en el tipo de alimentación caracterizadas por la predominancia de suspensívoros y detritívoros excavadores, las que estarían asociadas al incremento de los valores de materia orgánica y fango registrados en los sedimentos para este período de estudio. Estas variaciones tendrían un efecto sobre la estructura de la comunidad a través de las interacciones biológicas, como depredación, competencia y migraciones (Dayton, 1984; Tarazona et al., 1988a), que en conjunto con los parámetros físico-químicos, ocasionaría acelerados cambios en la composición faunística a través de los estadios de la sucesión ecológica (Díaz & Rosenberg, 1995; Rumohr et al., 1996; Quiroga et al., 1999b), este postulado se estaría cumpliendo en el presente estudio, al comprobarse cambios temporales en un lapso de corto plazo (6 meses de diferencia entre cruceros analizados) en la composición y estructura de las comunidades macrobentónicas que pueblan los fondos de la Bahía Iquique en el norte de Chile.

Estas características dan como resultado la conformación de comunidades sometidas a fuertes disturbios ambientales producto del EN 1997–1998, las cuáles se encontraron constituidas por ensambles bien definidos para cada período de estudio analizado. Similar situación ha sido descrita por Tarazona et al., (1991), para las bahías de Ancón e Independencia, quienes señalaron que la estructura de las comunidades presentes en estas localidades estuvieron conformadas por grupos faunísticos definidos, caracterizados por la influencia del evento El Niño 1982–1983. En este sentido, Arntz et al., (1991) y Gallardo et al., (1995) han señalado que la estructura de las comunidades bentónicas del Perú y el norte de Chile, exhiben un patrón de bajos valores de abundancia, biomasa, diversidad específica y altas dominancias ecológicas, conformando una organización comunitaria sencilla, características de estos ecosistemas hipóxicos, a su vez cuando estas comunidades experimentan fuertes fluctuaciones ambientales como los eventos Niño, serían dependientes de la magnitud del impacto y su persistencia en el tiempo, así como el grado de complejidad de las comunidades, siendo la composición de especies y los estilos de vida un factor relevante en el carácter euritópico de estas (Díaz & Rosenberg, 1995; Quiroga et al., 1999b), lo cuál se reflejaría en una rápida recuperación de la estructura frente a estos rigurosos cambios ambientales. Las observaciones registradas en este estudio para los períodos durante y después del EN 1997–1998, concuerdan con lo descrito por estos autores para estos ambientes marinos, lo que reafirma que las comunidades bentónicas se encontrarían fuertemente adaptadas al control permanente de estos procesos (Pearson & Rosenberg, 1978; Tarazona et al., 1988). Esto se puede observar claramente al comparar lo reportado por Quiroga et al., (1999b) para el período antes y durante EN 1997–1998 y el presente estudio para la Bahía Iquique, registrándose que el bentos sufrió variaciones en su estructura para cada período analizado, lo que permite proponer que las comunidades bentónicas de esta bahía, presentaron cambios similares a los registrados por Tarazona et al., (1988a, 1988b, 1996) para las costas someras del sur del Perú, lo que refleja la recuperación de la estructura al disminuir progresivamente el disturbio ambiental.

En relación a las características granulométricas de los sedimentos de Bahía Iquique para los períodos durante y después del EN 1997–1998, en base a los valores estadísticos sedimentarios calculados, permiten aseverar que el ambiente sedimentario corresponde a fondos blandos, prevaleciendo sedimentos de arena fina para las estaciones costeras y sedimentos constituídos por arena muy fina para las estaciones intermedias y profundas de la bahía, con presencia fangosa en estas últimas, además se observó la disminución del tamaño medio de partícula a medida que se incrementaba la profundidad. Estas características encontradas son similares a la reportada por Quiroga (1998) para esta misma localidad.

Los porcentajes de materia orgánica total de los sedimentos para el período durante EN 1997–1998, son sensiblemente menores a los determinados para el período después del EN 1997–1998, debido principalmente al efecto de este evento sobre la productividad primaria de la bahía, en tanto, la intensificación de las surgencias costeras semi-anóxicas para el período posterior al EN 1997–1998, provocarían un aumento de la productividad primaria, trayendo como consecuencia en un aumento de los valores del % de materia orgánica de los sedimentos, lo que explicaría los valores registrados en el presente estudio en la Bahía Iquique.

Finalmente, todos estos hechos permiten esbozar, los cambios registrados en una escala temporal de corto período, en los atributos de las comunidades bentónicas presentes en la Bahía Iquique, lo cuál permite considerar a este tipo de evento oceanográfico como un agente natural modificador y regulador de las comunidades marinas en bahías poco profundas de la plataforma continental en el norte de Chile.

CONCLUSIONES

- Los grupos zoológicos más representativos en abundancia numérica para ambos períodos estudio en la Bahía Iquique fueron Polychaeta, Mollusca y Crustacea, respectivamente, en tanto las mayores contribuciones en biomasa registradas para el período durante EN 1997–1998 correspondieron a Crustacea, Mollusca y Polychaeta y para el período después del EN 1997–1998 fueron Mollusca, Polychaeta y Anthozoa, respectivamente.
- La estructura de la macroinfauna bentónica presente en la Bahía Iquique en el período durante el EN 1997–1998, se caracterizó por presentar altos valores de riqueza de especies y diversidades específicas, en cambio, para el período después del EN 1997–1998, se caracterizó por presentar bajos valores en el número de especies y diversidades específicas, registrándose altas dominancias ecológicas ejercidas por los gusanos anélidos poliquetos.
- La conformación trofofuncional de la macroinfauna presente en los sedimentos de la Bahía Iquique durante EN 1997–1998 se caracterizó por estar representada por formas carnívoras y depositívoras, en cambio para el período después del EN 1997–1998 se caracterizó por la predominancia de formas suspensívoras y depositívoras.
- El área de Bahía Iquique, de acuerdo al examen granulométrico de sus sedimentos, presenta una estructura sedimentaria de arenas finas para las estaciones costeras y arenas muy finas para las estaciones centrales y profundas, con presencia de limo-arcilla o fango en estas últimas.
- Los valores de materia orgánica total de los sedimentos para el período durante EN 1997–1998 son sensiblemente menores a los registrados para el período después del EN 1997–1998, debido fundamentalmente a las diferencias hidrográficas imperantes para cada período de estudio en la Bahía Iquique.
- Del total de las variables abióticas medidas para el período durante y después del EN 1997–1998, se determinó al oxígeno disuelto de fondo como la variable que explica la estructura de la fauna bentónica presente en los fondos de la Bahía Iquique.
- Los resultados obtenidos, permiten proponer que las etapas durante y después del evento El Niño 1997–1998 las comunidades bentónicas del sublitoral de Bahía Iquique presentan variaciones temporales de corto período en sus atributos comunitarios, por lo tanto, la evidencia obtenida no rechaza la hipótesis de trabajo, la que permite sostener que este tipo de evento afecta y modifica la estructura de las comunidades bentónicas marinas presentes en estos fondos marinos.

REFERENCIAS

- Ahumada, R., P. Matrai & N. Silva. 1991. Phytoplankton biomass distribution and relationship to nutrient enrichment during an upwelling event off Concepción Bay, Chile. *Bol. Soc. Biol. Concepción* 62: 7-19.
- Ainley, D., W. Sydeman & J. Norton. 1995. Upper trophic level predators indicate interannual negative and positive anomalies in the California Current foodweb. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 188: 69-79.
- Alvial, A., R. Soto, E. Rodríguez & E. Oliva. 1982. Estudio de las corrientes marinas y del macrobentos en la Bahía de Iquique en el área comprendida entre Caleta Morro y Punta Piedra. Informe Técnico. Instituto Profesional de Iquique. 69 pp.
- Alvial, A. 1985. Programa de vigilancia del fenómeno El Niño en la zona norte de Chile, resultados y perspectivas. En: Taller Nacional Fenómeno El Niño 1982-83. *Invest. Pesq.* 32: 69-78.
- Anderson, R., A. Soutar & T. Johnson. 1992. Long-term changes in El Niño/Southern Oscillations: evidence from marine and lacustrine sediments. In: H. Díaz y V. Markgraf (Eds.) *El Niño historical and paleoclimatic aspects of the southern oscillations*. Cambridge University Press. pp. 420-433.
- Andrade, H., S. Gutiérrez & A. Salinas. 1986. Efectos del vertimiento de desechos orgánicos no tratados sobre la macroinfauna bentónica en un sector de la Bahía de Valparaíso (Chile). *Cienc. y Tec. del Mar* 10: 21-49.
- Arntz, W., L. Flores, M. Maldonado & G. Carbajal. 1985. Cambios en los factores ambientales, macrobentos y bacterias filamentosas en la zona del mínimo de oxígeno frente al Perú durante “El Niño” 1982-1983. En: W. Arntz, A. Landa y J. Tarazona (Eds.): “El Niño” su impacto en la fauna marina. *Bol. Inst. Mar. Perú Vol. Extraordinario*: 65-77.
- Arntz, W. & J. Valdivia. 1985. Visión integral del problema “El Niño”: Introducción. En: W. Arntz, A. Landa y J. Tarazona (Eds.): “El Niño” su impacto en la fauna marina. *Bol. Inst. Mar. Perú Vol. Extraordinario*: 5-10.
- Arntz, W. 1986. The two faces of “El Niño” 1982-83. *Meeresforschung* 31: 1-46.
- Arntz, W. & H. Rumohr. 1986. Fluctuations of benthic macrofauna during succession and in an established community. *Meeresforschung Reports of Marine Research* 31: 97-114.
- Arntz, W., J. Tarazona, V. Gallardo, L. Flores & H. Salzwedel. 1991. Benthos communities in oxygen deficient shelf and upper slope areas of the Peruvian and Chilean Pacific coast, and changes caused by El Niño. In: *Modern and Ancient Continental Shelf Anoxia Geological Society Special Publication* 58: 131-154.
- Arntz, W. 1999. El fenómeno “El Niño” y sus implicancias sobre el ambiente marino. Conferencia Magistral. En: *Libro de Resúmenes del XIX Congreso de Ciencias del Mar*. Pág. 51.
- Barber, R. & R. Smith. 1981. Coastal Upwelling Ecosystem. In: A. Longhurst (ed.) *Analysis of Marine Ecosystems*. Academic Press. pp. 31-68.
- Brandhorst, W. 1971. Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. *Rev. Biol. Mar.* 14(3): 45-84.
- Buchanan, J. & J. Kain. 1984. Sediment Analysis. In: *Methods for the Study of Marine Benthos*. Ed. N. Holme and A.D. McIntyre. *IBP Handbook* 16. pp: 41-65.
- Burd, B., A. Nemec & R. Brinkhurst. 1990. The development and application of analytical methods in benthic marine infaunal studies. *Advance in Marine Biology* 26: 169-247.

- Carrasco, F.D. 1986. Conjuntos faunísticos de anélidos y sus variaciones temporales en el macrobentos de la Bahía de Concepción, Chile. Tesis Magíster en Ciencias c/m en Zoología. Universidad de Concepción, Chile. 79 pp.
- Carrasco, F. D. & V. Gallardo. 1989. La contaminación marina y el valor de la macroinfauna bentónica en su evaluación y vigilancia: casos de estudio en el litoral de Concepción, Chile. *Biología Pesquera* 18: 15-27.
- Carrasco, F.D. & V. Gallardo. 1994. Diversidad, distribución y abundancia del macrobentos sublitoral y observaciones sobre la dinámica temporal de corto término de los sedimentos de la Bahía Concepción, Chile. *Gayana Oceanol* 2(2): 49-68.
- Carrasco, F.D. & V. Gallardo. 1995. La macrofauna del sublitoral arenoso del Golfo de Arauco, Chile: alta afinidad faunal del conjunto bentónico asociado. *Gayana Oceanol* 3(2): 53-73.
- Carrasco, F.D. & W. Carbajal. 1995. Enriquecimiento orgánico de los sedimentos y el tamaño de los organismos macrobentónicos de la Bahía de San Vicente, Chile Central. *Gayana Oceanol* 3(2): 89-98.
- Carrasco, F.D. 1996. Dinámica y vigilancia del macrobentos marino sublitoral sometido a contaminación: El caso de Bahía Concepción, Chile. Tesis Doctor en Ciencias c/m en Zoología. Universidad de Concepción, Chile. 175 pp.
- Carrasco, F.D. 1997. Sublittoral macrobenthic fauna off Punta Coloso, Antofagasta, northern Chile: high persistence of the polychaete assemblage. *Bulletin of Marine Science* 60: 443-459.
- Copin-Montegut, C. & P. Raimbault. 1994. The peruvian upwelling near 15° S in august 1986. Results of continuous measurements of physical and chemical properties between 0 and 200 m depth. *Deep-Sea Research I* 41(3): 439-467.
- Crowley, P. 1992. Resampling methods for computation-intensive data analysis in ecology and evolution. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 23: 405-447.
- Dayton, P. (1984). Processes structuring some marine communities: are they General?: In: Strong, Dr, Jr., D. Simberloff, L. Abele & A. Thistle (eds.). *Ecological communities: conceptual issues and the evidence.* pp. 181-197.
- Díaz, R. & R. Rosenberg. 1995. Marine benthic hypoxia. a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanographic and Marine Biology: an Annual Review* 33: 245-303.
- Enfield, D. 1992. Historical and Prehistorical overview of El Niño/Southern Oscillation. En: H. Díaz y V. Markgraf (Eds.). *El Niño Historical and Paleoclimatic aspects of the Southern Oscillations.* Cambridge University Press. pp. 95-117.
- ERFEN. 1983. Estudio regional del fenómeno El Niño. *Boletín* N°6: 16 pp.
- Escribano, R., A. Ulloa, S. Hormazábal & P. Hidalgo. 1999. Efectos biológicos positivos de El Niño 1997-98 en el ecosistema de Surgencia del Pacífico Sur-Este. Libro de Resúmenes del XIX Congreso de Ciencias del Mar. Pág. 105.
- Fiedler, P. & V. Philbrick. 1991. Oceanic upwelling and productivity in the Eastern Tropical Pacific. *Limnol. Oceanogr.* 36 (8): 1834-1850.
- Field, J., K. Clarke & R. Warwick. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8: 37-52.
- Figueroa, D. & M. Sobarzo. 1998. Efectos físicos del fenómeno El Niño 1997 sobre el área de surgencia frente a Antofagasta, Chile. Libro Resúmenes XVIII Congreso de Ciencias del Mar. Pág.126.
- Flores, M. 1999. Los eventos ENSO 97-98 (El Niño) y 98-99 (La Niña) en el Pacífico sudeste: Una expresión de la variabilidad climática. Conferencia: Libro de Resúmenes VIII COLACMAR, Trujillo, Perú. Pág.1.
- Folk, R. & W. Ward. 1957. Brazos river bar, a study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petrol.* 27: 3-26.

- Fuenzalida, R. 1985. Aspectos oceanográficos y meteorológicos de El Niño 1982-83 en la zona costera de Iquique. En: Taller Nacional Fenómeno El Niño 1982-83. Invest. Pesq. 32: 47-52.
- Fuenzalida, R. 1990. Variabilidad temporal de un índice de surgencia para la zona de Iquique (Lat. 20°S). Invest. Cient. y Tec., Serie: Ciencias del Mar 1: 37-47.
- Fuenzalida, R. 1992. Proceso de surgencia en la región norte de Chile, latitudes 20°30'S–21°45'S. Invest. Cient. y Tec. Serie: Ciencias del Mar 2: 79-104.
- Fuenzalida, R. 1999a. Eventos oceanográficos y meteorológicos durante el Evento El Niño 1997-98, en la zona de Iquique (20°S). En: Seminario Taller: Impacto de los Eventos “El Niño Oscilación del Sur” sobre la Diversidad Biológica de América Latina. Resumen Pág. 11
- Fuenzalida, R. 1999b. Eventos oceanográficos y meteorológicos durante el Evento El Niño 1997-98, en la zona de Iquique (20°S). Invest. Cient. y Tec. Serie: Ciencias del Mar (*en prensa*).
- Gallardo, V. 1961. Principios y métodos en el estudio cuantitativo de las comunidades bentónicas animales del sublitoral. Tesis para optar al Título de Profesor de Estado. Universidad de Concepción. 89 pp.
- Gallardo, V. 1963. Notas sobre la densidad de la fauna bentónica sublitoral del norte de Chile. Gayana (Zool)10: 3-15.
- Gallardo, V., J. Castillo & L. Yáñez. 1972. Algunas consideraciones preliminares sobre la ecología bentónica de los fondos sublitorales blandos en la Bahía Concepción. Bol. Soc. Biol. Concepción 44: 169-190.
- Gallardo, V. 1977. Large benthic microbial communities in sulfide biota under Perú-Chile subsurface countercurrent. Nature 268: 331-332.
- Gallardo, V. 1979. El bacteriobentos de la plataforma continental de la costa Sur-occidental de Sudamérica: Un Reciente Descubrimiento. In: Memorias del Seminario sobre Ecología Bentónica y Sedimentación de la Plataforma Continental del Atlántico Sur. pp. 259-267.
- Gallardo, V. 1985. Efectos del fenómeno de “El Niño” sobre el bentos sublitoral frente a Concepción, Chile. In: El Niño y su impacto sobre la fauna marina. Boletín Instituto del Mar del Perú (Special Issue): 79-85.
- Gallardo, V., F. Carrasco, R. Roa & I. Cañete. 1995. Ecological patterns in the benthic macrobiota across the Continental shelf off central Chile. Ophelia 40: 167-188.
- Glantz, M. 1998. Corrientes de cambio: el impacto de “El Niño” sobre el clima y la sociedad. Cambridge University Press. 141 pp.
- Gray, J.S. 1981. The ecology of marine sediments. Cambridge University Press, Cambridge. 185 pp.
- Guillén, O., N. Lostaunau & M. Jacinto. 1983. Características del Fenómeno “El Niño” 1982-83 (Versión abreviada: IX Congreso Latinoamericano de Zoología). Arequipa, Perú.
- Herrera, L & C. Merino. 1992. Composición específica y abundancia relativa del fitoplancton del norte de Chile en 1989. Invest. Cient. y Tec. Serie: Ciencias del Mar 2: 31-55.
- Jaksic, F. & R. Medel. 1987. El acuchillamiento de datos como método de obtención de intervalos de confianza y de prueba de hipótesis para índices ecológicos. Medio Ambiente 8(2): 95-103.
- Jaramillo, E., F. Carrasco, P. Quijón, M. Pino & H. Contreras. 1998. Macroinfauna bentónica en la costa del norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 459-478.
- Knox, G.A. 1977. The role of polychaetes in benthic soft-bottom communities. In: D.J. Reish and K. Fauchald (eds.) Essays on Polychaetous Annelids in Memory of Dr. Olga Hartman. Allan Hancock Foundation, Los Angeles, U.S.A. pp. 547-604.

- Legendre, L. & P. Legendre. 1979. *Ecologie Numerique*. Vol.2. La structure des données écologiques. Masson, Paris & Presses de l' Université du Quebec. 254 pp.
- Levin, L., C. Hugget, K. Wishner. 1991. Control of deep-sea benthic community structure by oxygen and organic matter gradients in the eastern Pacific Ocean. *Journal of Marine Research* 49: 763-800.
- Ludwing, J. & J. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology. A Primer on Methods and Computing*. A Wiley- Interscience Publication. John Wiley & Sons. 337 pp.
- Manly, B. 1994. *Randomization and Montecarlo methods in Biology*. 281 pp.
- Mardones, E. & O. Silva. 1985. Variables climáticas en el norte de Chile durante el Fenómeno El Niño 1982-83. En: Taller Nacional Fenómeno El Niño 1982-83. *Invest. Pesq.* 32: 37-46.
- McCarthy, J., C. Garside, J. Nevins & R. Barber. 1996. New production along 140° W in the Ecuatorial Pacific during and following the 1992 El Niño Event. *Deep-Sea Research II* 43: 1065-1093.
- Mejía, J., L. Flores & G. Segura. 1971. Exploración sobre recursos costeros y recursos demersales: Crucero 7104-B/I SNP. IMARPE. Serie de Informes Especiales: IM-88: 1-35.
- Morales, C., J. Blanco, M. Braun, H. Reyes & N. Silva. 1996. Chlorophyll-a distribution and associated oceanographic condition in the upwelling region off northern Chile during the winter and spring 1993. *Deep- Sea Research* 43(3): 267-289.
- Moreno, R. 1998. Caracterización taxocenótica de la estructura comunitaria del macrozoobentos presente en los fondos blandos sublitorales frente al Muelle de la Pesquera Coloso en Bahía Iquique (20°11'S; 70°09'W), en el Período de Invierno. Seminario de Investigación para optar al Grado Académico de Licenciado en Ciencias del Mar. Departamento de Ciencias del Mar, Universidad Arturo Prat, Iquique. 46 pp.
- Morita, R., R. Iturriaga & V. Gallardo. 1981. *Thioploca*: methylotroph and significance in the food chain. *Kieler Meeresforsch. Sonderh.* 5: 384- 389.
- Oyarzún, C., F.D.Carrasco & V. Gallardo. 1987. Some characteristic of macrobenthic fauna from the organic-enriched sediments at Talcahuano, Chile. *Cah. Biol. Mar.* 28: 429-446.
- Pearson, T. & R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic sucesion in relation to organic enrichment and pollution of the marine enviroment. *Oceanogr. Marine Biological: an Annual Review* 16: 229-311.
- Philander, G. 1990. El Niño, La Niña and the Southern Oscillation. Academic Press. A series of monographs and textbooks. R. Dmowska and J. Holton (Eds.) *International Geophysics Series* 46: 1-283.
- Pielou, E. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.* 13: 131-144.
- Pielou, E. 1984. *The Interpretation of Ecological Data. A Primer on Clasification and Ordination*. A Primer on Methods and Computing. A Wiley- Interscience Publication. John Wiley & Sons. 263 pp.
- Postma, A. 1954. Hydrography of the Derchtwadden Sea. *Arch. Needrl. Zool.* 10: 405-511.
- Quiroga, E. 1998. El rol de los poliquetos espionidos en la estructura comunitaria y su distribución batimétrica y temporal en el macrobentos sublitoral de los fondos blandos de Bahía Iquique (20°11'S; 70°10'W). Tesis para optar al Título de Biólogo Marino. Depto. Ciencias del Mar, Universidad Arturo Prat, Iquique. 61 pp.

- Quiroga, E., R. Soto & N. Rozbaczylo. 1999a. Los poliquetos espionidos (Polychaeta: Spionidae) y su importancia en la estructura de una comunidad: Un caso de estudio en Bahía Iquique, Norte de Chile (20°11'S; 70°10'W). *Gayana* 63(1): 1-16.
- Quiroga, E., R. Soto, V. Gallardo & M. Baltazar. 1999b. Comunidades bentónicas sublitorales de fondos blandos en cuatro áreas costeras del norte de Chile antes y durante El Niño 1997-1998. Libro de Resúmenes VIII COLACMAR, Trujillo, Perú. 771-772.
- Ramorino, A. & L. Muñiz. 1970. Estudio cuantitativo general sobre la fauna del fondo de la Bahía Mejillones. *Rev. Biol. Mar.* 14(2): 79-93.
- Romero, H. & A. Garrido. 1985. Influencias genéticas del fenómeno El Niño sobre los patrones climáticos de Chile. 19-35. En: Taller Nacional Fenómeno El Niño 1982-83. *Invest. Pesq.* 32: 19-35.
- Rosenberg, R., W. E. Arntz, E. Chumán de Flores, L.A. Flores, G. Carbajal, I. Finger & J. Tarazona. 1983. Benthos biomass and oxygen deficiency in the upwelling system off Peru. *J. Mar. Res.* 41: 263-279.
- Rowe, G.T. 1985. Benthic production and processes off Baja California, northwest Africa and Perú: a classification of benthic subsystems in Upwelling Ecosystems. In: *Int. Symp. Upw. W. Afr., Inst. Inv. Pesq.* (2): 589-612.
- Rozbaczylo, N & P. Salgado. 1993. Poliquetos spionidae de fondos blandos submareales de la Bahía Valparaíso, Chile (Annelidae: Polychaeta). *Estud. Oceanol.* 12: 17-28.
- Rumohr, H., E. Bonsdorff & T. Pearson. 1996. Zoobenthic succession in Baltic sedimentary habitats. *Arch. Fish. Mar. Res.* 41: 179-214.
- Rutllant, J. 1985. Algunos aspectos de la influencia climática, a nivel mundial y regional, del fenómeno El Niño. En: Taller Nacional Fenómeno El Niño 1982-83. *Invest. Pesq.* 32: 9-17.
- Rutllant, J. P. Aceituno & A. Montecinos. 1992. Análisis comparativo de aspectos atmosféricos para los eventos de El Niño/Oscilación del Sur de 1982-83, 1986-87 y 1991-92. *Invest. Pesq.* 37: 45-54.
- Salzwedel, H., L. Flores, Chuman de Flores, E. Zafra & G. Carbajal. 1988. Macrozoobentos del sublitoral Peruano antes, durante y después de El Niño 1982-83. In: Salzwedel, H. & A. Landa. (eds.) Recursos y dinámica del ecosistema de Afloramientos. *Boletín Instituto del Mar del Perú (Special Issue):* 77-98.
- Sharp, G. 1992. Fishery catch records, El Niño/Southern Oscillation, and longer-term climate change as inferred from fish remains in marine sediments. En: H. Díaz y V. Markgraf (Eds.) *El Niño Historical and Paleoclimatic aspects of the Southern Oscillations.* Cambridge University Press. pp. 379-418.
- Silva, N. & H. Sievers. 1981. Masas de agua y circulación en la región de la rama costera de la corriente de Humboldt latitudes 18°S-33°S (Operación Oceanográfica MarChile X – ERFEN I). *Cienc. y Tec. del Mar* 5: 5-50.
- Smith, R., B. Bernstein & R. Cimberg. 1988. Community-environmental relationships in the benthos: applications of multivariate analytical techniques. In: D. Soule & G. Kleppel (Eds.). *Marine Organisms as Indicator.* Springer-Verlag, New York. pp. 247-326.
- Sokal, R. & J. Rohlf. 1981. *Biostatistics.* 2^{ed}. W.H. Freeman and Company / New York. U.S.A. 363 pp.
- Soto, R. 1985. Efectos del fenómeno El Niño 1982-83 en ecosistemas de la I Región. En: Taller Nacional Fenómeno El Niño 1982-83. *Invest. Pesq.* 32: 199-206.
- Steel, R. & J. Torrie. 1988. *Bioestadística. Principios y Procedimientos.* 2^{ed}. McGraw-Hill / Interamericana de México. 622 pp.

- Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1968. A practical handbook of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 167: 1-311.
- Tarazona, J., W. Arntz, E. Canahuire, Z. Ayala & A. Robles. 1985. Modificaciones producidas durante “ El Niño” en la infauna bentónica de areas someras del ecosistema de afloramiento Peruano. In: Salzwedel, H. & A. Landa. (eds.) Recursos y dinámica del ecosistema de Afloramientos. Boletín Instituto del Mar del Perú (Special Issue): 55-63.
- Tarazona, J. & W. Arntz. 1986. Bacterias filamentosas gigantes en fondos someros de la Bahía Ancón. Revista de Ciencias Universidad Nacional Mayor San Marcos (Lima) 74: 178-180.
- Tarazona, J., H. Salzwedel and W. Arntz. 1988a. Possitive effects of “El Niño” on macrozoobenthos inhabiting hypoxic areas of the Peruvian upwelling system. Oecología 76: 184-190.
- Tarazona, J., H. Salzwedel and W. Arntz. 1988b. Oscillations of macrobenthos in shallow waters of the Peruvian central coast induced by El Niño 1982-83. J. Mar. Res. 46: 593-611.
- Tarazona, J., E. Canahuire, H. Salzwedel, T. Jeri, W. Arntz & L. Cid. 1991. Macrozoobenthos in tho shallow areas of the Peruvian upwelling ecosystem. Estuarine and coast: spatial and temporal intercomparisons. Estuarine and coast Sciences Associations Symposium 19: 251-258.
- Tarazona, J., W. Arntz and E. Canahuire. 1996. Impact of two “El Niño” events of different Intensity on the hypoxic soft bottom macrobenthos off the Central Peruvian coast. Marine Ecology 17(1-3): 425-446.
- Thiel, H. 1978. Benthos in Upwelling Regions. In: Upwelling Ecosystem. Boje, R. and M. Tomczak. Springer Verlag, Berlin, Heilderberg, New York. pp. 124-138.
- Thorson, G. 1957. Bottom Communities (Sublitoral or Shallow Shelf). In: J.W. Hedgpeth (ed) “Treatise on Marine Ecology and Paleocology”. Geol. Soc. Amer. Mem. 67: 461-534.
- Wu, R. & J. Richards. 1981. Variations in the benthic community structure in a subtropical estuary. Mar. Biol. 64: 191-198.
- Zafra, A., H. Salzwedel & L. Flores. 1988. Distribución y biomasa de bacterias filamentosas (*Thioploca* spp.) en la costa norte del Perú durante 1976-1985. In: Salzwedel, H. & A. Landa. (Eds.) Recursos y dinámica del ecosistema de Afloramientos. Boletín Instituto del Mar del Perú (Special Issue): 99-105.
- Zuñiga, O., H. Baeza, & R. Castro. 1983. Análisis de la macrofauna bentónica del sublitoral de la Bahía de Mejillones del Sur. Estudios Oceanológicos 3(1): 41-62.
- Zar, J. 1984. Bioestatistical Analysis. Second Edition. Prentice- Hall. Inc. New Jersey. 718 pp.
- Zuta, S. 1972. “El Niño”. Revista de Estudios del Pacífico 5:27-42.