

Informe Final

**LINEA DE BASE BIOCEANOGRÁFICA – TERCERA CAMPAÑA
"PUERTO EN PUNTA TOTORALILLO"**



Preparado para:
COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A.
Pedro Pablo Muñoz 675
La Serena

Viña del Mar, 27 de julio de 2006

INFORME FINAL

**Línea de Base Bioceanográfica – Tercera Campaña
“Puerto en Punta Totoralillo”
COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A.**

Asesorias Ambientales Oikos Chile S.A.
RUT 96.854.970-7

Preparado por Sixto Gutiérrez S.
Revisado por Héctor Andrade V.
Solicitado por COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A.

OIKOS-28-2006

Viña del Mar, 27 de julio de 2006

INFORME FINAL

Línea de Base Bioceanográfica – Tercera Campaña
"Puerto en Punta Totoralillo"
COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A.

AUTORES

Sixto Gutiérrez S.
Héctor Andrade V.

SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO

Ramón Andrade C.

MUESTREO OCEANOGRAFICO

Patricio Guerrero S.

LABORATORIOS

Laboratorio de Toxicología Humana y Ambiental – U. de Playa Ancha

Cuantificación de analitos químicos en aguas y sedimentos

Laboratorio de Análisis Granulométricos – Oikos Chile

Análisis granulométricos

Laboratorio Húmedo de Invertebrados Bentónicos– Oikos Chile

Separación, identificación y recuento de macrofauna

INFORME FINAL

Línea de Base Bioceanográfica – Tercera Campaña "Puerto en Punta Totoralillo" COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A.

CONTENIDOS

RESUMEN

CAPITULO 1. INTRODUCCION

CAPITULO 2. COLUMNA DE AGUA

CAPITULO 3. SEDIMENTOS SUBMAREALES

CAPITULO 4. FITOPLANCTON

CAPITULO 5. ZOOPLANCTON

CAPITULO 6. MACROBIOTA DEL AMBIENTE INTERMAREAL ROCOSO

CAPITULO 7. MACROFAUNA DEL AMBIENTE SUBMAREAL BLANDO

CAPITULO 8. MACROFAUNA DEL AMBIENTE SUBMAREAL ROCOSO

CAPITULO 9. SINTESIS DE LA CONDICION AMBIENTAL BIOCEANOGRAFICA

Resumen
Línea de Base Bioceanográfica – Tercera Campaña
"Puerto en Punta Totalillo"

Resumen

Línea de Base Bioceanográfica – Tercera Campaña "Puerto en Punta Totalillo"

Este informe contiene los resultados, análisis y conclusiones derivadas de la ejecución de la tercera campaña bioceanográfica del estudio de línea base del Puerto en Punta Totalillo de la empresa Compañía Minera del Pacífico S.A. (CMP S.A.). Además, los resultados de la presente campaña, efectuada en enero de 2006, se comparan con los reportados con anterioridad (primera y segunda campañas).

Esta tercera campaña incluyó mediciones y análisis de muestras de columna de agua (Capítulo 2), sedimentos submareales (Capítulo 3), fitoplancton (Capítulo 4), zooplancton (Capítulo 5), macrobiota del intermareal rocoso (Capítulo 6), macrofauna submareal de fondos blandos (Capítulo 7) y macrobiota del submareal rocoso (Capítulo 8). Además, en el Capítulo 9 se proporciona una síntesis de la condición ambiental con los aspectos más relevantes de la presente campaña. Las principales conclusiones para esta tercera campaña bioceanográfica son las siguientes:

Columna de agua: Las variables básicas como son temperatura, pH, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto y transparencia, no evidencian señales que indiquen la ocurrencia de eventos anómalos. En comparación con los registros históricos, las condiciones de ventilación en estas aguas se mantienen deficitarias. La situación descrita para los hidrocarburos no difiere mayormente de la consignada para campañas anteriores. La mayoría de los metales disueltos cuantificados presentó niveles similares a los registrados en campañas anteriores. Sin embargo, el cobre, hierro y zinc presentaron mayores concentraciones asociadas con las aguas de fondo. Particularmente el hierro manifestó un fuerte descenso respecto de los niveles históricos. En este sentido, es importante mencionar que estas fluctuaciones temporales se están produciendo bajo condiciones completamente naturales y sin intervención antrópica.

Sedimentos submareales: se mantiene el predominio de arenas gruesas y medianas en su composición granulométrica, siendo la fracción biógena el principal componente de los granos en cuanto a su origen ("conchuela"); ello refleja que los fondos sedimentarios se encuentran bajo la influencia de un régimen hidrodinámico caracterizado por procesos erosivos y/o de transporte. Los contenidos de carbono orgánico fueron bajos, condición que ya había sido reportada en campañas anteriores. Los bajos contenidos de hidrocarburos totales revelaron señales de ausencia de contaminación por este tipo de compuestos. De los metales traza analizados, sólo el arsénico muestra signos de enriquecimiento al confrontarlos con contenidos naturales o con referentes extranjeros. Aunque los metales restantes mostraron variaciones en su distribución espacial y fluctuación temporal, estas oscilaciones responden a la variabilidad natural de contenidos basales no sometidos a la acción antrópica directa.

Fitoplancton: se registró una baja riqueza y diversidad de especies fitoplanctónicas en el área de estudio, existiendo un amplio predominio de las diatomeas sobre los dinoflagelados, con una evidente floración prácticamente monoespecífica de *Pseudo-nitzschia australis*.

Zooplancton: aunque se detectó diferencias estacionales entre ambas campañas (septiembre 2004 y marzo 2005) y la productividad marina de la época otoñal es generalmente más baja que la estival, se observó una estructura comunitaria zooplanctónica similar. Además, se registró una menor presencia de larvas de decápodos en ambos muestreos, si bien ésta se enmarca dentro del mismo orden de magnitud que el determinado en septiembre pasado. Por otra parte, y de acuerdo con los antecedentes disponibles, las aguas circundantes a punta Totoralillo no están dentro de las zonas consideradas como áreas de desove o crianza de peces que sustentan las grandes pesquerías de nuestro país.

Macrobiota del ambiente intermareal rocoso: este tipo de comunidades presentó una baja composición en especies, asociada con un bajo número de individuos y moderados a altos porcentajes de cobertura biótica dominados por una o dos especies de macroalgas. El intermareal rocoso aloja una estrecha franja biótica, en donde las macroalgas ocupan los niveles inferiores, mientras que los niveles superiores se hallan desnudos o con escasos ejemplares de macroinvertebrados. Los índices ecológicos demuestran que la macrobiota intermareal presenta una composición específica simple, asociada con una baja estructura y organización comunitaria. De acuerdo con la serie histórica disponible, la estructura comunitaria de la macrobiota muestra cambios perceptibles respecto de las campañas anteriores, los cuales se reflejan en una disminución de la mayoría de los índices ecológicos. Si bien los porcentajes de coberturas aumentaron en la mayoría de las transectas, éstos siguen siendo monopolizados por un reducido número de macroalgas.

Macrofauna del ambiente submareal rocoso: se caracterizó por el bajo número de especies e individuos, además de bajos porcentajes de cobertura biótica, lo que refleja la pobre estructuración y organización que poseen estas comunidades en el área. La única especie considerada como recurso hidrobiológico presente en el área fue *Lessonia nigrescens*. Los fondos submareales rocosos se hallan monopolizados por *Halopteris* sp., alga que en algunos sectores coloniza áreas importantes del sustrato rocoso. Los resultados hallados en esta segunda campaña confirman las conclusiones señaladas para la primera campaña, en el sentido que el área posee una baja diversidad biológica, relacionada probablemente con su régimen hidrodinámico (frente semiexpuesto) y a la presión de explotación a que históricamente han estado sometidos los recursos hidrobiológicos.



Línea de Base Bioceanográfica - Tercera Campaña

**"Puerto en Punta Totoralillo"
COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A.**

Capítulo 1 INTRODUCCION

En el presente informe se da a conocer los resultados, análisis y conclusiones derivadas de la tercera campaña de vigilancia bioceanográfica efectuada en el primer trimestre de 2006. Cabe señalar que los resultados de las dos primeras campañas fueron informados en contexto del proceso de evaluación del Estudio de Impacto Ambiental "Puerto en Punta Totoralillo", el que fuera aprobado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente de la Región de Atacama, bajo la Resolución Exenta N°070 del 31 de agosto de 2005.

Para la presentación de la información, este documento ha sido sistematizado en nueve capítulos. A continuación del primer capítulo, desde el segundo al octavo se analiza el estado de situación de cada una de las matrices ambientales cubiertas en este programa. Los Capítulos 2 y 3 están destinados a cubrir el ambiente físico (agua y sedimentos), mientras desde el cuarto al octavo se da cobertura a las comunidades planctónicas y bentónicas. En el noveno capítulo, se efectúa una síntesis de la condición actual del ecosistema, haciendo hincapié en aquellos aspectos ambientales que son relevantes para la futura fase de construcción y de operación del puerto en punta Totoralillo.

En la estructura del informe, se procuró que cada capítulo (segundo al octavo) tuviese características de autocontenido, es decir, dispone de una introducción, metodología resumida, interpretación de resultados, conclusiones y bibliografía.

Capítulo 2 COLUMNA DE AGUA

2.1. Introducción

En este capítulo se dan a conocer los resultados y conclusiones correspondientes a la tercera campaña de caracterización física y química de la columna de agua en punta Totalillo (comuna de Caldera). Los resultados obtenidos en esta oportunidad se comparan con los generados en las dos primeras campañas y con los valores máximos de concentración consignados en la Tabla N°3 de la Guía CONAMA (CONAMA, 2004).

2.2. Metodología

A fin de establecer comparaciones válidas, los procedimientos metodológicos de terreno y laboratorio fueron los estándares y no fueron modificados respecto a los descritos en informes anteriores. Las mediciones y toma de muestras se efectuó el 17 y 18 de enero de 2006.

La red de estaciones de muestreo fue posicionada mediante el uso de georreceptores satelitales (Garmin® mod. GPS 38) asistidos mediante el Sistema de Posicionamiento Global (Datum WGS84). En la Tabla 2.1 se indica la posición de los puntos de muestreo junto con la profundidad del fondo marino.

En los procedimientos de muestreo y manejo de las muestras se siguió las recomendaciones establecidas en las normas chilenas NCh 411/2.Of.96, NCh411/3.Of.96 y NCh 411/9.Of.97. Complementariamente, se recurrió a protocolos descritos por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), según recomienda la misma autoridad marítima.

Tabla 2.1. Posición y profundidad de las estaciones de muestreo de columna de agua visitadas en las dos campañas. Punta Totalillo, enero 2006.

Estación	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Profundidad (m)
CT-1	7.028.958	319.401	21
CT-4	7.028.810	319.575	22
CT-5	7.028.927	319.637	22
CT-7	7.029.707	320.178	18
CT-8	7.028.686	319.768	19

Datum WGS84, Huso 19

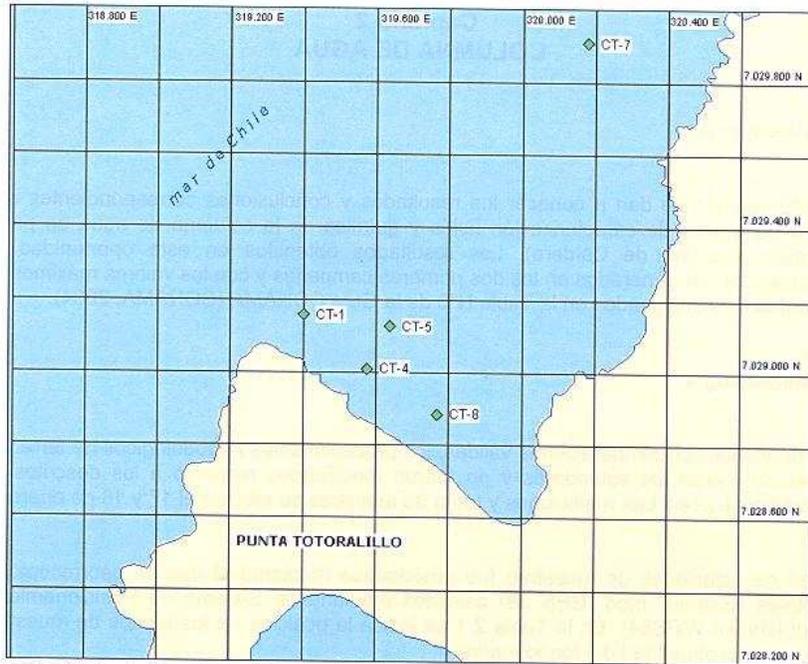


Figura 2.1. Red de estaciones de mediciones y obtención de muestras de agua. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

De igual modo que en las campañas anteriores, las muestras de agua fueron recolectadas desde el nivel superficial (a 0,5 m de la superficie del mar) y subsuperficial (a 1 m del lecho marino). Sólo los registros de temperatura se efectuaron a intervalos de 1 m de profundidad, desde la superficie al fondo de la columna de agua. En la Tabla 2.2 se identifica los parámetros medidos, procedimientos de preservación, análisis y límite de detección para aquellos casos que procede.

Las muestras de agua fueron analizadas en el Laboratorio de Toxicología Humana y Ambiental de la Universidad de Playa Ancha (LdT), que se encuentra acreditado bajo Norma Chilena ISO 17025.

En la graficación de las series de tiempo, el valor promedio se representa por el punto central, el error estándar por un "cajón" y el rango mínimo-máximo por la línea en forma de "T" que se proyecta a ambos lados del error estándar.

Tabla 2.2. Mediciones y parámetros físicos, químicos y microbiológicos cuantificados para la columna de agua. Se indica además procedimientos aplicados en terreno y en laboratorio.

Parámetro	Preservación	Análisis	LD
01. Temperatura	No	Medición directa: sonda termométrica	0,01 °C
02. Transparencia	No	Medición directa: disco Secchi	1 m
03. Oxígeno disuelto	No	Medición directa: oxígeno metro (electrometría)	0,1 mL/L
04. pH	No	Medición directa: pHmetro (potenciometría)	0,1 unidades
05. Sól. suspendidos	Refrigeración (4°C)	Standard Methods 2540-D	0,2 mg/L
06. HT	Refrigeración (4°C)	Fluonmetría	0,05 µg/L
07. Arsénico disuelto	Refrigeración (4°C)	Standard Methods 3500-As 3113 B	0,5 µg/L
08. Cadmio disuelto	Refrigeración (4°C)	TRL002-9802 B	0,5 µg/L
09. Cobre disuelto	Refrigeración (4°C)	TRL002-9802 B	0,5 µg/L
10. Cromo disuelto	Refrigeración (4°C)	Standard Methods 3500-Cr 3113 B	0,2 µg/L
11. Cromo ^{VI} disuelto	Refrigeración (4°C)	Standard Methods 3500-Cr C	0,001 µg/L
12. Hierro disuelto	Refrigeración (4°C)	Standard Methods 3111 B	0,1 µg/L
13. Mercurio disuelto	Refrigeración (4°C)	Standard Methods 3500-Hg 3112 B	0,001 µg/L
14. Plomo disuelto	Refrigeración (4°C)	TRL002-9802 B	0,5 µg/L
15. Zinc disuelto	Refrigeración (4°C)	TRL003-9812 C	2,0 µg/L

HT: hidrocarburos totales; LD: límite de detección; EAA: espectrofotometría de absorción atómica.

2.3. Interpretación de Resultados

2.3.1. Temperatura

La variación de la temperatura en superficie fue baja ($< 0,8$ °C), registrándose los valores extremos en las estaciones CT-1 y CT-7 (Tabla 2.3). Dada la ausencia de descargas terrestres en el área de estudio, dicha variación estaría dependiendo exclusivamente de la influencia de la irradiación solar sobre las aguas superficiales.

En el campo vertical, la temperatura del agua disminuye paulatinamente hasta estabilizarse entre los 15 y 17 m de profundidad (Figura 2.2). Bajo esta capa de agua, la temperatura se torna más estable variando entre 12,3 y 12,6°C en la mayoría de las estaciones. Sólo en las estaciones CT-7 y CT-8 la situación algo distinta, ya que los valores de temperatura en profundidad muestran registros levemente más altos. Dado que en las aguas superficiales de estas estaciones la temperatura también fue mayor, es probable que este calentamiento obedezca precisamente a la influencia de la radiación solar y a su ubicación en el área de monitoreo.

Tabla 2.3. Registros de temperatura (°C) en la columna de agua de mar. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Prof (m)	Estación				
	CT-1	CT-4	CT-5	CT-7	CT-8
0	17,09	17,25	17,20	17,85	17,45
1	16,78	16,98	16,93	16,88	17,35
2	16,58	16,75	16,64	16,46	17,29
3	16,45	16,63	16,39	16,28	17,20
4	16,20	16,48	16,20	16,07	17,05
5	15,83	16,29	15,78	15,74	16,80
6	15,78	16,20	15,49	15,49	16,50
7	15,74	16,04	15,27	15,10	16,35
8	15,52	15,73	15,11	14,91	16,16
9	14,35	15,59	14,99	14,70	16,10
10	14,10	15,39	14,66	14,36	15,90
11	13,88	15,05	14,14	14,27	15,65
12	13,69	14,76	13,94	14,14	15,28
13	13,50	14,40	13,63	13,94	14,95
14	13,42	13,94	13,46	13,75	14,42
15	13,35	13,73	13,40	13,66	13,80
16	12,59	13,17	12,68	13,29	13,27
17	12,47	12,61	12,57	13,12	13,23
18	12,43	12,60	12,49	13,10	13,10
19	12,40	12,60	12,41	--	12,94
20	12,38	12,68	12,39	--	--
21	12,34	12,58	12,38	--	--
22	--	12,58	12,36	--	--

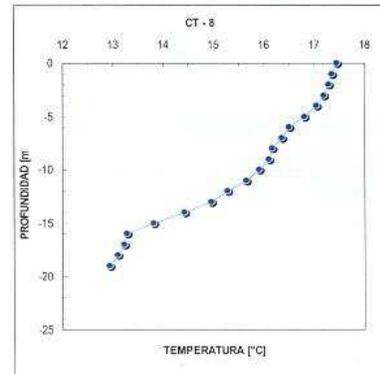
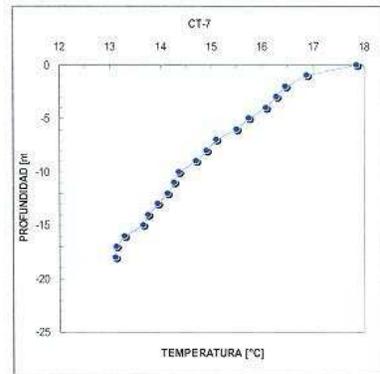
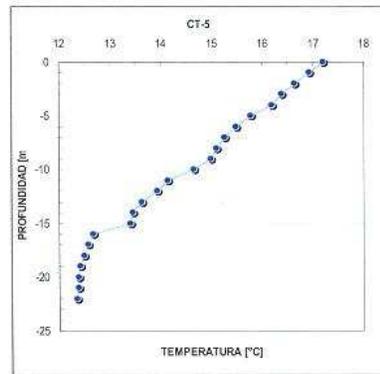
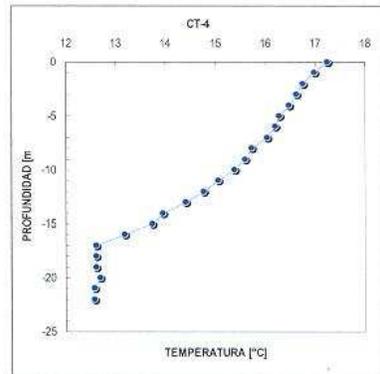
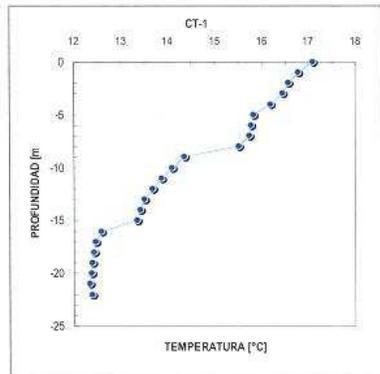


Figura 2.2. Perfiles térmicos de la columna de agua. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Fluctuación histórica de la temperatura del mar

La serie histórica disponible muestra un patrón similar de variación temperatura en las cinco estaciones (Figura 2.2). Tras registrarse un leve aumento de la temperatura en marzo del 2005, la temperatura mostró un ligero descenso en enero del 2006 aunque la variación térmica en la columna de agua fue comparativamente más amplia que la observada en campañas anteriores.

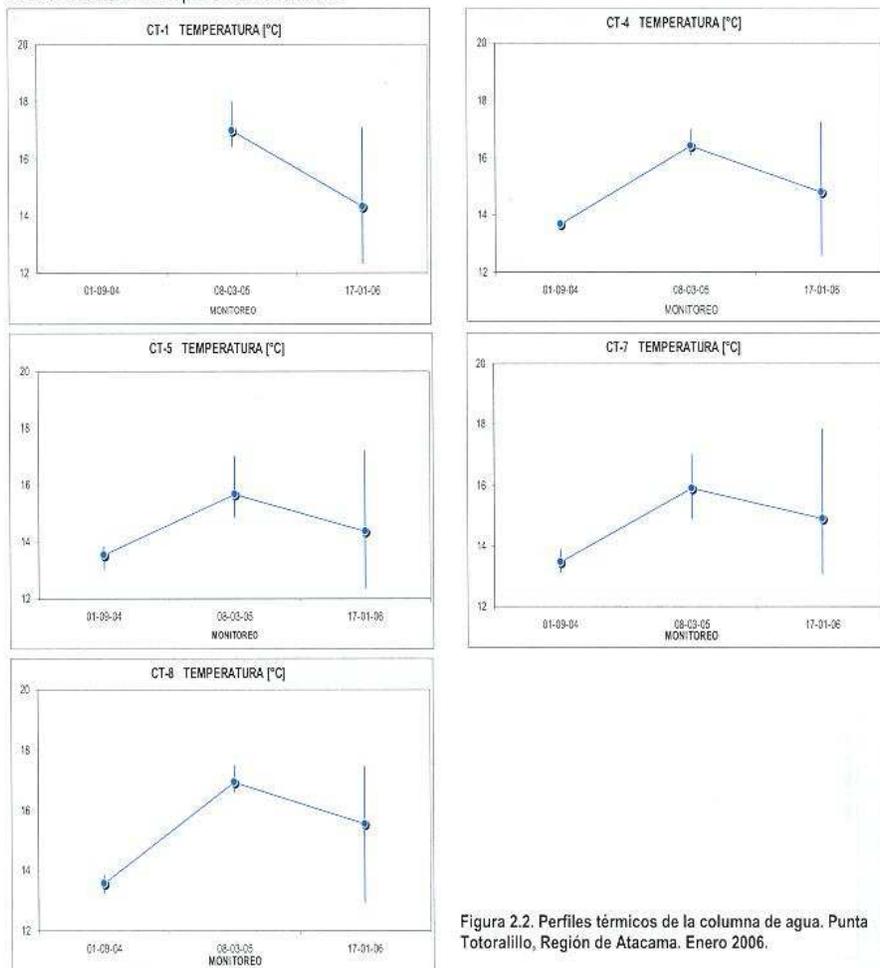


Figura 2.2. Perfiles térmicos de la columna de agua. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estas variaciones en el comportamiento térmico de las aguas costeras son normales y están sujetas a la irradiación solar e intercambio con masas de agua procedentes de sectores oceánicos.

Comparación con Guía CONAMA

Dado que en el sector no existen descargas con carga térmica al medio marino, las variaciones registradas en la temperatura del mar son normales y de allí que su comparación con los valores máximos de la Guía CONAMA pierda sentido.

2.3.2. Transparencia

Los valores de transparencia muestran condiciones prácticamente homogéneas en toda el área de estudio (Figura 2.3). Esta condición se ve sustentada al comparar los porcentajes de penetración en la columna de agua (Tabla 2.4); independientemente de la profundidad de los fondos marinos, la iluminación de la columna de agua alcanzó registros sobre el 80%, lo que indica la baja incidencia de material interferente al paso de la luz.



Figura 2.3. Transparencia de la columna de agua. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Tabla 2.4. Profundidad de penetración de la luz solar (transparencia estimada con disco Secchi) en la columna de agua de mar. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Transparencia	
	Prof. (m)	%
CT-1	19,0	90
CT-4	18,5	84
CT-5	19,0	86
CT-7	19,0	100
CT-8	19,0	100

Fluctuación histórica de la transparencia

La serie histórica disponible (Figura 2.4), demuestra que el comportamiento de la transparencia del agua ha mostrado variaciones significantes entre las distintas campañas efectuadas. Tras una disminución importante de la transparencia en la segunda campaña, las propiedades ópticas de la columna de agua mostraron en la presente oportunidad un aumento notable de la capacidad de penetración de la luz solar (18 a 19 m de profundidad). Estas fluctuaciones son indicativas que las aguas del área de estudio bajo determinadas condiciones pueden presentar altos niveles de material en suspensión, lo que conlleva a una drástica disminución de su transparencia.

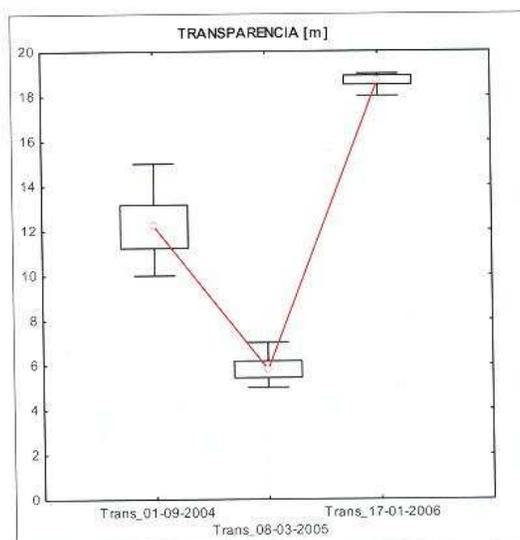


Figura 2.4. Fluctuación histórica de la transparencia de la columna de agua. Punta Totoralillo, 2004- 2006. Caldera.

Comparación con Guía CONAMA

La Guía CONAMA no establece valores que regulen la transparencia de las aguas marinas.

2.3.3. pH

Los valores de pH registrados en la presente campaña (Figura 2.5 y Tabla 2.5) reflejan las condiciones básicas normales del agua de mar en zonas costeras. En el campo horizontal, se aprecia que las aguas de la estación referencial (CT-7) registran disminución de los valores de pH en ambos estratos de profundidad (Figura 2.5). A nivel de la columna de agua, el estrato superficial aparece claramente con valores de pH más básicos respecto de la condición registrada en las aguas de fondo.

Las variaciones de pH descritas tanto horizontal como verticalmente en estas aguas, obedece a una serie de factores naturales, entre los que se cuentan los de origen biológico (procesos fotosintéticos y respiratorios) y los no mediados biológicamente (disponibilidad de oxígeno disuelto, salinidad, entre otros).

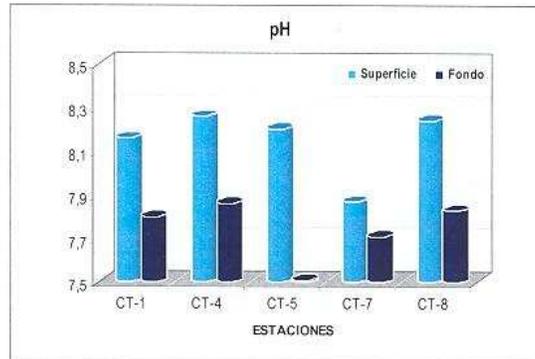


Figura 2.5. Valores de pH de la columna de agua. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Tabla 2.5. Valores de pH en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	pH	
	Superficie	Fondo
CT-1	8,16	7,80
CT-4	8,26	7,86
CT-5	8,20	7,51
CT-7	7,87	7,71
CT-8	8,24	7,83

Fluctuación histórica del pH

El pH es una de las variables más estables en el medio marino y difícilmente factores externos pueden repercutir en forma notable en sus rangos de variación. Según se aprecia

en la Figura 2.6, el valor promedio del pH de estas aguas se ha mantenido alrededor de la 8 unidades, condición considerada como normal para aguas costeras. Las variaciones que se observan a través de las campañas sucesivas, se centran en la dispersión que alcanzan los valores de esta variable, la cual se hace más notoria en enero de 2006 (Figura 2.6). Aún así, el rango de variabilidad que puede alcanzar el pH en las aguas de punta Totalillo bajo condiciones totalmente naturales, refleja la influencia que pueden tener otras variables o procesos marinos en la expresión de aquél.

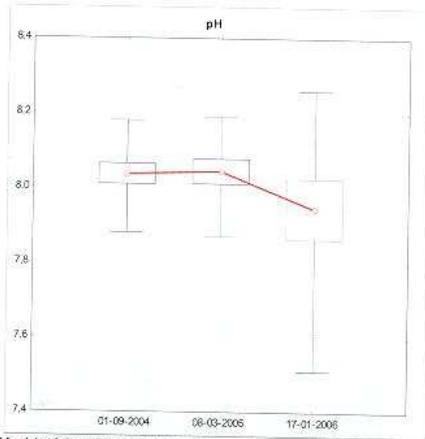


Figura 2.6. Fluctuación histórica del pH de la columna de agua. Punta Totalillo, 2004- 2006. Caldera.

Comparación con Guía CONAMA

Todas las mediciones de pH efectuadas en las aguas de punta Totalillo durante la presente campaña, permiten clasificar estas aguas en la Clase de Calidad 1, es decir, "aguas de "muy buena calidad".

pH (unidad)	Clase 1 (7,5 - 8,5)	Clase 2 (6,5 - 9,5)	Clase 3 (6,0 - 9,5)
Tercera Campaña (Ene 2006)	☺		

2.3.4. Oxígeno disuelto (% de saturación)

En la Tabla 2.6 se indica los porcentajes de saturación registrados para las aguas de punta Totalillo. Según se aprecia, en la presente campaña se observa niveles bajos en esta variable, lo cual indica señales de baja ventilación en la columna de agua. Si bien en ambos estratos los porcentajes de saturación son similares, en el estrato de fondo de la estación CT-8 se apreció una importante caída en estos niveles lo que estaría indicando condiciones de hipoxia en este sector.

Tabla 2.6. Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Saturación Oxígeno Disuelto (%)	
	Superficie	Fondo
CT-1	25,9	25,8
CT-4	26,6	26,4
CT-5	24,5	24,6
CT-7	27,4	27,0
CT-8	25,5	16,3

Fluctuación histórica de la concentración de oxígeno disuelto

De acuerdo con los registros históricos disponibles, las aguas de punta Totoralillo han demostrado poseer características de baja ventilación. En las primeras dos campañas, los niveles de oxígeno disuelto no superaron los 4 ml/L, mientras que en la presente oportunidad los bajos porcentajes de saturación (< 30%) dan cuenta de condiciones similares que indican la presencia de aguas con características subóxicas.

Comparación con Guía CONAMA

En la Guía CONAMA se reconoce tres Clases de Calidad según el porcentaje de saturación que exhiban las aguas marinas. Al comparar los resultados obtenidos para la presente campaña, se aprecia que ninguna de las estaciones presenta porcentajes que se ajusten a alguna de estas tres categorías. En este sentido, las aguas de punta Totoralillo en esta tercera campaña presentan una calidad oxigénica mayor a la Clase 3.

% saturación O ₂ disuelto	Clase 1 (> 90)	Clase 2 (70 - 89)	Clase 3 (40 -69)	Clase >3
Tercera Campaña (Ene 2006)				⊗

2.3.5. Sólidos suspendidos

Los contenidos de sólidos suspendidos no mostraron mayores variaciones en estas aguas, registrándose valores comprendidos entre 23 mg/l y cercanos a los 29 mg/L (Figura 2.7 y Tabla 2.7). Sólo en las estaciones CT-4 y CT-5 se registraron diferencias entre ambos estratos de profundidad, las cuales permiten establecer niveles diferenciales sólidos suspendidos por estrato según la estación analizada. En las tres estaciones restantes, las diferencias marginales entre las aguas superficiales y de fondo permiten señalar la ocurrencia de condiciones homogéneas en la distribución de sólidos suspendidos en la columna de agua.



Figura 2.7. Valores de sólidos suspendidos (mg/L) en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Tabla 2.7. Valores de contenido de sólidos suspendidos en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Sólidos suspendidos (mg/L)	
	Superficie	Fondo
CT-1	26,2	26,0
CT-4	27,1	24,3
CT-5	23,0	27,0
CT-7	28,9	28,0
CT-8	26,8	27,0

Fluctuación histórica de la concentración de sólidos suspendidos

Si bien el contenido de sólidos suspendidos disminuyó respecto de los niveles registrados en la campaña anterior, éstos no son los más bajos registrados en las aguas de punta Totoralillo (Figura 2.8). En la primera campaña, la concentración más alta de sólidos

suspendidos no superó los 20 mg/L. La comparación entre las distintas campañas refleja que en estas aguas puede registrarse diferencias importantes en los niveles mínimo y máximo de esta variable. Desconociendo si la fracción predominante del material en suspensión tiene origen orgánico o inorgánico, las fluctuaciones registradas podrían asociarse con niveles planctónicos o con el ingreso vía eólica de material particulado de origen terrestre.

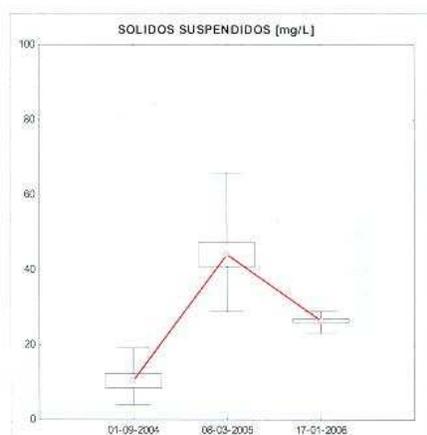


Figura 2.8. Fluctuación histórica de los sólidos suspendidos en la columna de agua. Punta Totalillo, 2004- 2006. Caldera.

Comparación con Guía CONAMA

De acuerdo con los resultados reportados para esta tercera campaña, los niveles de sólidos suspendidos demuestran que las aguas de punta Totalillo se clasifican en las Clases de Calidad 1 y 2, aunque predominan las estaciones con concentraciones asimilables al segundo tramo (25 – 80 mg/L).

SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)	Clase 1 (< 25)	Clase 2 (25 – 80)	Clase 3 (80 – 400)
Tercera Campaña (Ene 2006)	☺	☹	

2.3.6. Hidrocarburos totales

A excepción de la estación CT-1, en todas las restantes los valores de hidrocarburos totales no superaron una concentración mayor a 0,5 µg/L, registrándose incluso mediciones bajo el límite de detección (Figura 2.9 y Tabla 2.8). Aunque en el estrato de fondo de la estación CT-1 la presencia de hidrocarburos totales alcanzó un valor cercano a los 5 µg/L, todas las concentraciones reportadas en esta tercera campaña son indicativas de la muy baja ocurrencia de este tipo de compuestos en las aguas de punta Totalillo.



Figura 2.9. Valores de hidrocarburos totales (µg/L) en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Tabla 2.8. Valores de contenido de hidrocarburos totales (HT) en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	HT (µg/L)	
	Superficie	Fondo
CT-1	< 0,01	5,04
CT-4	0,17	0,28
CT-5	< 0,01	< 0,01
CT-7	0,29	0,09
CT-8	0,18	< 0,01

Fluctuación histórica de la concentración de hidrocarburos totales

La concentración media de hidrocarburos totales registrada durante las tres campañas no muestra diferencia apreciables para las aguas de punta Totalillo (Figura 2.10). Si bien se observa variaciones en los rangos de dispersión de los valores, las concentraciones registradas históricamente en el área de estudio son indicativas de la presencia de aguas virtualmente libres de hidrocarburos.

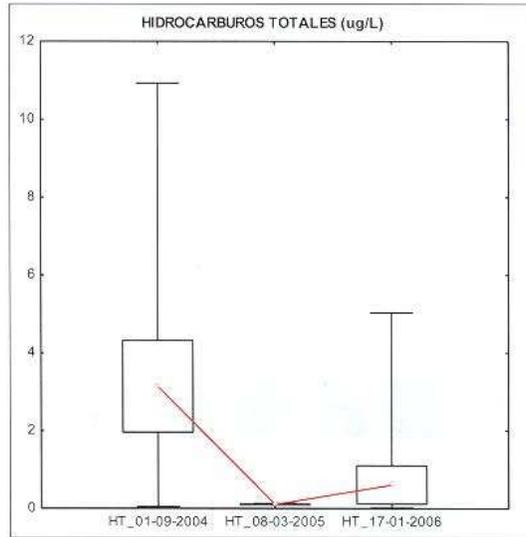


Figura 2.10. Fluctuación histórica de los hidrocarburos totales en la columna de agua. Punta Totoralillo, 2004- 2006. Caldera.

Comparación con Guía CONAMA

Debido a las muy bajas concentraciones de hidrocarburos totales reportados para la presente campaña (< 0,005 mg/l), se desprende que las aguas de punta Totoralillo tipifican dentro de la Clase de Calidad 1.

HIDROCARBUROS TOTALES (mg/L)	Clase 1 (< 0,02)	Clase 2 (0,02 – 0,05)	Clase 3 (0,05 – 1)
Tercera Campaña (Ene 2006)	☺		

2.3.7. Arsénico disuelto

En la presente campaña, las aguas de punta Totalillo no evidenciaron concentraciones de arsénico disuelto a niveles cuantificables. Todas las mediciones efectuadas presentaron valores bajo el límite de detección (Figura 2.11 y Tabla 2.9).



Figura 2.11. Valores de arsénico disuelto ($\mu\text{g/L}$) en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Tabla 2.9. Valores de contenido de arsénico disuelto en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Arsénico disuelto ($\mu\text{g/L}$)	
	Superficie	Fondo
CT-1	< 0,5	< 0,5
CT-4	< 0,5	< 0,5
CT-5	< 0,5	< 0,5
CT-7	< 0,5	< 0,5
CT-8	< 0,5	< 0,5

Fluctuación histórica de la concentración de arsénico disuelto

La serie histórica de arsénico disuelto muestra un claro descenso en los valores de las mediciones (Figura 2.12). Si bien en las primeras dos campañas se detectó la presencia de arsénico disuelto, las concentraciones fueron bajas e indicativas de los niveles basales naturales de estas aguas. La no detección analítica de arsénico disuelto en la presente campaña, indicaría que este metaloide podría estar sujeto a procesos cíclicos de secuestro/liberación en la columna de agua, siendo probablemente los sedimentos uno de los compartimientos que concurriría en esta dinámica.

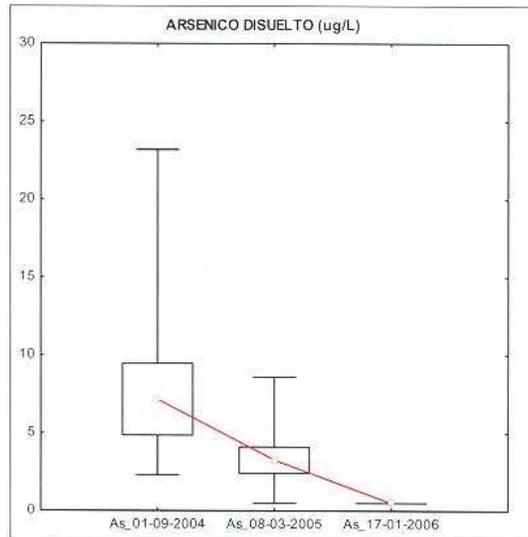


Figura 2.12. Fluctuación histórica del arsénico disuelto en la columna de agua. Punta Totalillo, 2004- 2006. Caldera.

Comparación con Guía CONAMA

Al no detectarse analíticamente la ocurrencia de arsénico disuelto (< 0,5 µg/L) en la presente campaña, la calidad ambiental de las aguas de punta Totalillo típica dentro de la Clase 1.

ARSENICO DISUELTO (µg/L)	Clase 1 (< 10)	Clase 2 (10 – 50)	Clase 3 (50)
Tercera Campaña (Ene 2006)	☺		

2.3.8. Cadmio disuelto

En ninguna de las estaciones de la red de muestreo de las aguas de punta Totalillo, se detectó la fracción disuelta de cadmio a niveles instrumentales (Figura 2.13 y Tabla 2.10). En todos los casos analizados, las mediciones arrojaron concentraciones bajo el límite de detección (0,5 µg/L).



Figura 2.13. Valores de cadmio disuelto (µg/L) en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Cadmio disuelto (µg/L)	
	Superficie	Fondo
CT-1	< 0,5	< 0,5
CT-4	< 0,5	< 0,5
CT-5	< 0,5	< 0,5
CT-7	< 0,5	< 0,5
CT-8	< 0,5	< 0,5

Tabla 2.10. Valores de contenido de cadmio disuelto en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Fluctuación histórica de la concentración de cadmio disuelto

La fracción disuelta de cadmio nunca ha sido registrada a niveles instrumentales en las aguas de punta Totalillo (Figura 2.14), de allí que la serie histórica siempre evidencie mediciones bajo el límite de detección (0,5 µg/L).

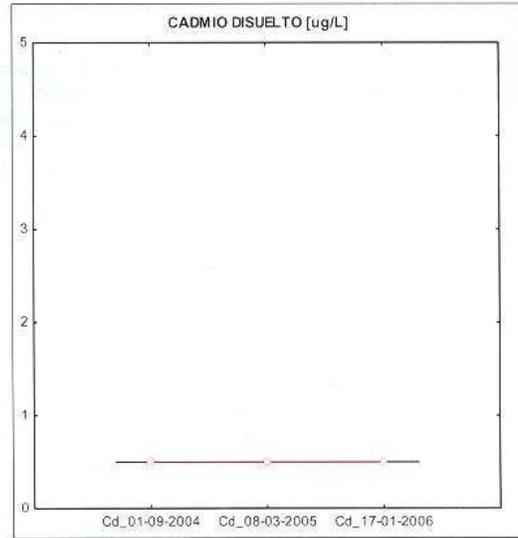


Figura 2.14. Fluctuación histórica del cadmio disuelto en la columna de agua. Punta Totalillo, 2004- 2006. Caldera.

Comparación con Guía CONAMA

Dado que todas las mediciones efectuadas estuvieron bajo el límite de detección (0,5 µg/L), es posible señalar que la calidad ambiental de las aguas de punta Totalillo respecto de los niveles de cadmio disuelto típica dentro de la Clase 1.

CADMIO DISUELTO (µg/L)	Clase 1 (< 5)	Clase 2 (5 – 10)	Clase 3 (10)
Tercera Campaña (Ene 2006)	☺		

2.3.9. Cobre disuelto

La presencia de cobre disuelto sólo fue detectada en las aguas cercanas al fondo, ya que en el estrato superficial la concentración de este metal estuvo bajo el límite de detección (Figura 2.15). Los valores reportados en la Tabla 2.11, indican que el cobre disuelto puede registrar una variabilidad natural importante en estas aguas, que va desde su no detección hasta valores cercanos a los 9 µg/L. Este aspecto es importante de destacar, ya que en aguas costeras sometidas a la influencia de actividades antrópicas, la ocurrencia de concentraciones de cobre sobre los 10 µg/L es una señal que indica que estas aguas se encuentran sometidas a procesos de enriquecimiento metalogénico no naturales.

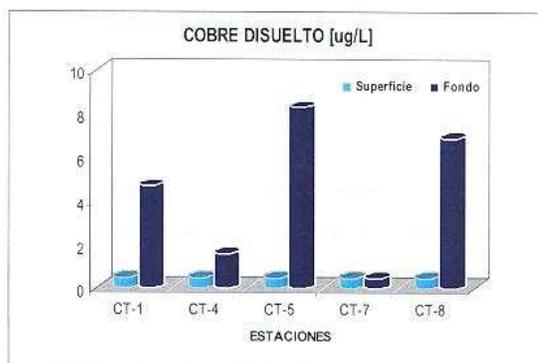


Figura 2.15. Valores de cobre disuelto (µg/L) en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Tabla 2.11. Valores de contenido de cobre disuelto en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Septiembre 2004 y Enero 2006.

Estación	Cobre disuelto (µg/L)	
	Superficie	Fondo
CT-1	< 0,5	4,7
CT-4	< 0,5	1,6
CT-5	< 0,5	8,3
CT-7	< 0,5	< 0,5
CT-8	< 0,5	6,9

Fluctuación histórica de la concentración de cobre disuelto

El contenido de de cobre disuelto, tanto en su valor medio como en su rango, se había mantenido prácticamente sin mayores variaciones en las dos primeras campañas, sin

embargo en enero de 2006 se aprecia una ligera alza en el promedio y una mayor dispersión en el rango de mediciones. Considerando que las aguas de punta Totalillo se encuentran libres de la influencia de aportes metalogénicos antrópicos, cabe señalar que estas fluctuaciones responden a la dinámica propia que exhiben los niveles basales de cobre disuelto en este sector.

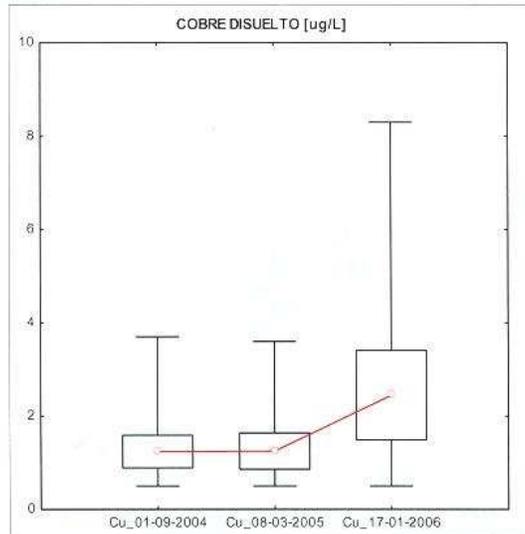


Figura 2.16. Fluctuación histórica del cobre disuelto en la columna de agua. Punta Totalillo, Región de Atacama. Septiembre 2004 y Enero 2006.

Comparación con Guía CONAMA

Considerando que todas las mediciones de cobre disuelto efectuadas en esta tercera campaña registraron contenidos < 10 µg/L, entonces es posible señalar que la calidad ambiental de las aguas de punta Totalillo respecto de este elemento típica dentro de la Clase 1.

COBRE DISUELTO (µg/L)	Clase 1 (<10)	Clase 2 (10 – 50)	Clase 3 (50)
Tercera Campaña (Ene 2006)	☺		

2.3.10. Cromo total disuelto

La presencia de la fracción disuelta de cromo fue detectada en todas las estaciones de muestreo, aunque en concentraciones bajas que no superaron los 3 $\mu\text{g/L}$ (Figura 2.17 y Tabla 2.12). En el campo vertical, no se aprecia que este metal evidencie algún patrón en particular, ya que se registra contenidos mayores indistintamente en ambos estratos de profundidad.

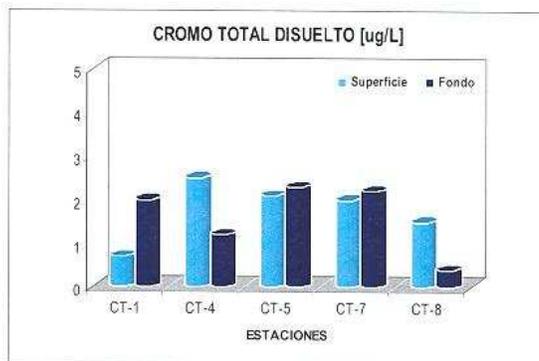


Figura 2.17. Valores de cromo total disuelto ($\mu\text{g/L}$) en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Tabla 2.12. Valores de contenido de cromo disuelto en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Cromo total disuelto ($\mu\text{g/L}$)	
	Superficie	Fondo
CT-1	0,7	2,0
CT-4	2,5	1,2
CT-5	2,1	2,3
CT-7	2,0	2,2
CT-8	1,5	0,4

Fluctuación histórica de la concentración de cromo total disuelto

Las concentraciones de la fracción disuelta de cromo registradas en esta tercera campaña fueron similares a las reportadas en la primera campaña (septiembre 2004). En términos de valor promedio las diferencias son marginales (1,5 $\mu\text{g/L}$ en la primera campaña y 1,6 $\mu\text{g/L}$ en la tercera). Además, en la Figura 2.18 se aprecia que la variación del cromo disuelto registrada en esta campaña fue ligeramente menor a la señalada en septiembre de 2004.

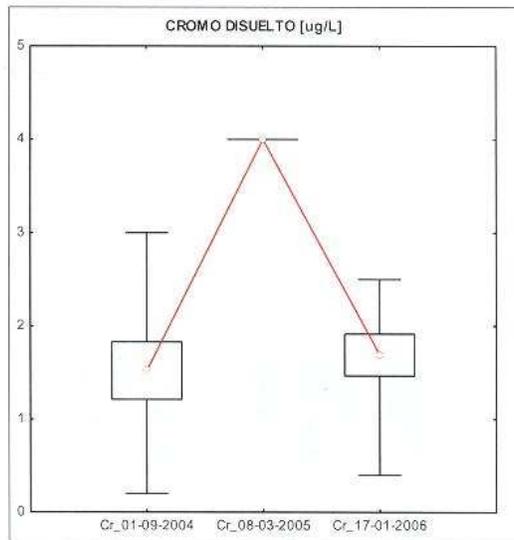


Figura 2.18. Fluctuación histórica del cromo disuelto en la columna de agua. Punta Totoralillo, 2004- 2006. Caldera.

Comparación con Guía CONAMA

El análisis de las mediciones de cromo disuelto efectuadas en esta tercera campaña, revela concentraciones máximas que no superaron los 3 µg/L. En este sentido, se puede señalar que la calidad ambiental de las aguas de punta Totoralillo respecto del cromo disuelto tipifica dentro de la Clase 1.

CROMO TOTAL DISUELTO (µg/L)	Clase 1 (< 10)	Clase 2 (10 - 50)	Clase 3 (50 - 100)
Tercera Campaña (Ene 2006)	☺		

2.3.11. Cromo hexavalente disuelto

En la presente campaña, las aguas de punta Totoralillo no manifiestan la presencia de cromo hexavalente a niveles analíticamente cuantificables (Figura 2.19 y Tabla 2.13). Todas las muestras de agua analizadas arrojaron concentraciones bajo el límite de detección (0,005 µg/L).

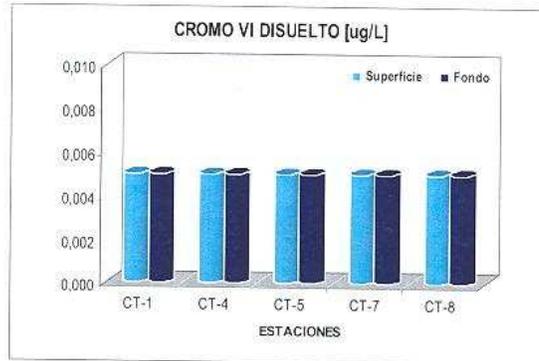


Figura 2.19. Valores de cromo hexavalente (µg/L) en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Tabla 2.13. Valores de contenido de cromo hexavalente disuelto en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Cromo VI disuelto (µg/L)	
	Superficie	Fondo
CT-1	< 0,005	< 0,005
CT-4	< 0,005	< 0,005
CT-5	< 0,005	< 0,005
CT-7	< 0,005	< 0,005
CT-8	< 0,005	< 0,005

Fluctuación histórica de la concentración de cromo VI disuelto

La situación del cromo hexavalente disuelto no ha variado mayormente en las tres campañas realizadas en punta Totoralillo. Durante este transcurso, las mediciones efectuadas han estado bajo el límite de detección (el cual fue optimizado ostensiblemente en la presente campaña) o bien muy cercanas al mismo (primera campaña) (Figura 2.20). Un análisis global de las mediciones disponibles indica que estas aguas no muestran señales cuantificables de cromo hexavalente disuelto.

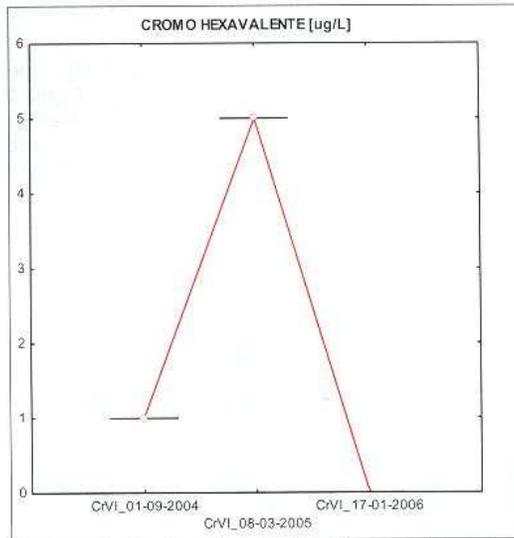


Figura 2.20. Fluctuación histórica del cromo hexavalente disuelto en la columna de agua. Punta Totoralillo, 2004- 2006. Caldera.

Comparación con Guía CONAMA

Las mediciones de cromo hexavalente disuelto correspondientes a esta tercera campaña fueron < 0,005 µg/L. En vista de estos resultados, la calidad ambiental de las aguas de punta Totoralillo respecto del cromo hexavalente disuelto tipifica dentro de la Clase 1.

CROMO VI DISUELTO (µg/L)	Clase 1 (< 10)	Clase 2 (50)	Clase 3 (50)
Tercera Campaña (Ene 2006)	☺		

2.3.12. Hierro disuelto

A excepción de la medición en la estación CT-1, en las aguas superficiales de punta Totalillo no se detectó hierro disuelto a niveles instrumentales (Figura 2.21 y Tabla 2.14). En las aguas cercanas al fondo, la presencia de hierro disuelto fue claramente cuantificable con valores que mostraron una baja variabilidad en el área de estudio (entre 4,7 y 6,9 $\mu\text{g/L}$). El patrón descrito estaría demostrando la influencia de los sedimentos en la distribución que asume el hierro en la columna de agua.



Figura 2.21. Valores de hierro disuelto ($\mu\text{g/L}$) en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Tabla 2.14. Valores de contenido de hierro disuelto en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Hierro disuelto ($\mu\text{g/L}$)	
	Superficie	Fondo
CT-1	6,5	4,7
CT-4	< 0,5	6,4
CT-5	< 0,5	8,3
CT-7	< 0,5	5,9
CT-8	< 0,5	6,9

Fluctuación histórica de la concentración de hierro disuelto

En la presente campaña, la concentración de hierro disuelto mostró claramente un descenso respecto a los registros históricos disponibles (Figura 2.22). Si bien en la segunda campaña los niveles de este metal habían superado ampliamente los 100 $\mu\text{g/L}$, en esta oportunidad los valores más altos no superaron los 10 $\mu\text{g/L}$. Estos resultados indican que en condiciones naturales, el contenido de hierro disuelto en las aguas marinas costeras de punta Totalillo evidencia una fuerte dinámica, que estaría asociada con procesos de intercambio a nivel de sedimentos submareales.

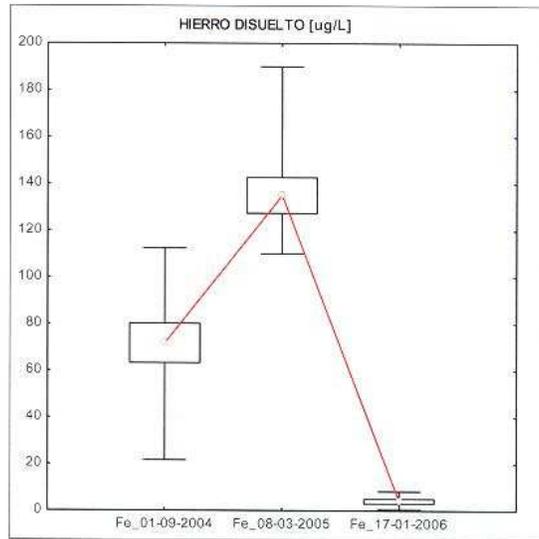


Figura 2.22. Fluctuación histórica del hierro disuelto en la columna de agua. Punta Totalillo, 2004- 2006. Caldera.

Comparación con Guía CONAMA

La concentración de hierro, ya sea en su fracción disuelta o particulada, no se encuentra regulada por valores máximos en la Guía CONAMA.

2.3.13. Mercurio disuelto

Todas las mediciones de mercurio disuelto arrojaron niveles bajo el límite de detección (< 1 µg/L). Independientemente de la estación de muestreo o estrato de profundidad, no se detectó este elemento a niveles instrumentales (Figura 2.23 y Tabla 2.15).



Figura 2.23. Valores de mercurio disuelto (µg/L) en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Tabla 2.15. Valores de contenido de mercurio disuelto en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Mercurio disuelto (µg/L)	
	Superficie	Fondo
CT-1	< 1,0	< 1,0
CT-4	< 1,0	< 1,0
CT-5	< 1,0	< 1,0
CT-7	< 1,0	< 1,0
CT-8	< 1,0	< 1,0

Fluctuación histórica de la concentración de mercurio disuelto

La condición del mercurio disuelto en las aguas de punta Totalillo no ha variado (Figura 2.24); en las tres campañas efectuadas a la fecha este elemento no ha sido detectado instrumentalmente (< 1 µg/L).

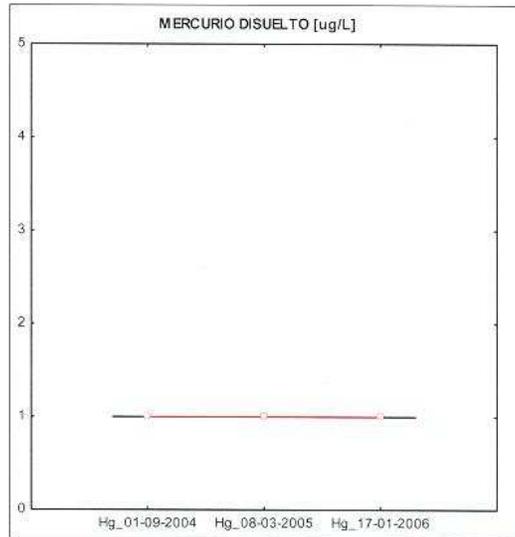


Figura 2.24. Fluctuación histórica del mercurio disuelto en la columna de agua. Punta Totoralillo, 2004- 2006. Caldera.

Comparación con Guía CONAMA

En razón que el límite de detección (1 $\mu\text{g/L}$) para el mercurio es mayor que los valores máximos de concentración establecidos en la Guía CONAMA, no es posible comparar estos resultados.

2.3.14. Plomo disuelto

El análisis de las muestras de agua de punta Totoralillo no arrojó la presencia cuantificable de plomo disuelto; en todos los casos las concentraciones estuvieron bajo el límite de detección (Figura 2.25 y Tabla 2.16).

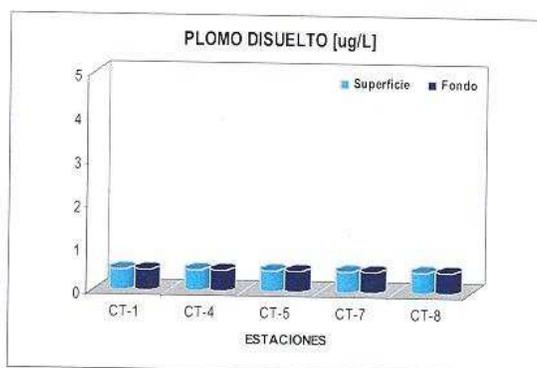


Figura 2.25. Valores de plomo disuelto ($\mu\text{g/L}$) en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Tabla 2.16. Valores de contenido de plomo disuelto en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Septiembre 2004 y Enero 2006.

Estación	Plomo disuelto ($\mu\text{g/L}$)	
	Superficie	Fondo
CT-1	< 0,5	< 0,5
CT-4	< 0,5	< 0,5
CT-5	< 0,5	< 0,5
CT-7	< 0,5	< 0,5
CT-8	< 0,5	< 0,5

Fluctuación histórica de la concentración de plomo disuelto

La detección de plomo disuelto en estas aguas ha sido registrada en forma puntual durante el transcurso de las campañas efectuadas y en la mayoría de los casos las mediciones han sido cercanas al límite de detección (primera campaña). Según se aprecia en la Figura 2.26, sólo en la segunda campaña la ocurrencia de plomo disuelto se manifestó en forma clara, aunque con niveles máximos que no superaron los $3 \mu\text{g/L}$. Los resultados indican que si bien el plomo disuelto está presente en estas aguas, sólo bajo determinadas condiciones ambientales se hace perceptible su medición.

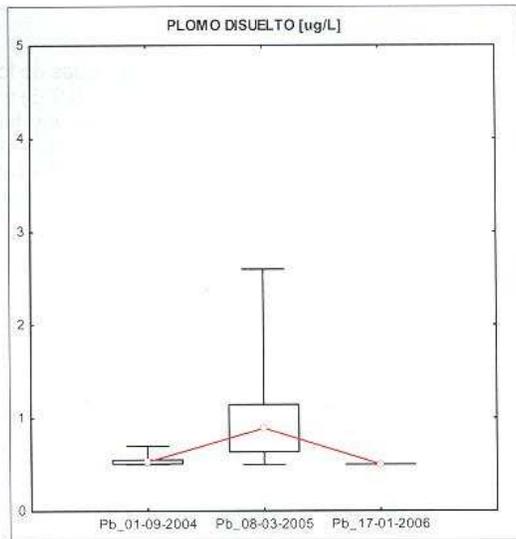


Figura 2.26. Fluctuación histórica del plomo disuelto en la columna de agua. Punta Totalillo, 2004- 2006. Caldera.

Comparación con Guía CONAMA

La no detección de plomo disuelto en la presente campaña (< 0,5 µg/L), evidencia que la calidad ambiental de las aguas de punta Totalillo respecto de este metal típica dentro de la Clase 1.

PLOMO DISUELTO (µg/L)	Clase 1 (< 3)	Clase 2 (3 – 50)	Clase 3 (50)
Tercera Campaña (Ene 2006)	☺		

2.3.15. Zinc disuelto

La distribución de las concentraciones de zinc disuelto en las aguas de fondo, demuestran que se produce un aumento hacia el sector de la playa de arena (CT-8) y hacia el norte del área de estudio (CT-7) (Figura 2.27). Así también se aprecia, que los niveles de zinc disuelto disminuyen hacia el extremo oeste de punta Totalillo (CT-1) en cerca de un orden de magnitud respecto del registrado en las aguas de CT-8 (Tabla 2.17). En las aguas superficiales no se vislumbra un patrón espacial definido en su distribución.

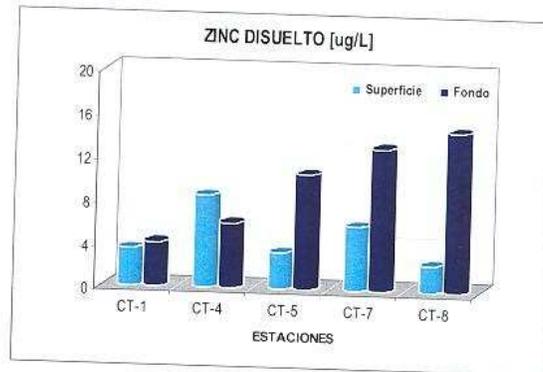


Figura 2.27. Valores de zinc disuelto ($\mu\text{g/L}$) en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Tabla 2.17. Valores de contenido de zinc disuelto en dos estratos de profundidad de la columna de agua de mar. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Zinc disuelto ($\mu\text{g/L}$)	
	Superficie	Fondo
CT-1	3,5	4,1
CT-4	8,5	6,0
CT-5	3,4	10,6
CT-7	5,9	13,1
CT-8	2,5	14,7

Fluctuación histórica de la concentración de zinc disuelto

Respecto de la campaña anterior (segunda), en la Figura 2.28 se aprecia que el contenido medio de zinc registrado en esta oportunidad ha mostrado un ligero aumento. No obstante, en comparación a los resultados reportados para la primera campaña se aprecia una drástica disminución en las mediciones, no sólo en el valor promedio sino también en el rango de variación de las concentraciones. Estos resultados son importantes desde una perspectiva ambiental, ya que indican la variabilidad que puede experimentar el zinc disuelto en punta totalillo en ausencia de aportes metalogénicos antrópicos.

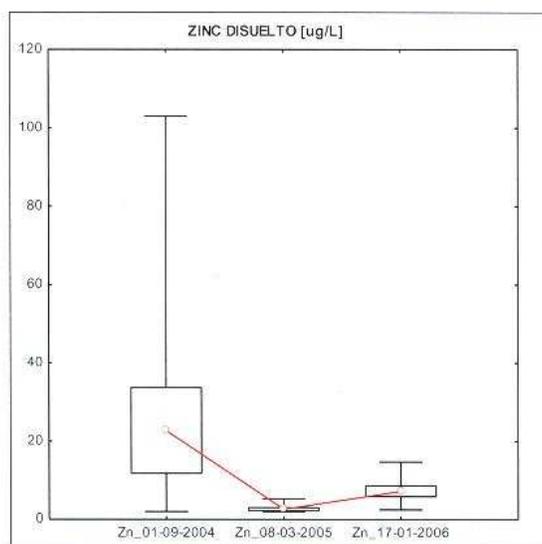


Figura 2.27. Fluctuación histórica del zinc disuelto en la columna de agua. Punta Totalillo, 2004- 2006. Caldera.

Comparación con Guía CONAMA

Las concentraciones de zinc disuelto reportadas para esta tercera campaña, demuestran que la calidad ambiental de las aguas de punta Totalillo tipifica en la Clase 1.

ZINC DISUELTO (µg/L)	Clase 1 (< 30)	Clase 2 (30 – 100)	Clase 3 (100)
Tercera Campaña (Ene 2006)	☺		

2.4. Conclusiones

En base al análisis e interpretación de los resultados anteriormente expuestos, es posible extraer las siguientes conclusiones respecto de las condiciones ambientales de las aguas del área de estudio en punta Totoralillo:

- Las variables básicas que informan sobre el estado de condición físico y químico de la columna de agua (temperatura, pH, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto y transparencia), no evidencian señales que indiquen la ocurrencia de eventos anómalos. En términos generales, estas aguas se caracterizaron por la presencia de dos capas diferenciadas por un comportamiento térmico distinto: una superficial más cálida debido al efecto de la radiación solar y otra más profunda (bajo los 15 m) de menor temperatura y de mayor estabilidad térmica. Si bien se detectó material en suspensión en ambos estratos de profundidad, no se ven afectadas las propiedades ópticas de la matriz acuosa, registrándose altos valores de transparencia en la columna de agua. En comparación con los registros históricos, las condiciones de ventilación en estas aguas se mantienen deficitarias, según indicaron los bajos porcentajes de saturación de oxígeno disuelto. Es probable que esta condición de hipoxia obedezca a la influencia de aguas ecuatoriales subsuperficiales.
- Respecto de los hidrocarburos, la situación descrita para la presente campaña no difiere mayormente de la consignada para campañas anteriores. Dados los bajos contenidos de hidrocarburos registrados en el área de estudio, las aguas de punta Totoralillo se mantienen libres de la influencia de este tipo de sustancias contaminantes. La presencia de un reducido número de embarcaciones a motor en el sector, explicaría los resultados descritos respecto de esta variable.
- En relación a la serie de metales disueltos cuantificados, la mayoría de ellos presentó niveles similares a los registrados en campañas anteriores. Sin embargo, algunos elementos mostraron patrones de distribución espacial o temporal característicos. En los casos del cobre, hierro y zinc se apreció que las mayores concentraciones estuvieron asociadas con las aguas de fondo, por lo que cabría inferir procesos de intercambio iónico, a nivel de estos elementos, entre esta capa de agua y los sedimentos submareales. Por otra parte, aunque el zinc ha mostrado un descenso en sus concentraciones, particularmente el hierro manifestó un fuerte descenso respecto de los niveles históricos. En este sentido, es importante mencionar que estas fluctuaciones temporales se están produciendo bajo condiciones completamente naturales y sin intervención antrópica; lo anterior da cuenta de la importancia que pueden adquirir los procesos geoquímicos, o de aquellos mediados biológicamente, en influenciar la concentración de estos elementos en la columna de agua.

2.5. Bibliografía

CONAMA. 2004. Guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Gobierno de Chile, 18 p.

OIKOS CHILE. 2004. Estudio de Línea Base Marina Puerto en Punta Totoralillo (Tercera Región de Atacama). Primera Campaña Bioceanográfica (septiembre del 2004). Informe preparado para Compañía Minera del Pacífico S.A.

OIKOS CHILE. 2005. Estudio de Línea Base Marina Puerto en Punta Totoralillo (Tercera Región de Atacama). Segunda Campaña Bioceanográfica (marzo del 2005). Informe preparado para Compañía Minera del Pacífico S.A.

Capítulo 3 SEDIMENTOS SUBMAREALES

3.1. Introducción

En el presente acápite se analiza e interpreta los resultados generados de las mediciones efectuadas en la matriz sedimentaria.

En primer término, se describe en forma resumida la metodología aplicada en el procesamiento y análisis físicos y químicos de las muestras. A continuación, se presenta los resultados en forma tabulada y complementariamente se despliega esta información en gráficos para cada variable. El análisis de los resultados incluye una descripción de la distribución horizontal, comparación con registros históricos para el área de estudio y contrastación con directrices extranjeras a objeto de disponer de referentes sobre el estado de condición actual de la matriz sedimentaria.

Tras el análisis e interpretación de esta información, se indica las conclusiones para la presente campaña.

3.2. Metodología

Las muestras de sedimentos submareales fueron obtenidas en las mismas cinco estaciones en donde se recolectó las muestras de agua (Figura 3.1, Tabla 3.1).



Figura 3.1. Red de estaciones de muestreo de sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Tabla 3.1. Posición y profundidad de las estaciones de muestreo de sedimentos submareales. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Profundidad (m)
CT-1	7.028.958	319.401	21
CT-4	7.028.810	319.575	22
CT-5	7.028.927	319.637	22
CT-7	7.029.707	320.178	18
CT-8	7.028.686	319.768	19

Datum WGS84, Huso 19.

Los procedimientos de obtención, manipulación y análisis de las muestras no fueron modificados respecto de los aplicados en campañas anteriores. En la Tabla 3.2 se identifica el total de analitos medidos en la matriz sedimentaria y los protocolos aplicados en su manipulación y análisis.

Tabla 3.2. Parámetros físicos y químicos cuantificados en los sedimentos submareales. Se indica además procedimientos aplicados en terreno y en condiciones de laboratorio.

Parámetro	Preservación	Análisis	LD
01. Granulometría	Refrigeración (4°C)	Análisis granulométrico según Folk. Escala Wentworth.	1 phi ^(a)
02. COT	Refrigeración (4°C)	INIA ¹	0,01 %
03. HT	Refrigeración (4°C)	Fluorimetría	0,01 mg/kg
04. Arsénico	Refrigeración (4°C)	Standard Methods 3111 D	0,01 µg/g
05. Cadmio	Refrigeración (4°C)	Standard Methods 3500-Cd 3111 B	0,2 µg/g
06. Cobre	Refrigeración (4°C)	Standard Methods 3500-Cu 3111 B	1 µg/g
07. Cromo	Refrigeración (4°C)	Standard Methods 3500-Cr 3111 D	1,1 µg/g
08. Cromo ^{VI}	Refrigeración (4°C)	EPA 3060 A	0,5 µg/g
09. Hierro	Refrigeración (4°C)	Standard Methods 3500-Fe 3111 B	0,5 µg/g
10. Mercurio	Refrigeración (4°C)	Standard Methods 3500-Hg 3112 B	0,013 µg/g
11. Plomo	Refrigeración (4°C)	Standard Methods 3500-Pb 3111 B	1,5 µg/g
12. Zinc	Refrigeración (4°C)	Standard Methods 3500-Zn 3111 B	1,5 µg/g

^(a) diferencia tamaño abertura de malla entre tamices.

COT: carbono orgánico total; HT: hidrocarburos totales; LD: límite de detección; EAA: espectrofotometría de absorción atómica.

¹ Metson, A.J., Blakemore L.C. and Rhoades D.A. 1979. New Zealand Journal of Science, 22: 205-208
Schulte, E.E. 1995. Recommended soil testing procedures for the northeastern United States. Ch. 8. 2nd Ed.

3.3. Interpretación de resultados

3.3.1. Granulometría

Los fondos sedimentarios del área de estudio presentaron en esta tercera campaña un claro predominio de arenas, de acuerdo a su composición granulométrica (Tabla 3.3), de naturaleza biógenas. Si bien se encuentra representada una amplia gama de fracciones sedimentarias, los valores porcentuales indican la baja participación que muestra la fracción limo-arcillosa (fango) en este tipo de fondos (< 0,4%). En el otro extremo de la granulometría, el aporte de granos gruesos (cascajo muy fino) sólo se torna significativo en las estaciones CT-1 y CT_7, mientras que en las tres restantes no supera el 1% (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Composición granulométrica porcentual de los sedimentos submareales superficiales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	CMF	AMG	AG	AM	AF	AMF	LA
CT-1	11,65	36,62	34,54	10,00	3,86	3,25	0,00
CT-4	0,85	10,61	28,60	42,05	12,01	5,83	0,05
CT-5	0,00	4,69	22,30	46,18	20,68	5,84	0,32
CT-7	11,08	36,18	32,68	9,91	5,45	4,66	0,04
CT-8	0,35	3,74	18,46	52,15	21,43	3,74	0,12

CMF: cascajo muy fino; AMG: arena muy gruesa; AG: arena gruesa; AM: arena mediana; AF: arena fina; AMF: arena muy fina; LA: limo-arcilla.

En la Figura 3.2. se puede apreciar con mayor claridad el aporte de cada una de las fracciones granulométricas al total de la composición por estación. Así también, estas gráficas permiten apreciar el grado de simetría que muestra cada una de las distribuciones granulométricas y cuyo índice se analiza más adelante.

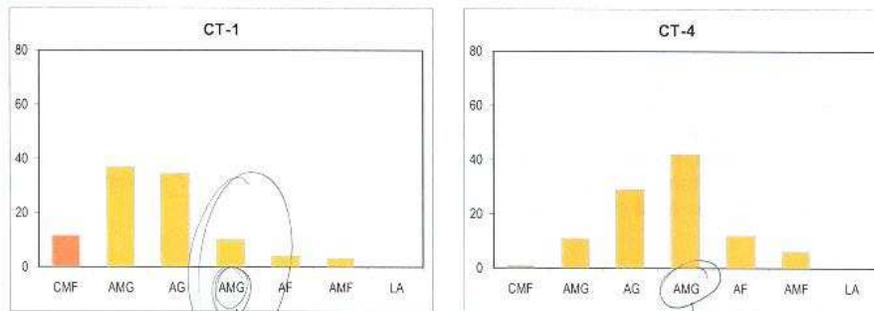


Figura 3.2. Porcentaje de gravas (CMF), arenas (AMG, AG, AM, AF y AMF) y fango (LA) en sedimentos submareales superficiales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

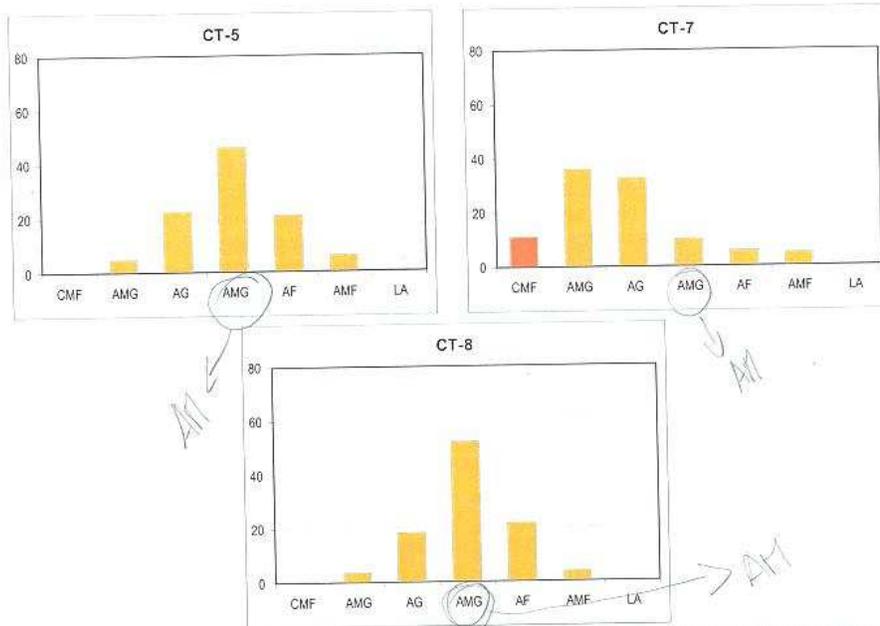


Figura 3.2. (cont.) Porcentaje de gravas (CMF), arenas (AMG, AG, AM, AF y AMF) y fango (LA) en sedimentos submareales superficiales. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Como una manera de sintetizar las características físicas de estos sedimentos, en la Tabla 3.4 se indica los valores de los principales parámetros granulométricos. El promedio gráfico demuestra que la cubierta sedimentaria se compone de arenas gruesas y arenas medianas, es decir, en las estaciones de muestreo predominan los granos de tamaño grande (0,25 a 1 mm de diámetro). Los valores de clasificación tipifican a estos sedimentos desde poco clasificados a moderadamente clasificados, es decir, dentro de un rango de partículas es posible encontrar una alta heterogeneidad en diámetros debido al efecto hidrodinámico del sector. Finalmente, los valores de sesgo indican que la mayoría de las muestras presentan una distribución simétrica y sólo en los sedimentos de la estación CT-7 se verifica un ligero predominio de finos en la composición.

Tabla 3.4. Parámetros granulométricos de los sedimentos submareales superficiales. Categorías según escala de Wentworth. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Promedio (phi)		Clasificación (phi)		Simetría	
	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría
CT-1	0,549	AG	1,109	PC	0,078	S
CT-4	1,582	AM	1,078	PC	-0,021	S
CT-5	1,749	AM	0,966	MC	0,097	S
CT-7	0,606	AG	1,172	PC	0,124	MEF
CT-8	1,761	AM	0,842	MC	-0,006	S

AG: arena gruesa; AM: arena mediana
 PC: poco clasificada; MC: moderadamente clasificada
 MEF: moderado exceso de finos; S: simétrica

3.3.2. Carbono orgánico total (COT)

En la presente campaña los contenidos de COT no superaron el 0,4% en la cubierta sedimentaria (Tabla 3.5). Si bien estos niveles son bajos y reflejan el escaso aporte orgánico procedente tanto de la columna de agua, como de aportes continentales, o generado en la misma matriz sedimentaria, los valores son considerados normales para ambientes arenosos litorales que no están sujetos a la carga sedimentaria procedente de cursos de agua.

Tabla 3.5. Contenido de COT (%) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	COT (%)
CT-1	0,22
CT-4	0,23
CT-5	0,27
CT-7	0,31
CT-8	0,27

Por otra parte, la distribución de los contenidos no muestra prácticamente diferencias al interior del área de estudio (Figura 3.3). Estos resultados junto con la descripción granulométrica de los fondos sedimentarios, apunta a la ocurrencia en punta Totalillo de un régimen hidrodinámico caracterizado por procesos erosivos y/o de transporte.

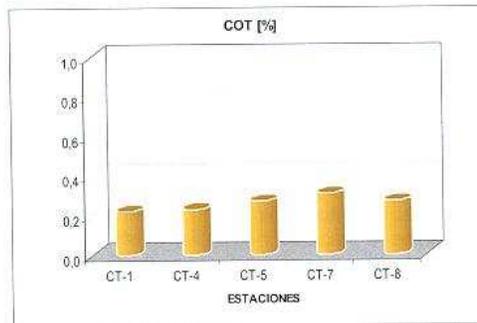


Figura 3.3. Valores de COT (%) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Fluctuación histórica del contenido de COT

Si bien se aprecia variaciones en el contenido de COT durante el transcurso de las tres campañas efectuadas, las fluctuaciones registradas son mínimas y enmarcadas bajo un 2% de COT. Aunque el contenido promedio muestra una disminución respecto de la campaña anterior, las diferencias no superan un 0,4% entre ambos valores (Figura 3.4).

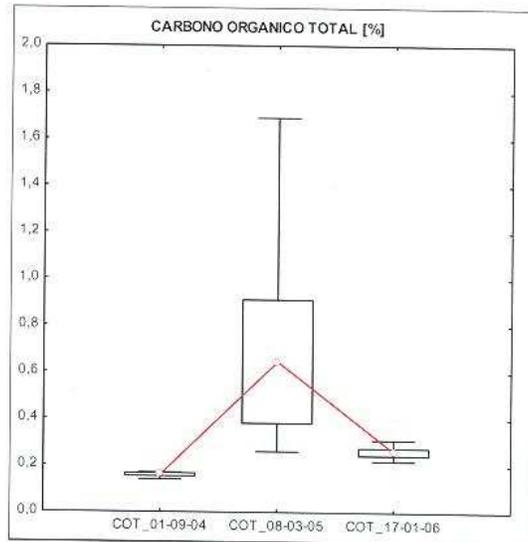


Figura 3.4. Fluctuación histórica del contenido de COT en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama, 2004-2006.

3.3.3. Hidrocarburos totales (HT)

Los contenidos de hidrocarburos totales en los sedimentos fueron bajos en todas las estaciones y no superaron los 0,4 $\mu\text{g/g}$ (Tabla 3.6). Estos valores dan cuenta que actualmente los fondos sedimentarios de punta Totalillo no se encuentran sometidos a aportes de este tipo de sustancias.

Si bien los contenidos fueron bajos, los resultados evidencian una distribución diferencial de los hidrocarburos en los sedimentos (Figura 3.5). Los niveles más bajos estuvieron asociados con las estaciones CT-4 y CT-5, mientras que los mayores de la serie fueron detectados en los sedimentos de la estación CT-8. Es posible que este patrón se vincule con el sector destinado al fondeo de embarcaciones existentes en punta Totalillo.

Tabla 3.6. Contenido de hidrocarburos totales ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	HT ($\mu\text{g/g}$)
CT-1	0,30
CT-4	0,07
CT-5	0,08
CT-7	0,28
CT-8	0,34

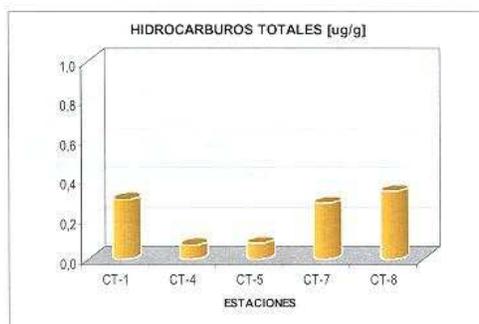


Figura 3.5. Valores de hidrocarburos totales ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Fluctuación histórica del contenido de hidrocarburos totales

Tras un aumento en el contenido de hidrocarburos totales registrado en la segunda campaña, en esta oportunidad los valores retornaron a niveles registrados con anterioridad en la primera campaña. Si bien en la primera y tercera campañas tanto el valor medio como la dispersión de los contenidos fue similar, la serie histórica demuestra que bajo condiciones

naturales los niveles de hidrocarburos totales pueden aumentar varias veces dicho valor medio. Cabe recordar que, la medición de hidrocarburos totales conlleva el aporte de fracciones generadas en forma natural (ceras y aceites vegetales).

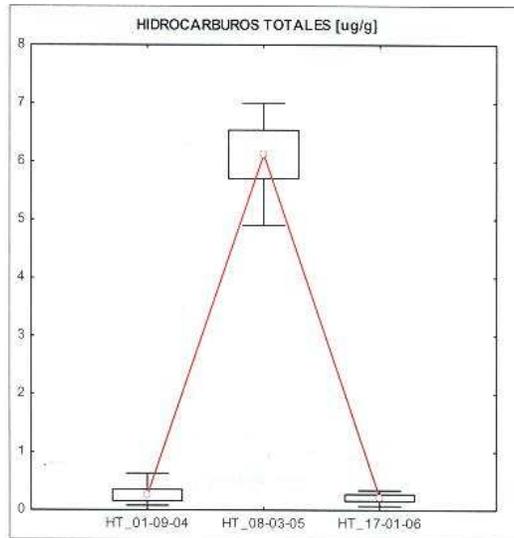


Figura 3.6. Fluctuación histórica del contenido de hidrocarburos totales en sedimentos submareales. Punta Totoralillo, Región de Atacama, 2004- 2006.

3.3.4. Arsénico

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 3.7, los contenidos de arsénico presentaron una variabilidad apreciable en los sedimentos del área de estudio (coeficiente de variación: 58,5%), con valores que fluctuaron en dos órdenes de magnitud. La distribución espacial de los contenidos demuestra la presencia de dos grupos de estaciones: CT-1, CT-4 y CT-5 en donde los valores no superan los 10 µg/g y un segundo grupo integrado por CT-7 y CT-8 en que los niveles de arsénico son > 10 µg/g (Figura 3.7).

Dado que en el área de estudio no existen instalaciones o actividades industriales, los contenidos de arsénico detectados en la presente campaña responderían a la dinámica natural que presenta este elemento en punta Totoralillo.

Tabla 3.7. Contenido de arsénico (µg/g) en sedimentos submareales. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Arsénico (µg/g)
CT-1	2,37
CT-4	6,30
CT-5	8,31
CT-7	11,25
CT-8	16,15

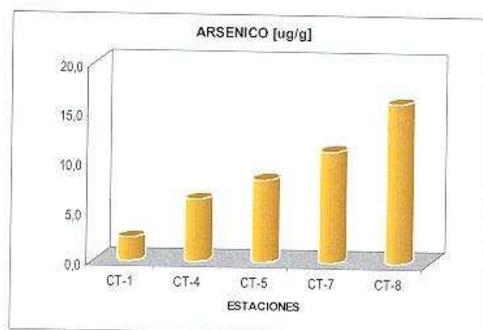


Figura 3.7. Valores de arsénico (µg/g) en sedimentos submareales. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Fluctuación histórica del contenido de arsénico

El contenido de arsénico muestra un aumento desde la primera a la tercera campaña, según se desprende de la tendencia que evidencia su valor promedio (Figura 3.8). Además, en la serie temporal de mediciones se manifiesta un aumento en la dispersión de los contenidos, que no sólo responde al comportamiento del arsénico en los sedimentos de las estaciones CT-7 y CT-8, sino a la serie completa de mediciones. Es importante destacar que este patrón en la dinámica del arsénico no se ve influido por actividades antrópicas.

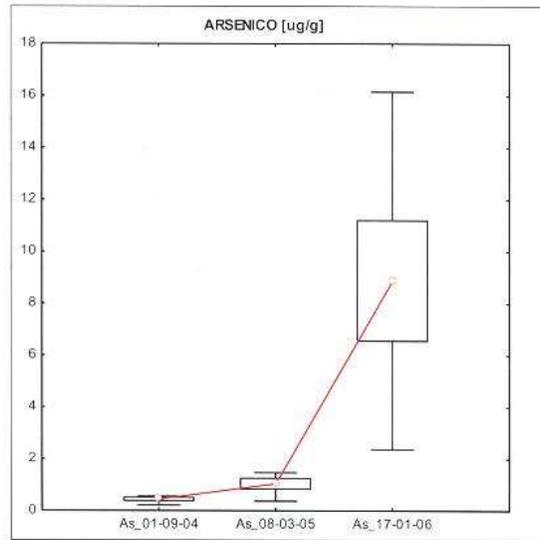


Figura 3.8. Fluctuación histórica del contenido de arsénico en sedimentos submareales. Punta Totoralillo, Región de Atacama, 2004- 2006.

3.3.5. Cadmio

Los contenidos de cadmio prácticamente fueron uniformes en toda el área de estudio (Tabla 3.8). Dado que las mediciones fueron muy cercanas al límite de detección (0,2 µg/g), los valores registrados (0,2 a 0,3 µg/g) incluso podrían estar dentro del error instrumental del método. En la Figura 3.9 se despliega la distribución espacial del cadmio en los sedimentos, evidenciando la baja variabilidad que evidenció este elemento en punta Totoralillo.

Tabla 3.8. Contenido de cadmio (µg/g) en sedimentos submareales. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Cadmio (µg/g)
CT-1	0,2
CT-4	0,3
CT-5	0,3
CT-7	0,2
CT-8	< 0,2

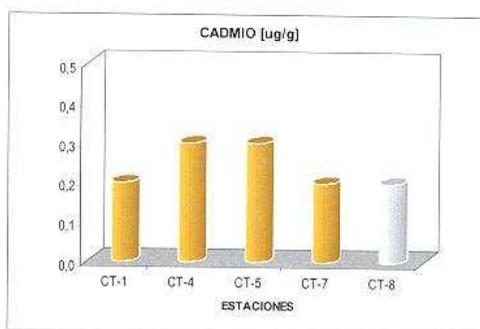


Figura 3.9. Valores de cadmio (µg/g) en sedimentos submareales. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Fluctuación histórica del contenido de cadmio

El comportamiento histórico del cadmio no ha manifestado mayores cambios durante el transcurso de las sucesivas campañas (Figura 3.10). Las mediciones de este elemento se han mantenido iguales o bajo los 0,6 µg/g, siendo frecuentes valores comprendidos entre 0,2 y 0,3 µg/g. Este patrón indica que el cadmio se comporta como un elemento conservativo, es decir, los ingresos y salidas naturales de este elemento se mantienen en equilibrio.

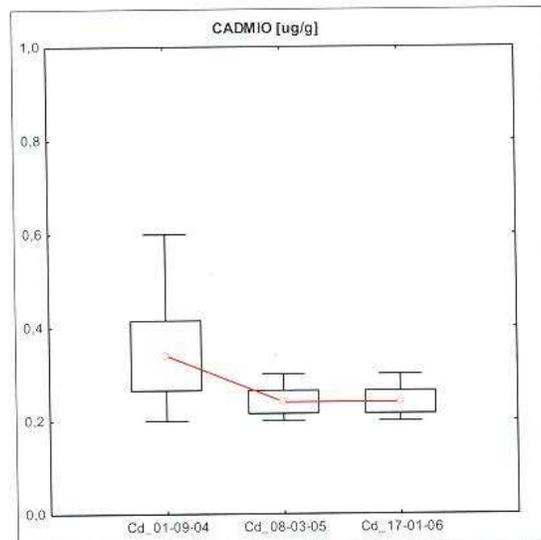


Figura 3.10. Fluctuación histórica del contenido de cadmio en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama, 2004-2006.

3.3.6. Cobre

Los valores de cobre registrados en la presente campaña (Tabla 3.9), son indicativos de la baja ocurrencia de este metal en los sedimentos de punta Totalillo. Salvo la medición registrada para los sedimentos de la estación CT-5, los contenidos observados en esta oportunidad mostraron una baja variabilidad (Figura 3.11). Estos antecedentes reflejan la variabilidad natural que demuestran los contenidos basales de cobre en los fondos sedimentarios de punta Totalillo.

Tabla 3.9. Contenido de cobre (µg/g) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Cobre (µg/g)
CT-1	1,5
CT-4	3,7
CT-5	8,5
CT-7	1,7
CT-8	2,0

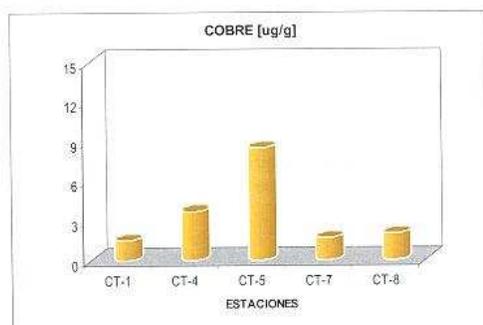


Figura 3.11. Valores de cobre ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Fluctuación histórica del contenido de cobre

La serie histórica indica para esta campaña una baja en el contenido medio de cobre respecto de los niveles medidos en la primera y segunda campañas (Figura 3.12). En todo caso, al comparar las magnitudes se aprecia que dichas fluctuaciones son pequeñas si se compara los valores promedio ($< 2 \mu\text{g/g}$). De acuerdo con la información disponible, el contenido de cobre en los sedimentos de punta Totalillo no superaría los $13 \mu\text{g/g}$ bajo condiciones naturales actualmente existentes.

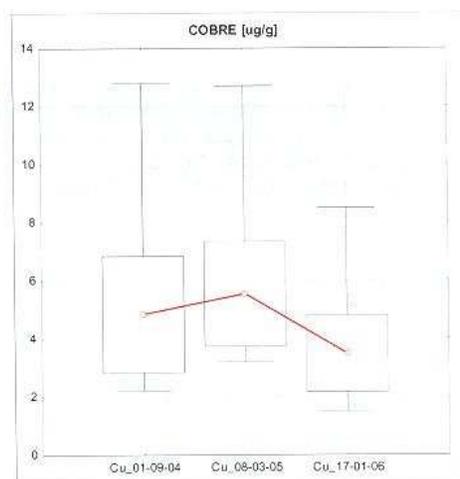


Figura 3.12. Fluctuación histórica del contenido de cobre en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama 2004- 2006.

3.3.7. Cromo total

En la presente campaña, al igual que en las dos anteriores, las mediciones de cromo total fueron bajas evidenciándose valores inferiores a 7 $\mu\text{g/g}$ (Tabla 3.10). La distribución espacial de los contenidos (Figura 3.13) indica un leve incremento de cromo en la estación CT-5, mientras que en las restantes los valores no superan los 4 $\mu\text{g/g}$. Este patrón es similar al descrito para el cobre, lo cual podría sugerir algún tipo de asociación entre ambos metales.

Tabla 3.10. Contenido de cromo total ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Cromo total ($\mu\text{g/g}$)
CT-1	3,1
CT-4	2,4
CT-5	6,4
CT-7	2,6
CT-8	3,3

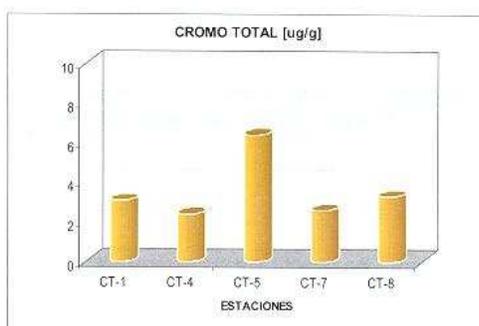


Figura 3.13. Valores de cromo total ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Fluctuación histórica del contenido de cromo total

No obstante el contenido medio de cromo muestra una tendencia a la baja en esta tercera campaña, cabe señalar que las fluctuaciones históricas se han registrado dentro de un estrecho rango de variación ($< 10 \mu\text{g/g}$). En ausencia de aportes antrópicos directos, este patrón refleja la variabilidad natural del contenido basal de cromo total en los sedimentos de punta Totalillo.

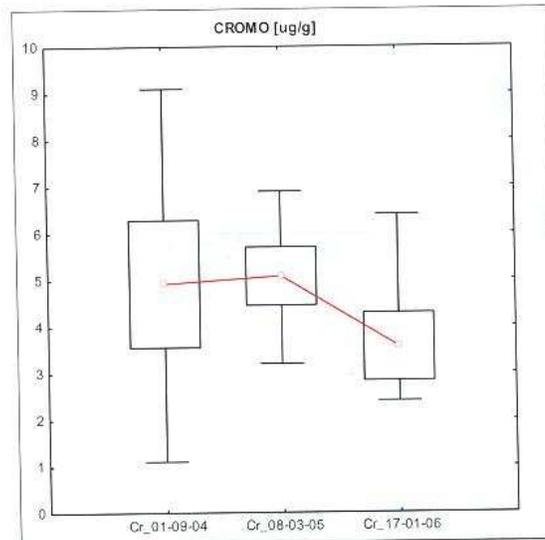


Figura 3.14. Fluctuación histórica del contenido de cromo total en sedimentos submareales. Punta Totoralillo, Región de Atacama 2004- 2006.

3.3.8. Cromo hexavalente

Los niveles detectados de cromo hexavalente, reflejan las condiciones naturales en que se encuentra esta especie química en los sedimentos de punta Totalillo (Tabla 3.11). Si bien se detectó valores ligeramente mayores en las estaciones CT-4 y CT-7, los bajos contenidos indican que el área de estudio no se encuentra sometida a aportes no naturales (Figura 3.15).

Tabla 3.11. Contenido de cromo hexavalente ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Cromo hexavalente ($\mu\text{g/g}$)
CT-1	0,5
CT-4	2,9
CT-5	0,5
CT-7	3,0
CT-8	0,4

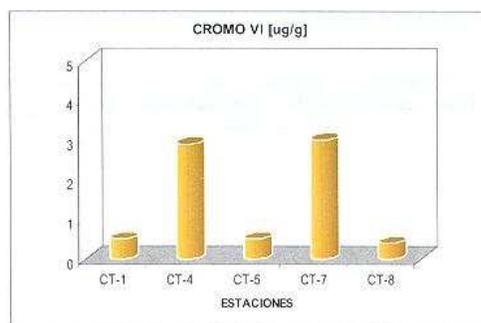


Figura 3.15. Valores de cromo hexavalente ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Fluctuación histórica del contenido de cromo hexavalente

Aunque en las dos últimas campañas los niveles de cromo hexavalente demuestran un aumento respecto de las mediciones efectuadas en la primera, las fluctuaciones de esta especie química han estado restringidas a menos de $5 \mu\text{g/g}$ (Figura 3.16). En ausencia de aportes antrópicos, cabe atribuir dichas variaciones a la variabilidad natural que exhibe el cromo hexavalente en los sedimentos submareales de punta Totalillo.

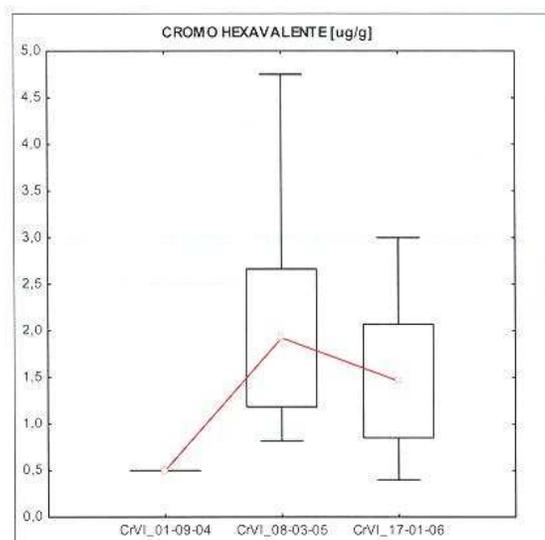


Figura 3.16. Fluctuación histórica del contenido de cromo hexavalente en sedimentos submareales. Punta Totoralillo, Punta Totoralillo, Región de Atacama 2004- 2006.

3.3.11. Hierro

La presencia de hierro en los sedimentos de punta Totalillo se verificó en todas las estaciones del área de estudio (Tabla 3.12). Los contenidos reportados para la presente campaña revelan la abundancia natural que presenta este elemento en la corteza terrestre y que no siempre revela un comportamiento conservativo en ausencia de fuentes antrópicas. La distribución espacial muestra claramente un patrón diferencial en la cubierta sedimentaria (Figura 3.17). En la estación CT-8 se registra el mayor contenido de la serie, mientras que en las estaciones restantes el valor máximo no supera los 1.800 $\mu\text{g/g}$. Dado los niveles de hierro detectados en esta estación (CT-8), no se descarta que los sedimentos se encuentren expuestos a influencia de tipo antrópica u obedezcan a una situación puntual.

Tabla 3.12. Contenido de hierro ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Hierro ($\mu\text{g/g}$)
CT-1	1.673,0
CT-4	780,9
CT-5	1.724,2
CT-7	1.264,6
CT-8	3.146,6

1.000 $\mu\text{g/g}$ = 0,1%

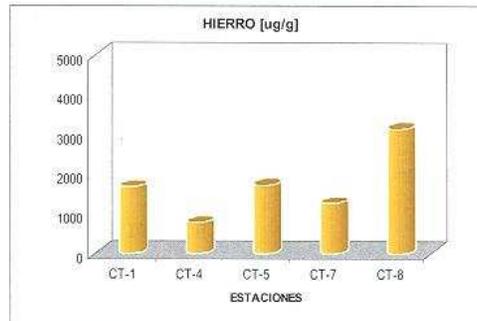


Figura 3.17. Valores de hierro ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Fluctuación histórica del contenido de hierro

La tendencia del contenido medio del hierro muestra un franco descenso desde la primera a tercera campaña (Figura 3.18). Por otra parte, la serie histórica también indica que los niveles máximos naturales de este elemento en punta Totalillo no superarían los 4.000 $\mu\text{g/g}$ en los sedimentos submareales.

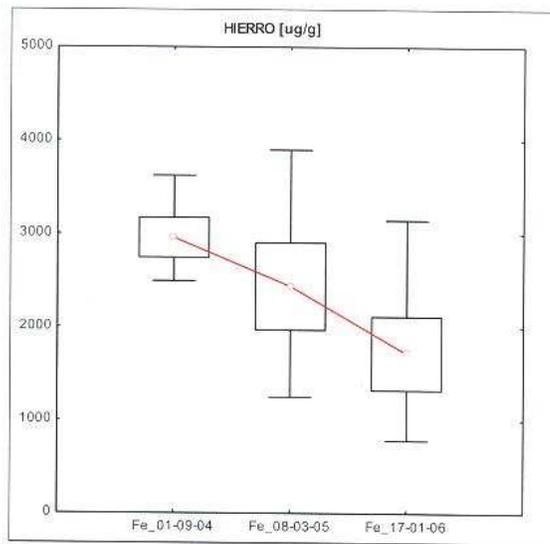


Figura 3.18. Fluctuación histórica del contenido de hierro en sedimentos submareales. Punta Totoralillo, Región de Atacama, 2004- 2006.

3.3.10. Mercurio

En la presente campaña, el análisis de las muestras no reveló la presencia cuantificable de mercurio en los sedimentos de punta Totalillo (Tabla 3.13 y Figura 3.19)). En todos los casos analizados, las mediciones estuvieron bajo el límite de detección (0,013 $\mu\text{g/g}$).

Tabla 3.13. Contenido de mercurio ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Mercurio ($\mu\text{g/g}$)
CT-1	< 0,013
CT-4	< 0,013
CT-5	< 0,013
CT-7	< 0,013
CT-8	< 0,013

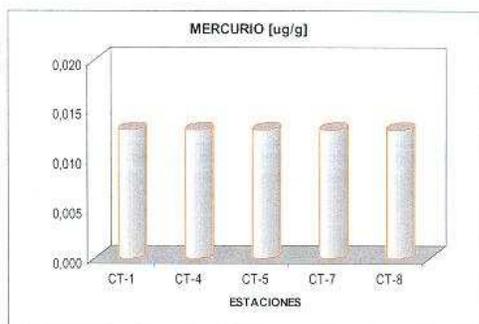


Figura 3.19. Valores de mercurio ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Fluctuación histórica del contenido de mercurio

Aunque la presencia de mercurio fue detectada en todas las estaciones durante la segunda campaña, en esta oportunidad los resultados fueron negativos (Figura 3.20). Una situación similar fue registrada para la primera campaña, aunque en dicho evento si fue posible constatar la ocurrencia de este metaloide en los sedimentos de algunas estaciones.

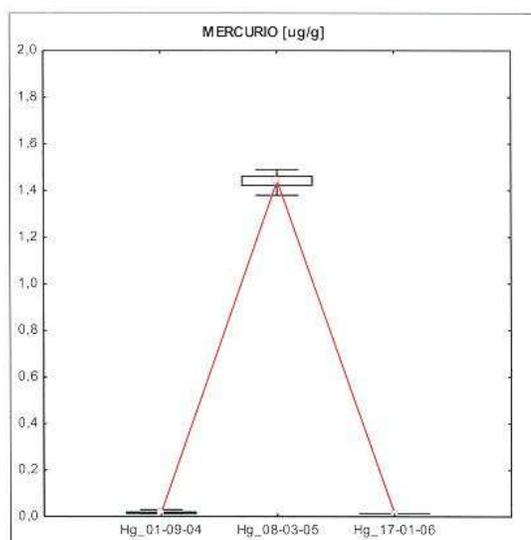


Figura 3.20. Fluctuación histórica del contenido de mercurio en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama, 2004- 2006.

3.3.11. Plomo

Si bien se detectó plomo en los sedimentos de las cinco estaciones de muestreo, los valores fueron bajos ($< 3 \mu\text{g/g}$) y no evidenciaron mayor variabilidad en el área de estudio (Tabla 3.14 y Figura 3.21). Este patrón de distribución apunta a la medición de contenidos basales de plomo existentes actualmente en los sedimentos de punta Totalillo.

Tabla 3.14. Contenido de plomo ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Plomo ($\mu\text{g/g}$)
CT-1	2,6
CT-4	2,4
CT-5	2,8
CT-7	2,7
CT-8	2,4

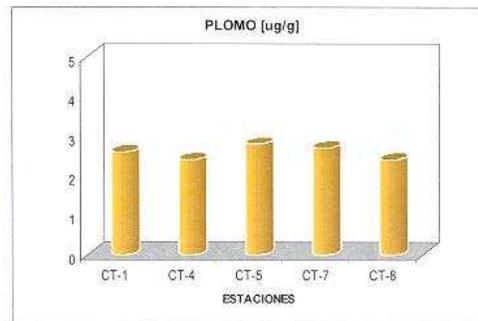


Figura 3.21. Valores de plomo ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Fluctuación histórica del contenido de plomo

Si bien el contenido medio de plomo muestra una ligera tendencia al aumento desde la primera a tercera campaña, el rango de variación de las mediciones durante este mismo período se ha limitado a fluctuar entre el límite de detección y $3,1 \mu\text{g/g}$ (Figura 3.22). Así también, se observa que en la presente campaña la dispersión de los valores ha sido comparativamente menor a la registrada históricamente. Además, dado que durante el período de vigilancia los valores máximos de plomo no han superado los $4 \mu\text{g/g}$, las variaciones que refleja la Figura 3.22 sugieren que se trata de la variabilidad natural que exhibe este elemento en los sedimentos de punta Totalillo.

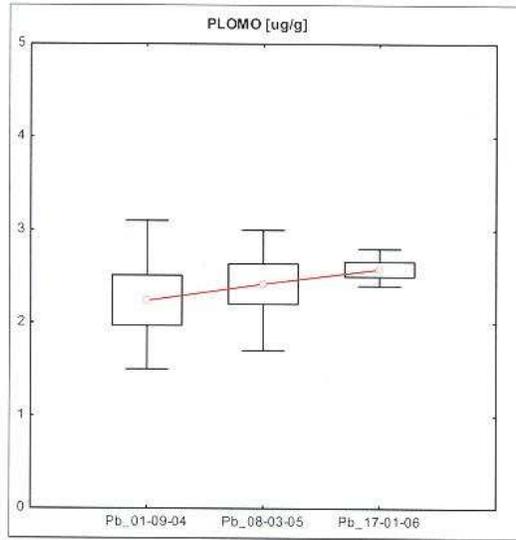


Figura 3.22. Fluctuación histórica del contenido de plomo en sedimentos submareales. Punta Totoralillo, Región de Atacama, 2004- 2006.

3.3.12. Zinc

De las mediciones efectuadas, en dos estaciones (CT-4 y CT-7) los sedimentos no mostraron presencia cuantificable de zinc (Tabla 3.15). En las tres estaciones restantes, el contenido de zinc aparece más conspicuo en la estación CT-8 en donde se eleva ligeramente sobre los 4 $\mu\text{g/g}$ (Figura 3.23). Estos resultados indican que los niveles medidos en esta tercera campaña, responderían a los contenidos basales presentes en los sedimentos de punta Totoralillo.

Tabla 3.15. Contenido de zinc ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	Zinc ($\mu\text{g/g}$)
CT-1	1,5
CT-4	< 1,5
CT-5	2,1
CT-7	< 1,5
CT-8	4,1

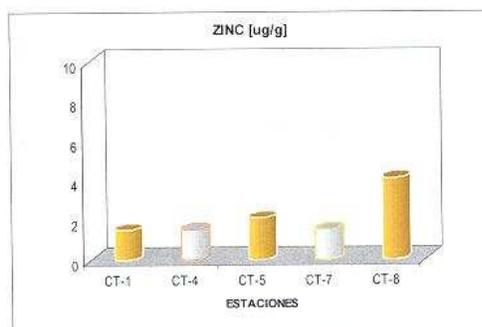


Figura 3.23. Valores de zinc ($\mu\text{g/g}$) en sedimentos submareales. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Fluctuación histórica del contenido de zinc

Históricamente, el contenido máximo de zinc en los sedimentos no ha superado los 7 $\mu\text{g/g}$ (Figura 3.24), patrón que sugiere la condición natural de este elemento en punta Totoralillo. Por otra parte, la tendencia del promedio muestra una disminución en el contenido de zinc en el área de estudio (Figura 3.24), aunque la dispersión de las mediciones de la presente campaña está dentro del rango de valores reportados en la campaña anterior (segunda).

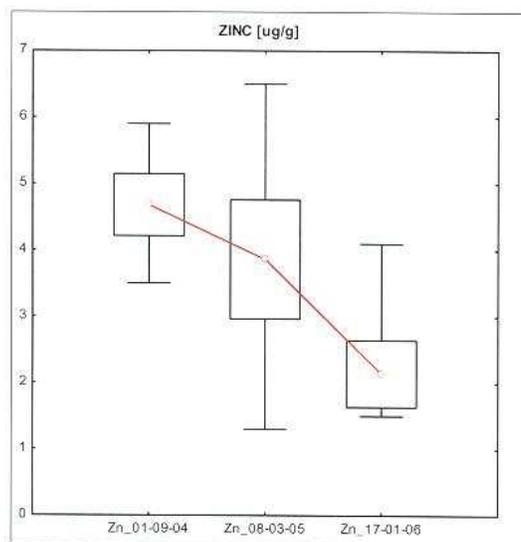


Figura 3.24. Fluctuación histórica del contenido de zinc en sedimentos submareales. Punta Totalillo, Región de Atacama, 2004- 2006.

Comparación de sustancias de relevancia ambiental (hidrocarburos y metales traza) respecto de referentes nacionales y/o extranjeros.

Hidrocarburos totales

En comparación con la información disponible (Tabla 3.16), los contenidos de hidrocarburos totales reportados para la presente campaña, no muestran señales de enriquecimiento en los sedimentos de punta Totalillo. El rango de contenidos medido en esta oportunidad es comparativamente bajo respecto del reportado en la literatura, en razón de lo cual los sedimentos del área de estudio no se encuentran actualmente afectados a procesos de contaminación relacionados con este tipo de sustancias químicas.

Tabla 3.16. Contenido de hidrocarburos totales en sedimentos submareales procedentes de distintas localidades de Chile.

Localidad	Contenido (ppm)	Referencia
Quintero (1986)	0,10 – 5,80	Anrade y Alcázar (1986)
Concepción (1986)	0,14 - 5,06	Alcázar <i>et al.</i> (1986)
Estrecho de Magallanes (1987)	6,5 – 1.859,9	Lecaros y Quilodrán (1987)
Tercera Región (1993-1998)	3,95 (promedio)	IAP (2002)
Tercera Región (1999-2001)	38,136 (promedio)	IAP (2002)
Pta. Totalillo (1ª Campaña)	0,02 – 0,63	OIKOS CHILE (2004)
Pta. Totalillo (2ª Campaña)	0,26 – 1,69	OIKOS CHILE (2005)
Pta. Totalillo (3ª Campaña)	0,07 – 0,34	Este estudio

Fuente: elaboración propia.
ppm (partes por millón) = µg/g = mg/kg

Metales traza

De la serie de metales traza analizados, sólo los niveles medidos de arsénico revelan señales de enriquecimiento natural en comparación con los contenidos considerados como naturales en la literatura científica (Tabla 3.17). Por otra parte, al comparar los valores reportados para la presente campaña respecto de referentes de calidad ambiental extranjeros, se aprecia que nuevamente los contenidos de arsénico se encuentran fuera de rango (Tabla 3.18). Particularmente, las mediciones más altas de este metaloide (8,31, 11,25 y 16,15 µg/g; ver Tabla 3.7) son mayores a dos de los referentes extranjeros más exigentes: TEL y ERL.

Tabla 3.17. Contenidos naturales de metales y metaloides en sedimentos. El valor se deriva de la compilación de distintas fuentes a nivel mundial.

Metales traza	Contenido natural ⁽¹⁾	Punta Totoralillo		
		Campaña 1	Campaña 2	Campaña 3
Arsénico (µg/g)	1,1	0,209 -1,228	0,37 - 1,47	2,37 - 16,15
Cadmio (µg/g)	0,1 - 0,3	< 0,2 - 0,6	0,2 - 0,3	< 0,2 - 0,3
Cobre (µg/g)	10 - 25	2,2 - 12,8	3,2 - 12,7	1,5 - 8,5
Cromo (µg/g)	7 - 13	1,1 - 9,8	3,2 - 6,9	2,4 - 6,4
Hierro (%)	0,99 - 1,8	0,24 - 0,36	0,12 - 0,38	0,07 - 0,31
Mercurio (µg/g)	0,004 - 0,051	< 0,013 - 0,03	1,38 - 1,49	< 0,013
Plomo (µg/g)	4 - 17	< 1,5 - 3,1	1,7 - 3,0	1,7 - 3,0
Zinc (µg/g)	7 - 38	2,0 - 5,9	1,3 - 6,5	1,5 - 4,1

Fuente: ⁽¹⁾ Buchman (1999)

Tabla 3.18. Comparación entre el contenido medido de metales (rango) en los sedimentos submareales de punta Totoralillo y directrices extranjeras para sedimentos marinos.

Metal/Metaloide	Campaña	Rango en Pta. Totoralillo	TEL	PEL	ERL	ERM	AET
Arsénico (µg/g)	1	0,209 -1,228	7,2	41,6	8,2	70,0	--
	2	0,37 - 1,47					
	3	2,37 - 16,15					
Cadmio (µg/g)	1	< 0,2 - 0,6	0,6	4,2	1,2	9,6	--
	2	0,2 - 0,3					
	3	< 0,2 - 0,3					
Cobre (µg/g)	1	2,2 - 12,8	18,7	108,2	34,0	270,0	--
	2	3,2 - 12,7					
	3	1,5 - 8,5					
Cromo (µg/g)	1	1,1 - 9,8	52,3	160,4	81,0	370,0	--
	2	3,2 - 6,9					
	3	2,4 - 6,4					
Hierro (%) ^(a)	1	0,24 - 0,36	--	--	--	--	22,0
	2	0,12 - 0,38					
	3	0,07 - 0,31					
Mercurio (µg/g)	1	< 0,013 - 0,03	0,1	0,6	0,1	0,7	--
	2	1,38 - 1,49					
	3	< 0,013					
Plomo (µg/g)	1	< 1,5 - 3,1	30,2	112,1	46,7	218,0	--
	2	1,7 - 3,0					
	3	1,7 - 3,0					
Zinc (µg/g)	1	2,0 - 5,9	124,0	271,0	150,0	410,0	--
	2	1,3 - 6,5					
	3	1,5 - 4,1					

^(a) Para efecto de equivalencia de unidades, los contenidos originales de hierro en µg/g fueron transformados en porcentaje (10.000 µg/g = 1%).

3.4. Conclusiones

Efectuado el análisis e interpretación de los resultados sobre las condiciones físicas y químicas actuales e históricas de los sedimentos submareales de punta Totoralillo, es posible desprender las siguientes conclusiones:

- La cubierta sedimentaria mantiene el predominio de arenas gruesas y medianas en su composición granulométrica, siendo la fracción biógena el principal componente de los granos en cuanto a su origen ("conchuela"). Lo anterior refleja que los fondos no consolidados de punta Totoralillo se encuentran bajo la influencia de un régimen hidrodinámico caracterizado por procesos erosivos y/o de transporte.
- Los sedimentos mostraron bajos contenidos de carbono orgánico en su composición, condición que ya había sido reportada en campañas anteriores. Este patrón de baja carga orgánica en sectores costeros no influenciados por actividad humana, se vincula a la presencia de arenas no sometidas a descargas de cursos de agua continentales de áreas de tipo endorreicas.
- Los bajos contenidos de hidrocarburos totales revelaron señales de ausencia de contaminación por este tipo de compuestos. En todo caso, en una de las estaciones más cercanas al sector de fondeo de embarcaciones artesanales el nivel de hidrocarburos fue comparativamente mayor, condición que revela algún grado de influencia humana en la condición química de los sedimentos submareales.
- De la serie de metales traza analizados, sólo el arsénico muestra signos de enriquecimiento al confrontarlos con contenidos naturales o con referentes extranjeros. Aunque los metales restantes mostraron variaciones en su distribución espacial y fluctuación en sus respectivas series históricas, estas oscilaciones estuvieron restringidas a la variabilidad natural que exhiben los contenidos basales de un sector costero no sometido a la acción antrópica directa.

3.5. Bibliografía

Alcázar, F.; L. López y A. Salinas. 1996. Contenido de hidrocarburos en sedimento de fondo, arenas de playa y en organismos marinos de la bahía de Concepción. Programa de Investigación, Vigilancia y Control de la Contaminación Marina por Hidrocarburos de Petróleo en el Pacífico Sudeste y su efecto en las comunidades y ecosistemas marinos. CONPACSE-FASE 1. Informe de Avance N°2. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso. Doc. IOUV/2. pp. 183-192.

Andrade, H. y F. Alcázar. 1986. Efecto de dos derrames de hidrocarburos de petróleo en la bahía de quintero, Chile. Seminario sobre Investigación y Vigilancia de la Contaminación Marina en el pacífico Sudeste, Cali, Colombia, 77 p.

Buchmann, M.F. 1999. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA HAZMAT Report 99-1, Seattle WA, Coastal Protection and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 12 p.

Folk, R. 1980. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Pub. Co. Austin, Texas. 182 p.

Folk, R.L. y W.C. Ward. 1957. Brazos River bar, a study in the significance of grain size parameters. Jour. Sed. Petrol., 27: 3-26.

IAP. 2002. Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2002. Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile, 458 p.

Lecaros, O. y M. Quilodrán. 1987. Derrame de petróleo del BT Cabo Pilar en Estrecho de Magallanes (Chile). Seminario sobre Investigación y Vigilancia de la Contaminación Marina en el Pacífico Sudeste, Cali, Colombia, 77 p.

OIKOS CHILE. 2004. Estudio de Línea Base Marina Puerto en Punta Totalillo (Tercera Región de Atacama). Primera Campaña Bioceanográfica (septiembre del 2004). Informe preparado para Compañía Minera del Pacífico S.A.

OIKOS CHILE. 2005. Estudio de Línea Base Marina Puerto en Punta Totalillo (Tercera Región de Atacama). Segunda Campaña Bioceanográfica (marzo del 2005). Informe preparado para Compañía Minera del Pacífico S.A.

Ramorino, L. 1989. Diagnóstico sobre la contaminación por hidrocarburos de petróleo en el Pacífico Sudeste: Colombia, Chile, Ecuador, Panamá y Perú. Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Areas Costeras del Pacífico Sudeste. Doc. CPPS/COI/PNUMA(OCA) – PSE Consult. 1.

UCN. 2002. Identificación y caracterización de las oportunidades de inversión en el sector acuícola de la Región de Atacama (Borde Costero). Universidad Católica del Norte. Informe Final, 173 p.

Wentworth, C. 1922. A scale of grade and classterm for clastic sediments. Journal of Geology, 30(5): 377-392.

4 FITOPLANCTON

4.1. Introducción

En el presente capítulo se señalan los resultados sobre la composición específica y distribución espacial del fitoplancton recolectado en las aguas circundantes a punta Totalillo. Además, se compara los resultados obtenidos en esta campaña con los reportados con anterioridad.

4.2. Metodología

Las muestras de fitoplancton fueron recolectadas, durante el 17 de enero, en la red de cinco estaciones ubicada frente a punta Totalillo (Figura 4.1). La posición y profundidad de las estaciones de recolección de fitoplancton se indica en la Tabla 4.1.



Figura 4.1. Red de estaciones de muestreo de fitoplancton. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero de 2006.

Tabla 4.1. Posición y profundidad de las estaciones de fitoplancton. Pta. Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Profundidad (m)
PCT-1	7.028.754	319.161	21
PCT-4	7.028.810	319.575	22
PCT-5	7.028.927	319.637	22
PCT-7	7.029.707	320.178	18
PCT-8	7.028.686	319.768	19

Datum WGS84, Huso 19

El análisis cualitativo se realizó con un microscopio fotónico Leitz DIALUX 20, y los resultados se expresan en Índices de Abundancia Relativa (I.A.R.), de acuerdo a la siguiente escala:

I.A.R.	Diatomeas	Dinoflagelados/Silicoflagelados
Raro (R)	1 célula	1 célula
Escaso (E)	2-10 células	2-10 células
Abundante (A)	11-50 células	11-30 células
Muy Abundante (M)	> 50 células	> 30 células

El análisis cuantitativo se efectuó en un microscopio invertido Wild M-40, previa sedimentación de las muestras en cámaras de 5, 10, 25, 50 o 100 cc, según sea el caso, siguiendo el método de Utermöhl (1958). Los resultados se expresan en número de células por litro de agua de mar. Tanto en el análisis cualitativo como cuantitativo del fitoplancton, se tomaron en consideración las recomendaciones de UNESCO (1978).

Para la identificación taxonómica de las especies del fitoplancton, se consultaron diversas publicaciones especializadas, destacando las siguientes: Avaria (1965), Balech (1988 y 1995), Cupp (1943), Rivera (1968) y Tomas (1996).

4.3. Interpretación de resultados

4.3.1. Análisis cualitativo

Fitoplancton abundante y relativamente diverso en las muestras de red, dominado por diatomeas, destacando por su dominancia la especie *Pseudo-nitzschia australis*, la escasa presencia de Dinoflagelados y la ausencia de silicoflagelados (Tabla 4.2).

4.3.2. Análisis cuantitativo

La presencia de fitoplancton fue abundante en las muestras de agua, dominado absolutamente por diatomeas, destacando por su densidad la especie *Pseudo-nitzschia australis*, cuya concentración máxima alcanzó a 2.915.268 célL⁻¹ (estación CT5).

Tabla 4.2. Análisis cualitativo y cuantitativo de las muestras de fitoplancton. Pta. Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Diatomeas	CT1			CT4			CT5			CT7			CT8		
	H	V	Agua												
<i>Detonula pumila</i>	-	-	-	E	-	-	R	E	-	-	E	-	E	E	-
<i>Guinardia striata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E	-	-	-	-
<i>Pseudo-nitzschia australis</i>	M	M	1.057.650	M	M	1.288.410	M	M	2.915.268	M	M	1.526.862	M	M	1.365.330
Dinoflagelados															
<i>Ceratium furca</i> var. <i>berghii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	E	-	E	R	-
<i>Diplopsalis lenticula</i>	R	-	-	-	R	-	-	R	-	-	-	-	R	-	-
<i>Protoperidinium brochii</i>	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium conicum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.4. Conclusiones

Respecto del muestreo anterior, el fitoplancton resultó notoriamente menos diverso, disminuyendo considerablemente su riqueza de especies, representado por una comunidad más bien propia de áreas de surgencia costera.

Los dinoflagelados estuvieron escasamente representados en todas las estaciones, tanto en las muestras de red como en las de agua. El grupo de las diatomeas, no obstante presentarse con tres especies, dominó la comunidad fitoplanctónica tanto en los análisis cualitativos como cuantitativos, destacando por sus altos recuentos la especie *Pseudo-nitzschia australis*, la cual representó el 100 % en las cinco estaciones de muestreo. Por otra parte, como ya ha sido señalado, no se registró ninguna especie del grupo de los silicoflagelados en las muestras analizadas.

La especie de diatomea *Pseudo-nitzschia australis*, ha sido responsable de intensas y persistentes floraciones algales en Chile, particularmente en los últimos años. Se asocia

con la presencia de ácido domoico en áreas afectadas por esta toxina, de gran impacto en la salud humana y maricultura en otras latitudes, donde los moluscos actúan como transvectores de ella.

Como conclusión, se desprende que el muestreo coincidió con baja riqueza y diversidad de especies fitoplanctónicas en el área de estudio, con amplio predominio del grupo de las diatomeas por sobre los dinoflagelados, con una evidente floración prácticamente monoespecífica de la especie *Pseudo-nitzschia australis*.

Esta comunidad fitoplanctónica representa un estado relativamente avanzado de un proceso de surgencia costera, cuya declinación se caracteriza por la presencia de taxa de dinoflagelados, como en este caso, los cuales están más bien adaptados a condiciones de estabilidad de la columna de agua y baja concentración de micronutrientes.

4.5. Bibliografía

Avaria, S. 1965. Diatomeas y silicoflagelados de la bahía de Valparaíso. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 12 (1-3): 61-119.

Avaria, S. 1975. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. II. Fitoplancton 1970-1971. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 15 (2): 131-148.

Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Publicaciones especiales, Instituto Español de Oceanografía, N° 1, 310 pp.

Balech, E. 1995. The Genus *Alexandrium* Halim (Dinoflagellata). Published by Sherkin Island Marine Station, Sherkin Island, Co. Cork, Ireland, 151 pp.

Cupp, E. 1943. Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America. University of California Press, 237 p.

Fonseca, T. 1977. Proceso de surgencia en Punta Curaumilla, con especial referencia a la circulación. Tesis Escuela de Pesquerías y Alimentos. Univ. Católica de Valparaíso, 90 p.

Fonseca, T. 1984. Inversión térmica costera y su relación con los eventos de surgencia. *Biología Pesquera*, 13: 15-22.

Fonseca, T. y M. Farías. 1987. Estudio del proceso de surgencia en la costa chilena utilizando percepción remota. *Investigación Pesquera (Chile)*, 34: 33-46.

Johnson, D.R., T. Fonseca y H. Sievers. 1980. Upwelling in the Humboldt Coastal Current near Valparaíso, Chile. *Journal of Marine Research*, 38(1):1-16.

Montecinos, A y F. Balbontín. 1993. Índices de surgencia y circulación superficial del mar: implicancia biológica en un área de desove de peces entre Los Vilos y Valparaíso, Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 28(1):133-150.

Muñoz, P. y S. Avaria. 1997. Fenómenos de marea roja y otras floraciones algales en Chile. *Ciencia y Tecnología del Mar*, 20: 175-192.

OIKOS CHILE. 2004. Estudio de Línea Base Marina Puerto en Punta Totalillo (Tercera Región de Atacama). Primera Campaña Bioceanográfica (septiembre del 2004). Informe preparado para Compañía Minera del Pacífico S.A.

OIKOS CHILE. 2005. Estudio de Línea Base Marina Puerto en Punta Totalillo (Tercera Región de Atacama). Segunda Campaña Bioceanográfica (marzo del 2005). Informe preparado para Compañía Minera del Pacífico S.A.

Rivera, P. 1968. Sinopsis de las diatomeas de la bahía de Concepción, Chile. *Gayana Botánica* 18, 112 p.

Sievers, H. y N. Silva, 1979. Variación temporal de las condiciones oceanográficas frente a punta Curaumilla, Valparaíso, Chile. *Investigaciones Marinas, Valparaíso*, 7(1): 3-20.

Silva, N. 1973. Variaciones estacionales de temperatura, salinidad y contenido de oxígeno en la zona costera de Valparaíso. *Investigaciones Marinas, Valparaíso*, 4(3): 89-112.

Tomas, C. 1996. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Acad. Press, San Diego.

Capítulo 5 ZOOPLANCTON

5.1. Introducción

El zooplancton ocupa una posición clave en la trama alimentaria pelágica debido a que transfiere energía y materia orgánica producida por algas unicelulares a través de la fotosíntesis a niveles tróficos superiores. Sin embargo este grupo de organismos marinos es altamente complejo, considerando la gran cantidad de taxa que lo componen, además de las distintas fases larvianas por las que pasan muchas especies. Todo ello conlleva a que los diferentes estudios que lo aborden necesariamente deben tratar con una adecuada identificación taxonómica (Bhaud et. al 1995).

5.2. Metodología

La prospección de zooplancton para la determinación de distribución, composición, y estructura comunitaria se realizó siguiendo la metodología de muestreo y estandarización sugerida por Robinson *et al.* (1996) y el protocolo de muestreo propuesto por Smith y Richardson (1979). En la Tabla 5.1. se indica la posición y profundidad de las estaciones de muestreo, mientras que en la Figura 5.1 se representa esta red de estaciones.

Tabla 5.1. Posición y profundidad de las estaciones de muestreo de zooplancton. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Profundidad (m)
PCT-1	7.028.754	319.161	24
PCT-4	7.028.810	319.575	12
PCT-5	7.028.927	319.637	22
PCT-7	7.029.707	320.178	19
PCT-8	7.028.686	319.768	11

Datum WGS84, Huso 19

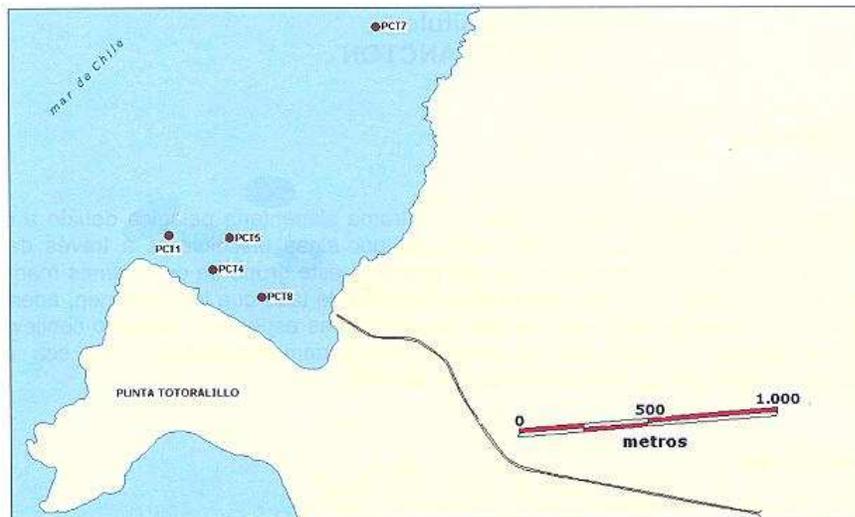


Figura 5.1. Red de estaciones de muestreo de zooplancton. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Considerando que la profundidad de muestreo es somera (17,6 m en promedio) y cercana a la costa, se utilizó una red cilíndrica cónica para la recolección de las muestras, la cual presenta una maniobrabilidad más adecuada que la red Bongo en esta agua someras. Los arrastres fueron de tipo verticales desde cerca del fondo hasta la superficie. La red tiene una abertura de boca de 67 cm de diámetro, con malla de 330 μm . Se midió el tiempo de izado de la red para posteriormente estandarizar el volumen filtrado.

Para hacer comparativos los distintos muestreos entre sí y con estudios similares, las pescas zooplanctónicas se estandarizaron a un volumen de agua igual a 100 m^3 .

Las muestras obtenidas fueron etiquetadas y fijadas a bordo con formalina tamponada al 10%. Posteriormente en el laboratorio se cuantificó el peso del zooplancton, procediendo luego a los análisis de determinación taxonómica, y de estructura comunitaria de los organismos planctónicos. Las muestras de zooplancton fueron analizadas en su totalidad, no realizándose submuestras.

5.3. Resultados

El estudio de la comunidad zooplanctónica realizado permitió determinar un total de 34 formas taxonómicas diferentes, de las cuales 22 fueron clasificadas en la categoría de género o especie, y las restantes en una categoría superior (Familia, Orden o Clase) (Apéndice 5.1). La riqueza específica por estación se mantuvo dentro del rango de lo registrado en los estudios previos, oscilando entre 14 taxa (estación PCT-8) y 27 taxa (estación PCT-1). La riqueza en conjunto del área de estudio fue de 35 taxa, similar a la riqueza obtenida en marzo de 2005 (34 taxa)

Los niveles totales de abundancia obtenidos (67.651 individuos/100 m³) son ligeramente inferiores a los registrados en el monitoreo de marzo pasado (75.279 individuos/100 m³), al compararlos con las pescas de fondo a superficie, las que son equivalentes a las realizadas en esta oportunidad.

En la Figura 5.2 se presentan los grupos zooplanctónicos que alcanzaron las densidades más altas en el área de estudio. Las mayores abundancias de organismos zooplanctónicos estuvieron representadas por representantes de la Clase Crustacea, alcanzando un total de 55.902 ejemplares/100 m³, lo cual representa el 82% de la abundancia total.

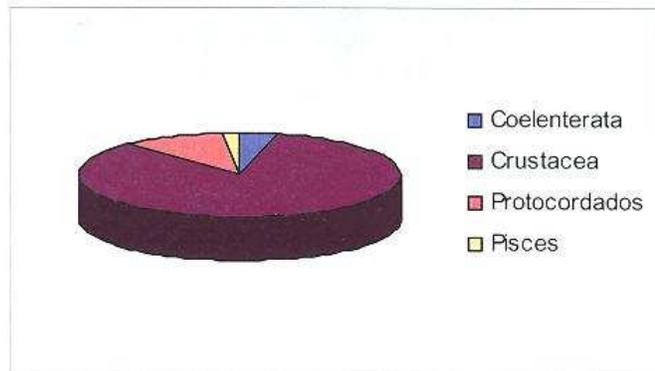


Figura 5.2. Composición porcentual de los taxa identificados en la comunidad zooplanctónica mediante arrastres desde cerca del fondo a la superficie en la columna de agua. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Dentro de Crustacea el grupo más abundante fue Copépoda, alcanzando una dominancia cercana al 76 % (Apéndice 5.1), dentro de la cual el Orden Calanoida logra un 95% de la dominancia. Los otros representantes de Copepoda determinados en este estudio (Harpacticoida y Ciclopoida) tuvieron abundancias relativas inferiores, aunque destaca la prevalencia de un 100% del Orden Harpacticoida al igual que lo registrado por los copépodos calanoides.

En segundo orden de importancia numérica dentro de Crustacea se ubicaron las larvas nauplius de cirripedios, las cuales lograron una dominancia superior al 4% del total y una prevalencia del 100% (Apéndice 5.1).

Destacaron también dentro de los crustáceos las larvas de decápodos del tipo zoeas, las que en conjunto alcanzaron 1.437 indiv./100 m³, valor que corresponde a un 39% menos de lo obtenido en la campaña anterior (considerando las pescas de fondo a superficie), pero con una riqueza específica casi el doble más alta (Apéndice 5.1). Las mayores abundancias relativas las presentaron las zoeas pertenecientes a las especies *Pleuroncodes monodon* y *Homalaspis plana*.

El parámetro comunitario de prevalencia en larvas de decápodos fue mayoritariamente de un 80%, siendo la estación PCT-5 la que presentó mayores ausencias de zoeas. La dominancia en este grupo resultó baja, no alcanzando el 0,4% en promedio.

De manera similar al estudio de marzo pasado, las mayores abundancias relativas después de los crustáceos correspondieron a los protocordados del tipo larvaceos, alcanzando alrededor de un 11% de dominancia, con una prevalencia de 100 y 80% en las dos especies de *Oikopleura*. Los niveles de abundancia entre estaciones oscilaron entre los 341 y 3.355 indiv./100 m³ en la especie más abundante (*Oikopleura* sp1).

El zooplancton gelatinoso estuvo representado por los ordenes Hidrozoa y Siphonozoa de la Clase Hidrozoa y por éfiras en yemación en un estróbilo de *Aurelia* sp. de la Clase Escifozoa. La abundancia fue similar respecto a lo obtenido en las pescas de fondo a superficie en el estudio de marzo (en torno a los 2.500 ind./100 m³ en ambos monitoreos), en donde la dominancia se mantuvo en un rango también similar en ambos periodos (3,5% en marzo de 2005 y 3,8% en el presente estudio) (Apéndice 5.1). La única especie que destacó en esta ocasión por su abundancia fue *Phialella quadrata*, con 2.074 ind./100 m³. La frecuencia de ocurrencia en general fue baja, a excepción de *Phialella quadrata* que alcanzó un 100% de prevalencia.

El ictioplancton en el presente estudio tuvo una menor representación en cuanto a riqueza específica, aunque los niveles de abundancia fueron similares al monitoreo anterior (en pescas de fondo a superficie). En total se determinaron cuatro familias; Clupeidae (con huevos de *Sardinops sagax*), Engraulidae (con huevos y prelarvas de *Engraulis ringens*), Merlucciidae (con huevos de *Merluccius gayi gayi*) y Blenniidae (con larvas de *Hipsoblennius sordidus*). De estas especies destacó por su prevalencia *Engraulis ringens* (100%) en la fase huevo, con abundancias relativas importantes, especialmente en las estaciones PCT-1 y PCT-8. Le siguió en importancia numérica y prevalencia la especie *Sardinops sagax* en su fase huevo, la cual se encontró en 4 de las 5 estaciones (Apéndice 5.1).

Tabla 5.1. Parámetros de la estructura comunitaria del zooplancton. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Indices	PCT-1	PCT-4	PCT-5	PCT-7	PCT-8
B	0,149	0,128	0,106	0,117	0,101
N	22.309	8.150	6.001	26.645	4.545
S	27	20	16	22	14
H'	0,43	0,67	0,64	0,44	0,74
J'	0,30	0,52	0,53	0,32	0,65

B, valores de biomasa húmeda del zooplancton (mg/m³); N, abundancia numérica (Indiv/100 m³); S, número de taxa. H', diversidad específica (bit/ind); J', uniformidad.

Los valores de biomasa en el presente monitoreo estuvieron dentro del mismo orden de magnitud en comparación con el estudio pasado, considerando las pescas de fondo a superficie. El rango de variación entre estaciones de este parámetro fue estrecho (Tabla 5.1).

Una mayor variación entre estaciones se observó respecto a la abundancia numérica y riqueza específica, en donde las mayores densidades de organismos zooplanctónicos se presentaron en las estaciones PCT-7 y PCT-1, coincidiendo además que la riqueza específica en estas dos estaciones fue relativamente más alta que el resto.

La diversidad específica fue en promedio levemente más alta que la registrada en el estudio anterior, comparándolo con las estaciones de fondo a superficie. Una situación equivalente ocurre con la uniformidad. En tres estaciones la diversidad resultó relativamente alta, siendo igual o superior a los 0,64 bit/ind. (Tabla 5.1). Las estaciones con la menor diversidad específica fueron la PCT-1 y PCT-7, las cuales tienen las mayores abundancias relativas y también la riqueza específica más alta pero con dominancia fuerte de un solo taxa por sobre el resto (copépodos calanoides), lo cual resulta en una baja uniformidad detectada por el índice, lo que incide en una menor diversidad específica.

La similitud o disimilitud entre estaciones respecto a las variables biológicas taxa y abundancia se analizó mediante un análisis de cluster con el índice de Bray Curtis. El dendrograma resultante (Figura 5.4) muestra un primer agrupamiento con un nivel de similitud inferior al 50%. Posteriormente a una similitud aproximada de 60% se separa de todo el grupo la estación PCT-8, la cual presentó los menores niveles tanto de abundancia como de riqueza específica. A un nivel mayor de similitud (cercana al 80%) se agruparon las estaciones PCT-4 y PCT-5, las cuales presentan rangos de abundancia cercanos y están geográficamente próximas. La más alta similitud (87%) se produjo entre las estaciones PCT-1 y PCT-7, las que se encuentran más alejadas del borde costero, y comparten entre sí las mayores abundancias unida a la más alta riqueza específica, presentando estos parámetros un rango similar entre sí.

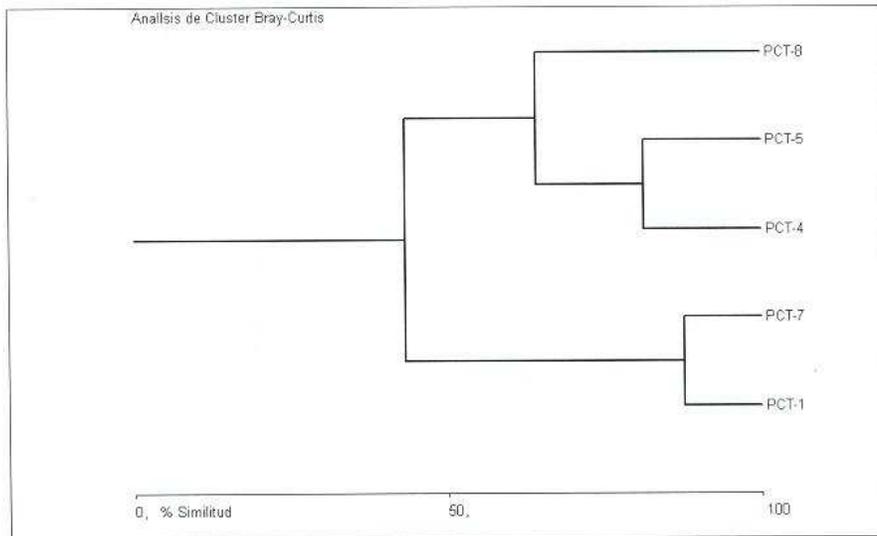


Figura 5.4. Dendrograma de agrupamiento de las estaciones muestreadas de cerca del fondo a la superficie, utilizando el índice de similitud Bray Curtis y el modo UPGMA como método de unión. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

5.5. Conclusiones

Aunque existen diferencias estacionales entre ambas campañas (septiembre del 2004 y marzo de 2005) y la productividad marina de la época otoñal es generalmente más baja que la estival, se pudo observar una estructura comunitaria zooplanctónica similar. Además, se registró una menor presencia de larvas de decápodos en ambos muestreos, si bien ésta se enmarca dentro del mismo orden de magnitud que el determinado en septiembre pasado (OIKOS CHILE, 2004). Estas zoeas tienen una distribución espacial más bien superficial y costera, como ha sido determinado para el área de estudio en el trabajo de Rivera y Mujica (2004).

Otro aspecto a destacar es que la dinámica en la distribución espacial mostrada por la comunidad zooplanctónica en este estudio fue de una tendencia notoria a la formación de parches. En la dimensión espacial, los parches se refieren a una distribución agregada de un determinado número de organismos por unidad de volumen (Mackas, 1985). Este aspecto pudo verse reflejado en la alta heterogeneidad espacial encontrada no sólo en los niveles de abundancia, sino además en la riqueza específica entre estaciones. En el análisis de clasificación se observa claramente la separación de la estación PCT-8 de las cuatro restantes en el muestreo de fondo a superficie, producto de su baja similitud tanto en riqueza específica (en donde triplica a algunas estaciones) como en niveles de abundancia, superando en un orden de magnitud a todas las demás estaciones. Ello influyó en la diferenciación de la diversidad específica encontrada en las muestras obtenidas desde fondo a superficie.

Lo anterior sugiere una concentración mayor de organismos planctónicos en ciertas áreas, producida probablemente por una oferta diferencial de alimento del punto de vista espacial (Bravo y Balbontín, 2005). Es probable que en esta época del año, en que la productividad primaria no es alta como en primavera, la densidad de organismos que estructuran el alimento del zooplancton, como son el microzooplancton, el fitoplancton y en menor medida el bacterioplancton, sea más baja.

Dentro de las consecuencias ecológicas de estas agregaciones zooplanctónicas está la alimentación, la reducción del riesgo de ser comido, la selectividad de hábitat y los efectos demográficos (Valiela, 1985). Este último factor (demográfico), se relaciona con la capacidad diferencial que se ha encontrado en algunos copépodos para resistir la inanición, en donde los patrones de sobrevivencia de ciertos géneros están adaptados a un amplio rango de distribuciones espaciales de alimento (Dagg, 1977).

Los patrones de riqueza específica y de distribución y abundancia del ictioplancton determinados en este estudio concuerdan con otros trabajos realizados dentro del sistema de la corriente de Humboldt en Chile central y norte (Mujica *et al.*, 1985, Balbontín y Orellana, 1983, Balbontín y Bravo, 1999). Si bien las abundancias no fueron altas, situación esperable por no ser época reproductiva principal, es considerable la alta riqueza

específica del ictioplancton tanto en las muestras superficiales como en las de fondo a superficie. Los taxa ictioplanctónicos más abundantes fueron aquellos en que los adultos presentan un desove fraccionado o heterocronal, a lo largo de todo el año, como es el caso de la merluza común, *Merluccius gayi gayi*, y de algunos peces linterna (mictófidis).

Zonas de desove y crianza de peces en el litoral

En Chile los principales recursos ícticos asociados al litoral, que sustentan grandes pesquerías, están conformados principalmente por los ordenes de peces demersales tales como Gadiformes (con cuatro especies de merluza), Ophidiiformes (con tres especies de congrio) y Clupeiformes, con los pequeños pero abundantes pelágicos como la anchoveta y las distintas especies de sardina.

La actividad reproductiva de las especies demersales en el Pacífico chileno se concentra temporalmente en el periodo de invierno y primavera, pero puede prolongarse en una escala menor a lo largo de casi todo el año (Balbontín y Fischer, 1981; Paredes y Bravo, 2005). Respecto a su distribución espacial, estas especies demersales se encuentran en un amplio rango geográfico, reproduciéndose a través de todo éste, no obstante su actividad principal de desove y crianza larval lo presentan en áreas geográficas bien delimitadas. Por ejemplo la merluza común (*Merluccius gayi gayi*) se distribuye entre Antofagasta y Chiloé, con dos zonas principales de desove, entre Papudo e Iloca y entre Iloca y Corral (Bernal *et. al.*, 1997). Por otra parte el congrio dorado (*Genypterus blacodes*) y el congrio negro (*Genypterus maculatus*) se distribuyen entre la II y XI, y entre la I y la X regiones respectivamente, pero el desove principal del congrio dorado es en la XI Región y del congrio negro en la X Región. (Chon, 1993, SERNAP, 2003; Paredes y Bravo, 2005).

Con los clupeiformes la situación es similar. Es el caso de la sardina española (*Sardinops sagax*) y la anchoveta (*Engraulis ringens*) que se distribuyen entre Arica y Corral la primera, y entre Arica y Puerto Montt la segunda, teniendo la sardina sólo dos zonas máximas de desove y áreas de retención larval contiguas, donde la más importante ocurre entre Iquique y Antofagasta y un área menor frente al Golfo de Arauco (IFOP, 2003). La anchoveta en tanto mostró las mayores densidades de huevos frente a Talcahuano y en segundo lugar frente a Arica en un amplio estudio realizado por el IFOP (IFOP, 2003), que abarcó desde Arica hasta Puerto Montt. Sin embargo estas dos especies pelágicas mostraron en este estudio actividad reproductiva a través de toda su área de distribución.

En consecuencia, y de acuerdo con los antecedentes disponibles, las aguas circundantes a punta Totalillo no están dentro de las zonas consideradas como áreas de desove o crianza de peces que sustentan las grandes pesquerías de nuestro país.

5.6. Bibliografía

- Balbontín, F. y A. Orellana. 1983. Descripción de las larvas del pez linterna *Hygophum bruuni* (Pisces, Myctophidae) del área de Valparaíso, Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso. 19(2):205-216.
- Balbontín, F. y R. Bravo. 1999. Distribución, abundancia y agrupaciones ictioplanctónicas en un área de desove de merluza común entre Papudo y Valparaíso. Revista de Biología Marina 34(2) 233-260.
- Balbontín F. y W. Fischer. 1981. Ciclo sexual y fecundidad de la merluza, *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 17 (30): 285-334.
- Bernal R., F. Balbontín y O. Rojas. 1997. Patrones de distribución de huevos y larvas de *Merluccius gayi gayi* en la costa de Chile y factores ambientales asociados. Rev. Biol. Mar. y Ocean., Valparaíso, 32 (1): 45-66.
- Bravo R. y F. Balbontín 2005. Distribución vertical del ictioplancton y su relación con las condiciones ambientales en un área de desove de la zona central. (Manuscrito en evaluación).
- Bhaud. M. J. Hoon Cha, J.C. Duchêne, D. MArtín and C. Nozais. 1995. Larval biology and benthic recruitment: New ideas on the role of egg-masses and modelling life-cycle regulation. Sci. Mar., 59 (Supl. 1): 103-117.
- Chong J. 1993. Estimación de fecundidad y talla de de primera madurez sexual del congrio dorado (*Genypterus blacodes*) en la pesquería sur austral, Informe final, 24 pp.
- Dagg M. 1977. Some effects of patchy food environments on copepods. Limnol. Oceanogr. 22: 99-107.
- IFOP. 2003. Estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces. Informe Final realizado por IFOP para la Corporación de Fomento de la Producción, Gerencia de Desarrollo. 98 p. más anexos.
- Mackas D, K. Denman and M. Abbott. 1985. Plankton patchiness: biology in the physical vernacular. Bullentin of Marine Science, 37 (2): 652-674.
- Mujica A., O. Rojas, y A. Aranís. 1985. Aspectos reproductivos de la sardina española (*Sardinops sagax* Jenyns) en la zona norte de Chile y su variación durante El Niño (1982-83). Invest. Pesq. (Chile) 32: 153-160.
- OIKOS CHILE. 2004. Estudio de Línea Base Marina Puerto en Punta Totoralillo (Tercera Región de Atacama). Primera Campaña Bioceanográfica (septiembre del 2004). Informe preparado para Compañía Minera del Pacífico S.A.
- Paredes F., R. Bravo. 2005. Reproductive cycle, size at first maturation, and fecundity in the golden ling, *Genypterus blacodes* in the SE Pacific. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research (En prensa).

- Rivera J. y Mujica A. 2004. Distribución horizontal de larvas de crustáceos decápodos, capturadas entre Caldera e Isla de Pascua (Pacífico Sudoriental), octubre de 1999., Valparaíso 32 (2): (37-58).
- Robinson, C; D. Hay; J. Booth and J. Truscott, 1996. Standard methods for sampling resources and habitats in coastal subtidal regions of British Columbia. Part 2. 115 p.
- Rugby S. & C. Milsom. 2000. Origins, evolution, and diversification of zooplankton. Annu. Rev. Ecol. Syst. 31: 293-313.
- SERNAP. 2003. Anuario Estadístico de Pesca. Servicio Nacional de Pesca, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Chile. 156 pp.
- Smith y Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO Documentos Técnicos de Pesca 175. 107 p.
- Valiela, I. 1995. Marine ecological processes. Springer-Verlag, New York, 686 p.

5.7. Apéndices

Apéndice 5.1a: Matriz de abundancia. Muestras de zooplancton superficiales.

TAXA	PCT-1 100m ³	PCT-4 100m ³	PCT-5 100m ³	PCT-7 100m ³	PCT-8 100m ³	Total ind./100m ³	Dominancia %	Prevalencia %
Coelenterata								
Hidrozoa								
Hydroida (medusas)								
<i>Phialella quadrata</i>	167	333	167	83	500	1250	0,3322	100
<i>Obelia</i> sp.		333	833		167	1333	0,3543	60
<i>Sarsia eximia</i>			417	83	250	750	0,1993	60
<i>Cladonema</i> sp.			167			167	0,0443	20
<i>Euphysa</i> sp.	83					83	0,0221	20
<i>Ectopleura dumortieri</i>		333	333		83	750	0,1993	60
<i>Dipurena ophiogaster</i>			250			250	0,0664	20
<i>Botrynema brucei</i>		83				83	0,0221	20
<i>Proboscoidactyla flavicirrata</i>		250	83		417	750	0,1993	60
Medusas hidrozoas no identif.		167	83			250	0,0664	40
Siphonophora								
<i>Diphyes</i>	83			333	83	500	0,1329	60
<i>Nanornia</i> sp.					333	333	0,0886	20
Gonóforo	167		333		167	667	0,1771	60
Nemertea (larva Pildium)		83				83	0,0221	20
Annelida								
Polichaeta (juvenil)		833			83	917	0,2436	40
Arthropoda								
Crustacea								
Ostracoda - Cypridiniformes			83	83	83	250	0,0664	60
Copepoda								
Calanoida	6917	108333	51667	16667	140000	323583	85,9832	100
Harpacticoida	250	667	333	500	1500	3250	0,8636	100
Ciclopoida		167	250		417	833	0,2214	60
Siphostomatidae		83			83	167	0,0443	
Amphipoda								
Caprellidea		83				83	0,0221	20
Gammaridea					333	333	0,0886	20
Cirrepedia								
<i>Balanus</i> sp. (larva nauplius)		333	250	167	250	1000	0,2657	80
Euphausiacea (protozoa)					167	167	0,0443	20
Decapoda								
<i>Heterocarpus reedi</i> (zoea)	83	167	333	83		667	0,1771	80
<i>Emerita analoga</i> (zoea)					167	167	0,0443	20
<i>Porcellana</i> sp. (zoea)			167		250	417	0,1107	40
<i>Homalaspis plana</i> (zoea)	167	2500	5250	167	1500	9583	2,5465	100
Zoea Decapoda no identif.	83					83	0,0221	20
Deuterostomados menores								
Ectoprocta o Bryozoa								
<i>Membranipora</i> (larva cifonauta)	250	833	583	667	667	3000	0,7972	100

Apéndice 5.1a (Cont). Matriz de abundancia. Muestras de zooplancton superficiales.

TAXA	PCT-1 100m ³	PCT-4 100m ³	PCT-5 100m ³	PCT-7 100m ³	PCT-8 100m ³	Total ind./100m ³	Dominancia %	Prevalencia %
Chaetognatha								
<i>Sagitta enflata</i>	83	417	500	167	250	1417	0,3764	100
Echinodermata								
Holothuroidea Larva pentácula		83				83	0,0221	20
Protocordados - Urochordata								
Larvacea								
<i>Oikopleura</i> sp.1	1583	5333	5917	333	3333	16500	4,3844	100
<i>Oikopleura</i> sp.2	333	833	1667		1167	4000	1,0629	80
Thaliacea								
<i>Doliolum</i>				83		83	0,0221	20
Chordata								
Pisces								
Clupeidae								
<i>Sardinops sagax</i> (huevos)	83					83	0,0221	20
Gonostomatidae								
<i>Vinciguerria lucetia</i>		83				83	0,0221	20
Myctophidae								
<i>Hygophum bruuni</i> (larvas)	83		83		83	250	0,0664	60
Huevo mictóforo S.I.		250		500	167	917	0,2436	60
Merlucciidae								
<i>Merluccius gayi gayi</i> (huevos)			333	167	333	833	0,2214	60
Blenniidae								
<i>Hypsoblennius sordidus</i> (larvas)			83			83	0,0221	20
Gobiesocidae								
<i>Gobiesox marmoratus</i> (larvas)		167	83			250	0,0664	40

Apéndice 5.1b: Matriz de abundancia. Muestras de zooplancton de fondo a superficie.

TAXA	PCT-1 100m ³	PCT-4 100m ³	PCT-5 100m ³	PCT-7 100m ³	PCT-8 100m ³	Total ind./100m ³	Dominancia %	Prevalencia %
Coelenterata								
Hidrozoa								
Hydroida (medusas)								
<i>Phialella quadrata</i>	17	35	38		303	393	0,522	80
<i>Proboscoidactyla flavicirrata</i>					227	227	0,302	20
<i>Sarsia eximia</i>			38	22	417	476	0,633	60
<i>Obelia</i> sp. Medusa	17		38		303	358	0,476	60
<i>Obelia</i> sp. Colonia poliparia	104	104		44	341	593	0,788	80
<i>Cladonema</i> sp.			19			19	0,025	20
<i>Euphysa</i> sp.					76	76	0,101	20
<i>Halsicera</i> sp.					38	38	0,050	20
<i>Ectopleura dumortieri</i>	17					17	0,023	20
Medusa Hidrozoa no identif.					38	38	0,050	20
Siphonophora								
<i>Diphyes</i>					38	38	0,050	20
<i>Nanomia</i> sp.		139	38		38	215	0,285	60
Gonóforo	35				114	148	0,197	40
Annelida								
Polichaeta (juvenil)	17	35	76		189	317	0,421	80
Larva trocófora (Polichaeta)		35			76	110	0,147	40
Arthropoda								
Crustacea								
Ostracoda								
Cypridiniformes					76	76	0,101	20
Copepoda								
Calanoida	2951	3125	5303	3289	32197	46866	62,256	100
Harpacticoida	208	174	227	88	682	1379	1,832	100
Ciclopoida	87		189		303	579	0,769	60
Cirrepedia								
<i>Balanus</i> sp. (larva nauplius)			38	44	379	461	0,612	60
Decapoda								
<i>Heterocarpus reedi</i> (zoea)	104			66	1061	1231	1,635	60
<i>Porcellana</i> sp. (zoea)					76	76	0,101	20
<i>Homalaspis plana</i> (zoea)	69			44	871	985	1,308	60
<i>Emerita analoga</i> (zoea)		69				69	0,092	20
Deuterostomados menores								
Ectoprocta o Bryozoa								
<i>Membranipora</i> (larva cifonauta)	69		114	219	303	705	0,937	80
Chaetognatha								
<i>Sagitta enflata</i>		104		66	341	511	0,679	60
Echinodermata								
Echinoidea (juvenil)					38	38	0,050	20
Protocordados - Urochordata								

Apéndice 5.1b. (Cont.). Matriz de abundancia. Muestras de zooplancton de fondo a superficie.

TAXA	PCT-1 100m ³	PCT-4 100m ³	PCT-5 100m ³	PCT-7 100m ³	PCT-8 100m ³	Total ind./100m ³	Dominancia %	Prevalencia %
Larvacea								
<i>Oikopleura</i> sp.1	3125	590	947	987	10606	16255	21,593	100
<i>Oikopleura</i> sp.2	399	104	341	263	871	1979	2,629	100
Thaliacea								
Thaliacea - Doliolum				22	76	98	0,130	40
Larva Tadpole			19			19	0,025	20
Chordata								
Pisces								
Clupeidae								
<i>Sardinops sagax</i> (huevos)					38	38	0,050	20
Myctophidae								
<i>Diogenichthys atlanticus</i> (larvas)					38	38	0,050	20
<i>Hygophum bruuni</i> (larvas)			38		76	114	0,151	40
Huevo mictófido S.I.	35					35	0,046	20
Merlucciidae								
<i>Merluccius gayi gayi</i> (huevos)		35	57	44	227	363	0,482	80
Tripterygiidae								
<i>Tripterygion chilensis</i> (larvas)					38	38	0,050	20
Gobiesocidae								
<i>Sicyases sanguineus</i> (huevos)					76	76	0,101	20
<i>Sicyases sanguineus</i> (larvas)					38	38	0,050	20
Huevos peces no identif.					152	152	0,201	20

Capítulo 6 MACROBIOTA DEL AMBIENTE INTERMAREAL ROCOSO

6.1. Introducción

En el presente capítulo se analiza los resultados procedentes del muestreo de comunidades del intermareal rocoso de punta Totalillo. Junto con ello, la información obtenida es interpretada y comparada con antecedentes previos que han sido reportados en informes anteriores (primera y segunda campañas).

6.2. Metodología

La prospección de la macrobiota de fondos intermareales duros se realizó en las mismas ocho transectas visitadas en la campaña anterior, las cuales se encuentran distribuidas en el margen norte de punta Totalillo (Figura 6.1 y Tabla 6.1).



Figura 6.1 Ubicación de las transectas del intermareal rocoso. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero de 2006.

Tabla 6.1. Posición geográfica de las transectas del intermareal rocoso. Pta. Totalillo, Región de Atacama. Enero de 2006.

Transecta	UTM Norte (m)	UTM Este (m)
CTR-00	7.028.818	319.220
CTR-0	7.028.871	319.323
CTR-1	7.028.799	319.433
CTR-2	7.028.716	319.564
CTR-3	7.028.620	319.690
CTR-4	7.028.548	319.820
CTR-5	7.028.428	319.965
CTR-6	7.028.583	320.110

El protocolo de muestreo no destructivo de este tipo de comunidades no experimentó modificaciones respecto de los procedimientos descritos en informes anteriores. En síntesis, cada una de las ocho transectas fue trazada en forma perpendicular a la línea de mareas, cubriendo desde el intermareal superior al límite de la marea baja. Con ayuda de una cuerda graduada se procedió al muestreo de la macrobiota en base a cuadrículas reticuladas de 0,25 m² (100 puntos de conteo) dispuestas a lo largo de la transecta. Bajo cada cuadrícula se estimó la cobertura de macroalgas y se contabilizó el número de individuos por especie de la macrofauna. Este procedimiento se realizó con dos réplicas por estación (una a cada lado de la cuerda).

Los datos correspondientes a número de individuos y cobertura biótica por especie fueron registrados en planillas de muestreo y más tarde procesados en gabinete bajo la forma de matrices de doble entrada (taxa por estación). La caracterización de estas comunidades fue realizada en base a índices ecológicos estándares. Como se señalará en el acápite de Interpretación de Resultados, la pobreza en número de especies y abundancia de la macrobiota prospectada en esta campaña, no permiten aplicar análisis estadísticos multivariados (clasificación y ordenación), e incluso el despliegue gráfico de algunos índices ecológicos se ve dificultado por la presencia en algunas transectas de una única especie con muy baja cantidad de individuos. De este modo, se optó por la entrega de resultados en forma principalmente tabulada.

6.3. Interpretación de resultados

6.3.1. Composición específica

El reconocimiento taxonómico de la macrobiota intermareal indicó la presencia de 4 especies de macroalgas y 5 especies de macroinvertebrados, de modo que la composición específica en la presente campaña alcanzó un total de 9 especies.

En la Figura 6.2 se despliega los porcentajes de cobertura que en su conjunto exhibieron las cuatro especies de macroalgas en el área de estudio. De las ocho transectas prospectadas, sólo una de ellas registró una cobertura inferior al 50% (CTR-0). En el otro extremo, las transectas CTR-3 y CTR-4 evidenciaron una alta ocupación del intermareal rocoso con porcentajes cercanos o iguales al 100%. Cabe señalar que en la presente campaña no se registró invertebrados coloniales en las transectas prospectadas del intermareal rocoso.

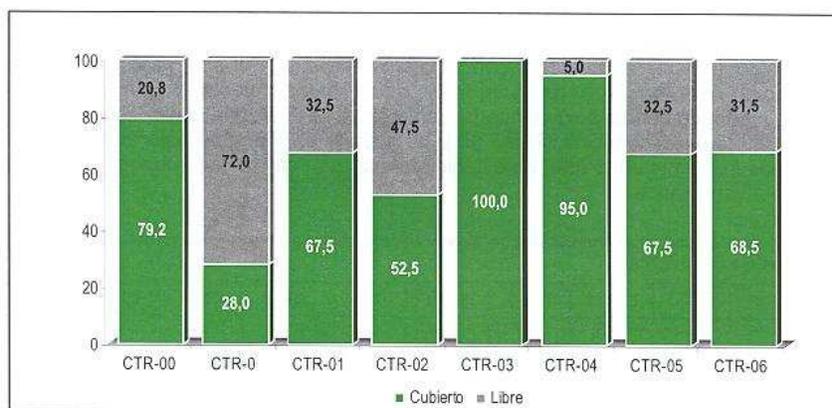


Figura 6.2. Cobertura porcentual de macroalgas por transecta del intermareal rocoso. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero de 2006.

En la Tabla 6.2 se consolida los porcentajes de cobertura por transecta indicando el aporte individual de cada una de las especies identificadas. Estos resultados indican que el intermareal rocoso se encuentra ocupado por un bajo número de especies (4), de las cuales *L. nigrescens* monopoliza claramente el sustrato primario. Este hecho obedece a la estrecha amplitud que ocupa la franja biótica en el intermareal rocoso, de allí que las algas se congreguen preferentemente próximas a la línea de marea baja. *Corallina* sp. y *Ulva* sp. si bien están presentes en el área de estudio, registran porcentajes de colonización que no superan el 10% de cobertura en el mayor de los casos (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Porcentaje de cobertura de macroalgas transecta del intermareal rocoso. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero de 2006.

Especie	CTR-00	CTR-0	CTR-1	CTR-2	CTR-3	CTR-4	CTR-5	CTR-6
<i>Corallina</i> sp.	--	--	--	2,5	--	--	--	--
<i>Gelidium</i> sp.	9,2	--	18,3	41,3	40,0	52,5	27,5	5,8
<i>Lessonia nigrescens</i> .	70,0	18,3	49,2	8,8	60,0	42,5	40,0	62,5
<i>Ulva</i> sp.	--	9,7	--	--	--	--	--	0,2
Cobertura total (%)	79,2	28,0	67,5	52,5	100,0	95,0	67,5	68,5

De modo similar, en la Tabla 6.3 se presenta la abundancia numérica registrada en cada una de las ocho transectas prospectadas. El número total de individuos contabilizados fue de 56 ejemplares, siendo la transecta CTR-06 la que registró la mayor abundancia numérica (41 individuos). En las transectas restantes, el número de ejemplares no superó los 6 individuos (CTR-0).

Los recuentos demuestran claramente la baja expresión de este índice en punta Totalillo. De los cinco taxa identificados, hubo especies como *Chiton* sp. que sólo ocurrieron en una única transecta con sólo un individuo. En otro caso, el pequeño gastrópodo *A. peruviana* se registró en la transecta más occidental de punta Totalillo (CTR-06), en donde debido a su comportamiento gregario totalizó la mayor abundancia de toda la macrofauna reconocida (Tabla 6.3). La estrella de mar *Stichaster striatus* fue la especie más frecuente en el área de estudio, ya que fue detectada en cuatro de las ocho transectas prospectadas.

Tabla 6.3. Abundancia numérica de invertebrados por especie en cada transecta del intermareal rocoso. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero de 2006.

Especie	CTR-00	CTR-0	CTR-1	CTR-2	CTR-3	CTR-4	CTR-5	CTR-6
<i>Actinaria</i> sp.	1	4	--	--	1	--	--	--
<i>Austrolittorina peruviana</i>	--	--	--	--	--	--	--	40
<i>Collisella</i> sp.	--	--	--	2	--	--	--	1
<i>Chiton</i> sp.	1	--	--	--	--	--	--	--
<i>Stichaster striatus</i>	1	2	--	--	1	2	--	--
Número de individuos	3	6	--	2	2	2	--	41

6.3.2. Distribución vertical de la macrobiota

Dada la baja representatividad que registró el número de individuos en el intermareal rocoso de punta Totalillo, en esta oportunidad sólo se representa la distribución vertical de la cobertura biótica de las macroalgas (Figura 6.3).

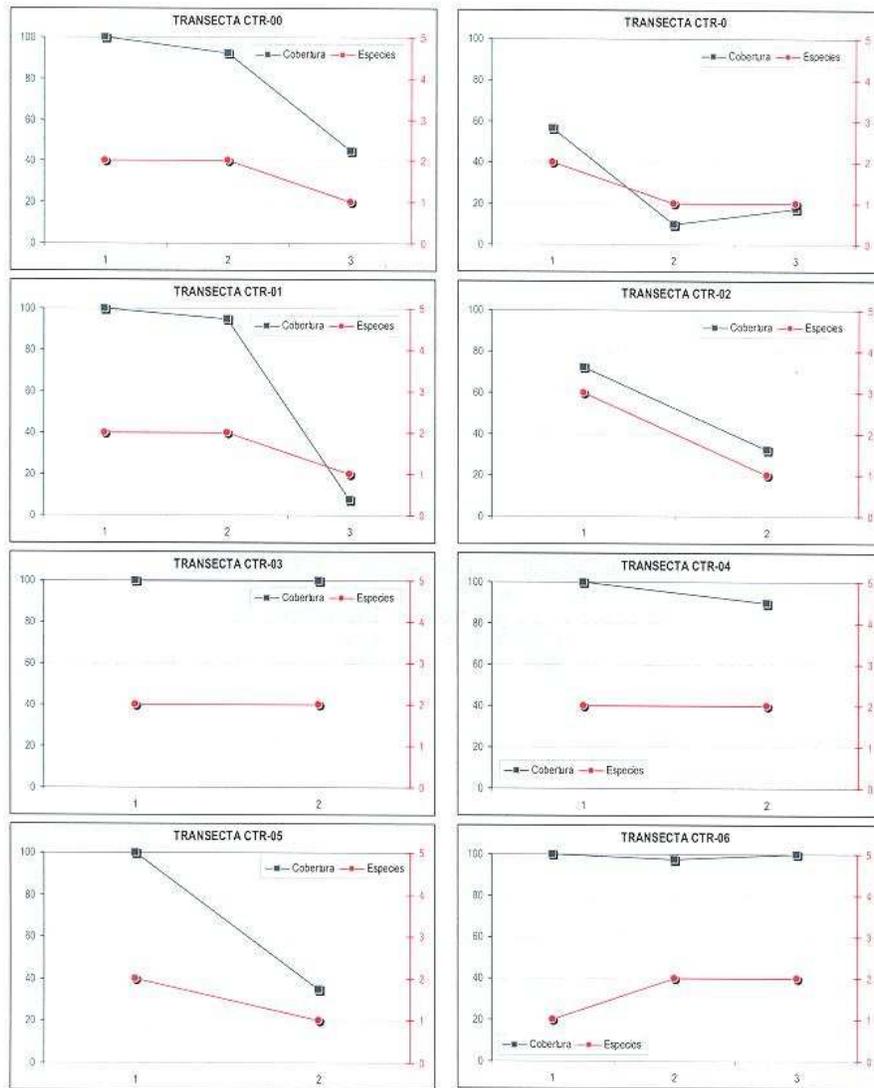


Figura 6.3. Distribución vertical del número de especies y cobertura porcentual de macroalgas del intermareal rocoso. La estación 1 se encuentra en el límite de la línea de marea baja. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero de 2006.

En la mayoría de las transectas, la cobertura muestra una disminución de los porcentajes desde la línea de marea baja hacia los niveles superiores del intermareal. Sin embargo, en las transectas CTR-3, CTR-4 y CTR-6 este patrón cambia notoriamente y el porcentaje de cobertura se mantiene alto en toda su extensión. Estas diferencias reflejan la variación que exhibe el intermareal en el área de estudio. Precisamente, en estas tres últimas transectas la franja biótica se estrecha tanto (un par de metros), que sólo las macroalgas que colonizan los niveles inferiores del intermareal son las que se encuentran representadas en estos sectores. Sobre esta franja de algas, la roca se encuentra prácticamente desprovista de macrobiota.

Si bien el número de especies se encuentra reducido a un máximo de dos por transecta (Figura 6.3), su distribución evidencia un patrón vertical similar al descrito para la cobertura. Lo anterior resulta obvio si se considera la información proporcionada en la Tabla 6.2, en donde se indica que dos de las cuatro especies poseen un claro predominio en ocupación del sustrato rocoso.

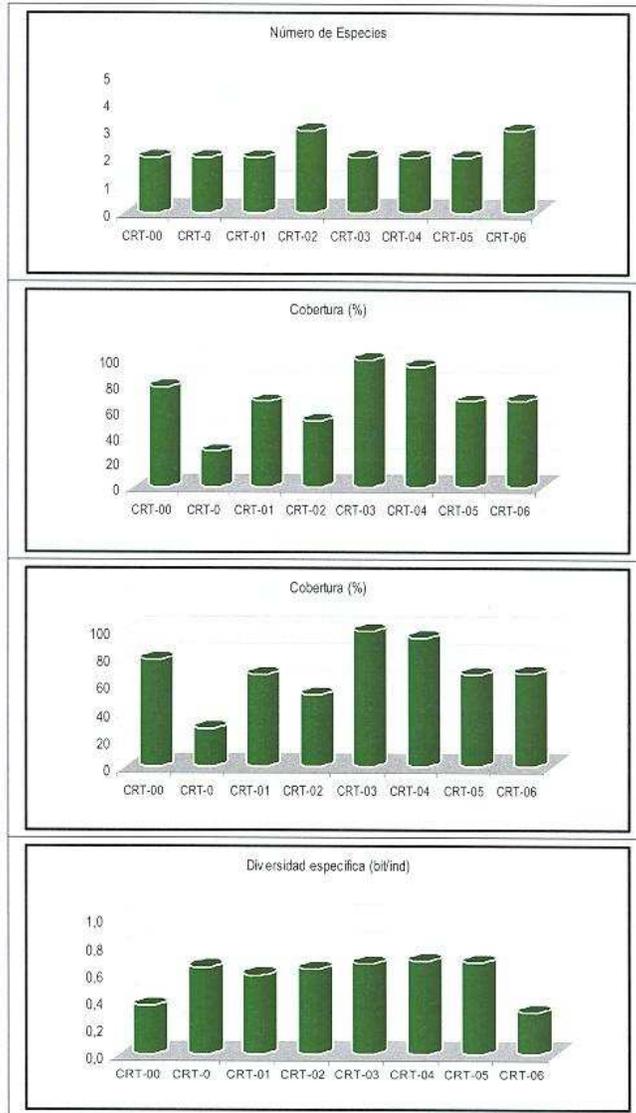
6.3.3. Índices ecológicos

Los índices ecológicos fueron calculados en forma independiente para las dos agrupaciones en que fue dividida la macrobiota: macroalgas y macroinvertebrados.

El grupo de macroalgas se caracterizó por valores moderados a altos de cobertura porcentual dominados por unas pocas especies; según la Tabla 6.4, en cada transecta se halló como máximo tres especies de macroalgas. Los valores de diversidad específica fueron bajos y no superaron los 0,7 bit/ind; la menor expresión de este índice se registró en las transectas extremas del área de estudio (CTR-00 y CTR-06) (Figura 6.5). Los valores de uniformidad cercanos a 1 en la mayoría de las estaciones responden al hecho que hubo un bajo número de especies que monopolizó la distribución de la cobertura. La menor uniformidad detectada en las transectas CTR-00, CTR-02 y CTR-06, obedece al hecho que, a diferencia de las transectas restantes, la cobertura biótica estuvo ampliamente dominada por una única especie (*L. nigrescens*).

Tabla 6.4. Índices comunitarios de macroalgas del intermareal rocoso. Pta. Totoralillo, Región de Atacama. Enero de 2006.

Índice ecológico	CTR-00	CTR-0	CTR-1	CTR-2	CTR-3	CTR-4	CTR-5	CTR-6
Número de especies	2	2	2	3	2	2	2	3
Cobertura (%)	79,2	28,0	67,5	52,5	100,0	95,0	67,5	68,5
Diversidad (bit/ind)	0,358	0,644	0,585	0,633	0,673	0,688	0,676	0,308
Uniformidad	0,517	0,930	0,844	0,576	0,971	0,992	0,975	0,280



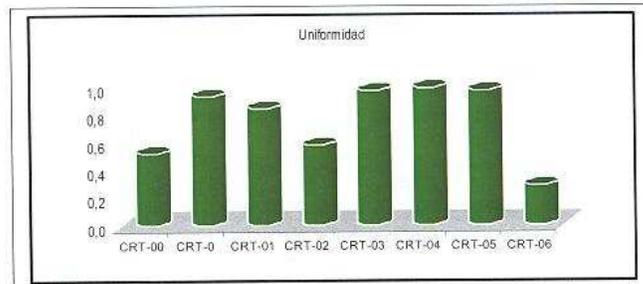


Figura 6.4. Índices de macroalgas del intermareal rocoso. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero de 2006.

En la Tabla 6.5 se indica los valores de los índices ecológicos calculados para las asociaciones de macroinvertebrados del intermareal rocoso de punta Totalillo. Estos resultados indican la baja riqueza en especies asociada con el bajo número de individuos presentes en este tipo de ambientes (ver Figura 6.5 para la distribución espacial de los valores). Estos dos atributos condicionan fuertemente los índices de diversidad específica, alcanzando como máximo un valor cercano a 1 bit/índ para los macroinvertebrados de la transecta CTR-00 (Tabla 6.5).

En las transectas restantes, los valores son más bajos aún llegando incluso a una diversidad nula en transectas como CTR-2 y CTR-4. La uniformidad máxima se registra en las asociaciones de macroinvertebrados de las transectas CTR-00 y CTR-3 debido a la presencia de especies con abundancia numéricas similares. Estos resultados dan cuenta de la presencia de una comunidad de macroinvertebrados intermareales estructuralmente muy simple en el área de estudio.

Tabla 6.5. Índices comunitarios de macroinvertebrados del intermareal rocoso. Pta. Totalillo, Región de Atacama. Enero de 2006.

Índice ecológico	CTR-00	CTR-0	CTR-1	CTR-2	CTR-3	CTR-4	CTR-5	CTR-6
Número de especies	3	2	--	1	2	1	--	2
Abundancia numérica	3	6	--	2	2	2	--	41
Diversidad (bit/índ)	1,099	0,655	--	0,000	0,693	0,000	--	0,115
Uniformidad	1,000	0,946	--	--	1,000	--	--	0,165

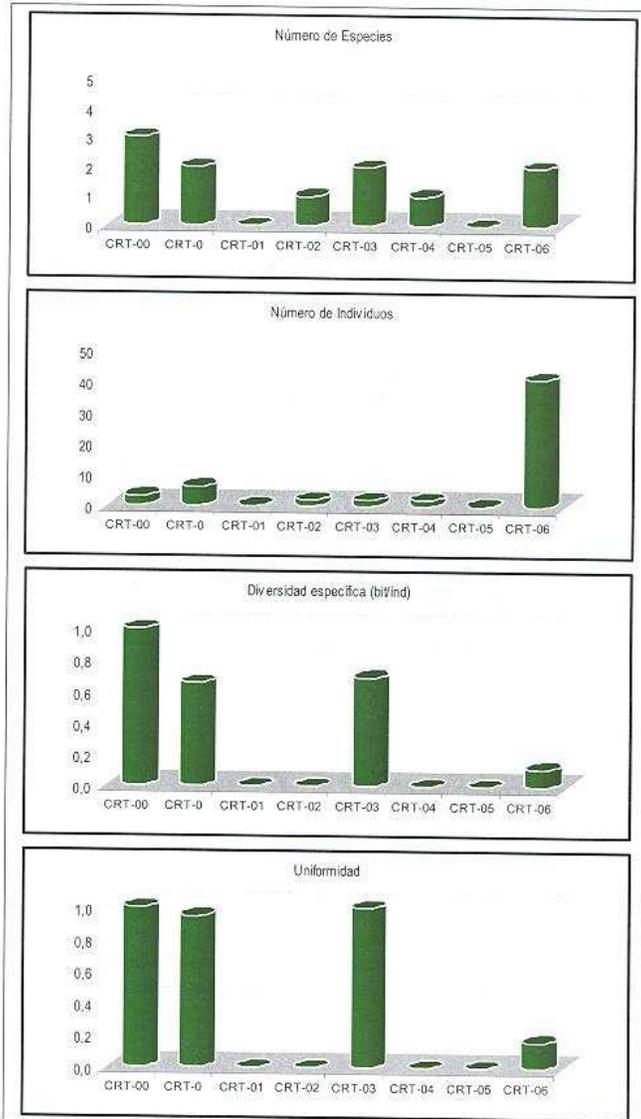


Figura 6.5. Índices comunitarios de invertebrados del intermareal rocoso, Punta Totalillo, Región de Atacama, Enero de 2006.

6.3.3. Fluctuación histórica de los índices ecológicos de la macrobiota intermareal

Con objeto de sintetizar la información histórica disponible para la macrobiota de punta Totalillo, en la Tabla 6.6 se indica los valores de los índices ecológicos que han sido reportados para cada una de las tres campañas efectuadas la fecha. En informes previos (ver Bibliografía), el lector podrá encontrar valores referenciales para estos índices que han sido señalados por otros autores para localidades costeras de la Tercera Región.

Tabla 6.6. Cuadro comparativo de valores de índices ecológicos de la macrobiota intermareal para diferentes localidades costeras de la Tercera Región.

Índice ecológico	1ª Campaña (sep 2004)	2ª Campaña (mar 2005)	3ª Campaña (ene 2006)
S	16	11	9
H' (bit/índ)	0 - 0,956 (*)	0 - 1,056 (*)	0 - 1,099 (*)
J'	0 - 0,911 (*)	0 - 1 (*)	0 - 1 (*)

S: número de especies; H': diversidad específica; J': uniformidad

(*) Se indica los valores mínimo y máximo considerando macroinvertebrados y macroalgas en su conjunto.

Durante la serie de tres campañas efectuadas desde septiembre de 2004 a enero de 2006, se aprecia una disminución en el número de especies de macroalgas y macroinvertebrados del intermareal rocoso (Tabla 6.6). Desde un valor original de 16 especies registrado en la primera campaña, el número de especies se redujo a un valor de 9 en la presente campaña; esta disminución se ha debido principalmente a una baja en la riqueza específica de macroinvertebrados.

Respecto de la diversidad específica, si bien como ha quedado establecido se han apreciado variaciones importantes a nivel transectas, en términos de valores mínimo y máximo este índice no manifiesta mayores fluctuaciones durante el transcurso de las campañas. Estos valores reflejan para el área de estudio que, si bien la diversidad específica puede expresarse de modo distinto según la transecta que se considere, los valores son bajos (≤ 1 bit/índ) e indicativos que la macrobiota presenta una baja estructura y organización comunitaria.

En relación a la uniformidad, ésta ha mostrado una amplia variabilidad durante el transcurso de las campañas, con valores que han oscilado dentro todo el rango de dominio de este índice (0 a 1). Este comportamiento un tanto errático obedece precisamente a la conjunción de los dos factores mencionados anteriormente para la macrobiota: bajo número de especies asociado con valores bajos o dispares en número de individuos. En tal sentido, este índice corrobora lo mencionado con anterioridad respecto de la simpleza ecológica que evidencia la macrobiota intermareal del área de estudio en punta Totalillo.

6.4. Conclusiones

La interpretación de los resultados presentados anteriormente junto con el análisis de los antecedentes históricos disponibles para la macrobiota del intermareal rocoso, en términos de las fluctuaciones temporales que han experimentado los índices ecológicos, permiten establecer para la presente campaña de vigilancia las siguientes conclusiones:

- La macrobiota del área de estudio de punta Totalillo presenta una baja composición en especies, asociada con un bajo número de individuos y moderados a altos porcentajes de cobertura biótica que se encuentran dominados por una o dos especies de macroalgas.
- Debido al escaso desarrollo de la franja biótica del intermareal rocoso, las macroalgas ocupan los niveles inferiores del intermareal rocoso, mientras que los niveles superiores presentan macroinvertebrados con una distribución dispersa o bien se encuentran desprovistos de ellos.
- Los índices ecológicos demuestran que la macrobiota intermareal presenta una composición específica simple, asociada con una baja estructura y organización comunitaria.
- De acuerdo con la serie histórica disponible, la estructura comunitaria de la macrobiota muestra cambios perceptibles respecto de las campañas anteriores, los cuales se reflejan en una disminución de la mayoría de los índices ecológicos. Si bien los porcentajes de coberturas aumentaron en la mayoría de las transectas, éstos siguen siendo monopolizados por un reducido número de macroalgas.

6.5. Bibliografía

CIMM. 1996. Evaluación de Impacto Ambiental en la zona costera de Chañaral: evaluación de impacto ambiental de la depositación de relaves en la zona costera de Chañaral y proposición y evaluación de un plan de descontaminación y medidas de mitigación. Informe Final Proyecto P-935112. Centro de Investigación Minera y Metalúrgica. CIMM – Ambiental.

OIKOS CHILE. 2004. Estudio de Línea Base Marina Puerto en Punta Totalillo (Tercera Región de Atacama). Primera Campaña Bioceanográfica (septiembre del 2004). Informe preparado para Compañía Minera del Pacífico S.A.

OIKOS CHILE. 2005. Estudio de Línea Base Marina Puerto en Punta Totalillo (Tercera Región de Atacama). Segunda Campaña Bioceanográfica (marzo del 2005). Informe preparado para Compañía Minera del Pacífico S.A.

Santelices, B.; J. Castilla; J. Cancino and P. Schmiede. 1980. Comparative ecology of *Lessonia nigrescens* and *Durvillaea antarctica* (Phaeophyta) in Central Chile. Marine Biology, 59: 119-132.

Capítulo 7 MACROFAUNA DEL AMBIENTE SUBMAREAL BLANDO

7.1. Introducción

Uno de los indicadores ecológicos más relevantes para establecer el estado de condición de ambientes marinos corresponde a la macrofauna submareal de fondos blandos, o también conocido como macroinfauna submareal. En el presente capítulo se proporciona los resultados y análisis derivados de la ejecución de tercera campaña de vigilancia efectuada en enero de 2006, en base a una red de estaciones bentónicas establecida en los alrededores de punta Totalillo.

7.2. Metodología

A fin de asegurar la comparabilidad de los resultados, en la presente campaña se aplicó los mismos procedimientos de terreno y laboratorio descritos en informes anteriores. Así también, el área de estudio fue cubierta con el mismo número y distribución de estaciones, de modo que los potenciales variaciones en los índices ecológicos reflejen la fluctuación temporal de la macrofauna y no la de índole espacial. En la Figura 7.1 se representa la distribución espacial de la red de muestreo, mientras que en la Tabla 7.1 se proporciona las coordenadas geográficas de ubicación de cada una de estas estaciones.



Figura 7.1. Red de estaciones submareales para la recolección de macrofauna bentónica de fondos blandos. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Tabla 7.1. Posición y profundidad de las estaciones de muestreo de macrofauna submareal de fondos blandos. Punta Totoralillo, Región de Atacama.

Estación	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Profundidad (m)
CT-1	7.028.958	319.401	21
CT-4	7.028.810	319.575	22
CT-5	7.028.927	319.637	22
CT-7	7.029.707	320.178	18
CT-8	7.028.686	319.768	19

Datum WGS84, Huso 19

En la Tabla 7.2 se puede apreciar una síntesis de los procedimientos metodológicos aplicados para caracterizar la macroinfauna submareal; más detalles sobre este tópico pueden ser encontrados en informes previos (ver Bibliografía).

Tabla 7.2. Procedimientos aplicados para muestreo, procesamiento y análisis de la macrofauna submareal de fondos blandos. Punta Totoralillo, Región de Atacama.

Muestreo	Laboratorio	Análisis de datos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recolector de muestra: aparato de succión tipo Emig-Lienhart ▪ Área de muestreo: 0,1 m² ▪ Réplicas: 3 por estación ▪ Preservación: formalina (5%) ▪ Envase: bolsa de polietileno HD ▪ Rotulación: etiqueta impermeable ▪ Transporte: contenedor termoaislado 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de muestra: aspersión con agua potable ▪ Tamiz de limpieza: 1 mm de abertura. ▪ Conservación de muestras: alcohol (70%) ▪ Sorting: lupa de baja magnificación ▪ Identificación: a la mayor resolución taxonómica posible, con lupa de alta magnificación ▪ Recuento: ejemplares completos o extremos cefálicos ▪ Pesaje: húmedo en balanza analítica ($\pm 0,01$ g) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Datos: matriz de doble entrada para abundancia numérica y biomasa (réplicas vs taxa) ▪ Biomasa: aplicación de factores de conversión para peso seco libre de cenizas ▪ Procesamiento: cálculo de índices ecológicos univariados, gráficos (curvas ABC) y multivariados mediante Primer[®] v6 (Clarke and Gorley, 2006).

7.3. Interpretación de resultados

7.3.1. Composición específica

El reconocimiento del material biológico separado e identificado permitió determinar un total de 45 formas taxonómicas distintas (especies y categorías supraespecíficas), que en su conjunto totalizaron 1.117 individuos. La distribución de la composición específica por grupo faunístico evidenció un leve predominio de los crustáceos (37,8%) respecto de los moluscos (31,1%). La representatividad de los poliquetos significó un aporte del 26,7% al total de la macroinfauna identificada en el área de estudio. Si bien se reconoció otras especies no agrupadas en estas tres categorías, su contribución en especies fue menor al 5% (Figura 7.2). En esta campaña los equinodermos no estuvieron representados en la composición taxonómica.

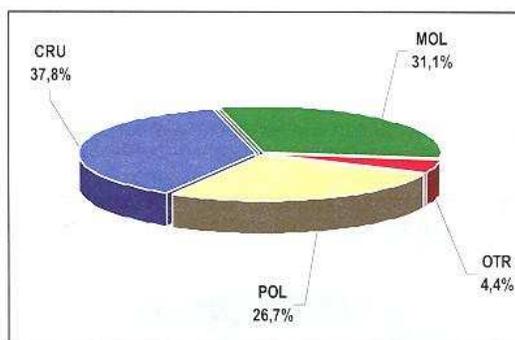


Figura 7.2. Composición porcentual por número de especies de la macrofauna de fondos blandos. Pta. Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Del total de individuos recolectados e identificados en la presente campaña, cerca del 80% de ellos estuvo representado equitativamente por crustáceos y moluscos (Figura 7.3). Las tres especies más abundantes fueron las siguientes: un pequeño bivalvo reconocido como *Cyamium* sp.1 (200 ind), el microgastrópodo *Rissoina inca* (97 ind) y el anfípodo *Eudevenopus gracilipes* (94 ind). La abundancia numérica de estas especies en su conjunto representó el 35% de toda la macroinfauna recolectada en el área de estudio.

La representatividad de los poliquetos significó un aporte cercano al 17% de todos los individuos recolectados, siendo ejemplares de la familia Spionidae los más abundantes de este grupo (78 ind). El aporte en abundancia numérica por otros grupos taxonómicos no superó el 1% (Figura 7.3).

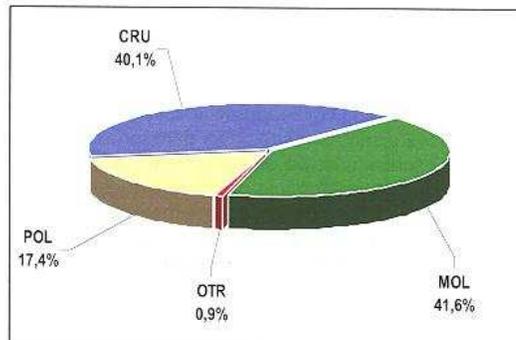


Figura 7.3. Abundancia numérica (%) por grupo faunístico de la macroinfauna bentónica. Punta Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Del total de biomasa seca libre de cenizas (0,45 g) algo más del 50% correspondió al aporte de crustáceos (Figura 7.4). Por su parte, poliquetos y moluscos contribuyeron con porcentajes similares al total de la biomasa recolectada en el área de estudio. El aporte de otros grupos faunísticos fue marginal (< 0,1%).

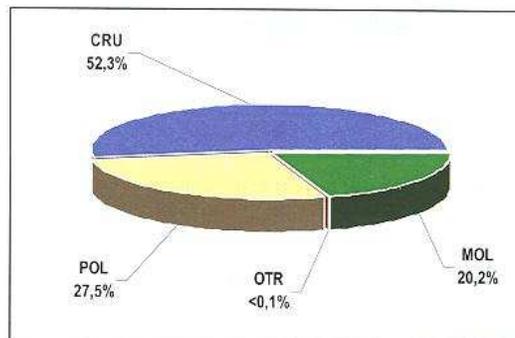


Figura 7.4. Composición porcentual por grupo faunístico de la biomasa seca libre de cenizas de la macroinfauna bentónica. Pta. Totalillo, Región de Atacama. Enero 2006.

7.3.2. Índices ecológicos

En la Tabla 7.3 se indica los valores de los índices ecológicos de la macroinfauna bentónica por estación, mientras que en la Figura 7.5 se despliega su distribución espacial en el área de estudio.

El número de especies no mostró mayor variación espacial, registrándose valores entre 20 y 33 especies. En la presente campaña, la mayor composición específica se detectó en la estación CT-4, mientras que la mínima correspondió a la macroinfauna de CT-5. La estación referencial (CT-7) presentó una riqueza de especies de igual magnitud que la registrada para la macroinfauna de CT-1.

El número de individuos mostró una mayor variabilidad espacial, detectándose su menor expresión en la macroinfauna de la estación CT-7 (sólo 99 individuos). Las mayores abundancias numéricas en las estaciones CT-4 y CT-5, obedecieron a los aportes en individuos de *Eudevenopus gracilipes* y *Cyamium* sp. 1, respectivamente.

En general, aunque los valores de biomasa seca fueron bajos (< 0,2 g) éstos evidenciaron una variabilidad en dos órdenes de magnitud. La macroinfauna de la estación ubicada más al poniente (CT-1) registró la menor biomasa, mientras que una estación ubicada próxima a ella (CT-4) mostró la biomasa más alta registrada para esta campaña, debido al aporte de ejemplares del crustáceo isópodo *Cirolana* sp.1 (0,035 g).

La diversidad específica evidenció valores altos (> 2 bit/ind) y relativamente uniformes para la macroinfauna de todas las estaciones. Los índices más altos se registraron en las estaciones CT-4 y CT-7, como de igual modo acontece con los valores de uniformidad. En el primer caso (CT-4) la diversidad se manifiesta alta debido al mayor número de especies y de individuos; mientras que en CT-7 este patrón respondería a una distribución más equitativa de los individuos entre las especies.

Tabla 7.3. Parámetros comunitarios de la macroinfauna bentónica. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

Estación	S	N	B	H'	J'
CT-1	21	138	0,023	2,382	0,782
CT-4	33	345	0,173	2,881	0,824
CT-5	20	317	0,063	2,153	0,719
CT-7	21	99	0,056	2,737	0,899
CT-8	23	218	0,144	2,568	0,819

S, número de taxa. N, número de individuos. B, biomasa en peso seco libre de cenizas (g). H', diversidad específica (bit/ind). J', uniformidad.

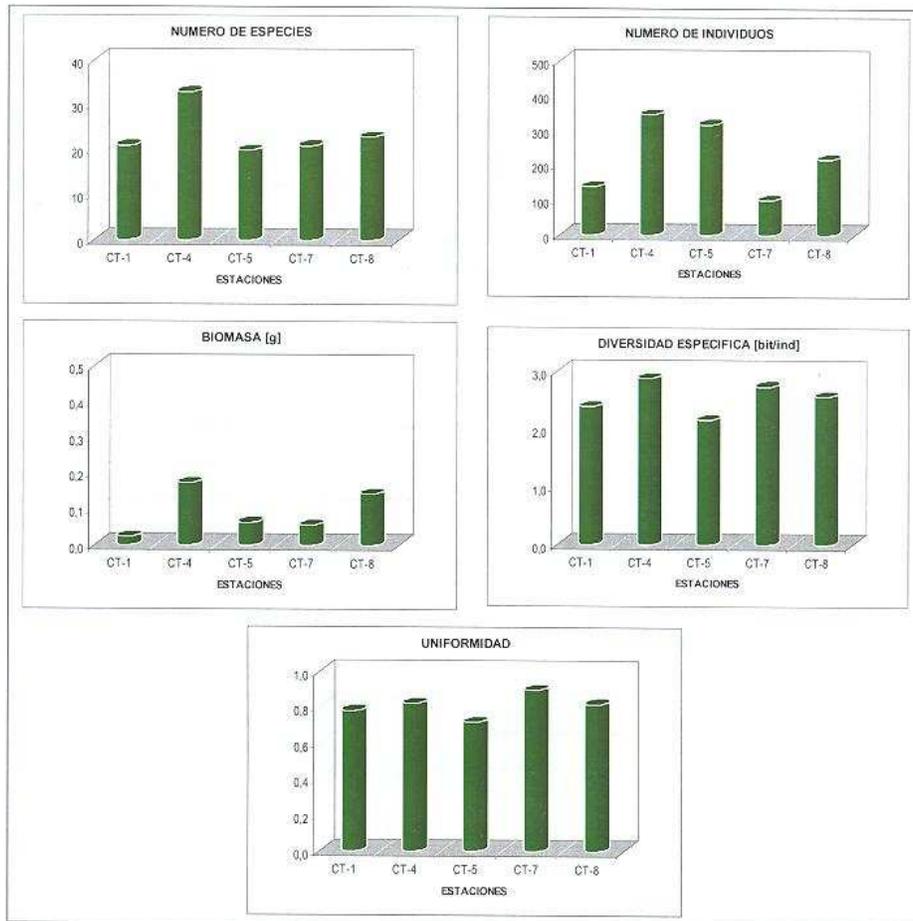


Figura 7.5. Distribución espacial de los índices ecológicos calculados para la macrofauna bentónica. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

7.3.3. Curvas ABC

Las curvas ABC representan un enfoque gráfico para analizar el estado de condición de una determinada asociación de organismos o comunidad biótica. Básicamente, en función de la distribución conjunta que exhibe el número de individuos y la biomasa es posible establecer el grado de perturbación al cual se encuentra sometida dicha comunidad.

En la Figura 7.6 se representa las curvas ABC para la macroinfauna de cada una de las cinco estaciones de muestreo. De estas gráficas, se aprecia que sólo la curvas de la estación CT-5 presentan un ligero grado de sobreposición (lo cual se ve corroborado por el valor bajo y negativo del índice W), lo cual indica que la macroinfauna de este sector se encontraría bajo efectos estresantes. Sin embargo, cabe señalar que dicho efecto respondería a factores naturales que inciden en el equilibrio de las poblaciones integrantes de la macroinfauna.

Si bien la mayoría de las curvas ABC no muestra signos de perturbación, la macroinfauna de algunas estaciones (CT-4 y CT-8) evidencia una estructura comunitaria muy próxima a condiciones de perturbación (Figura 7.6).

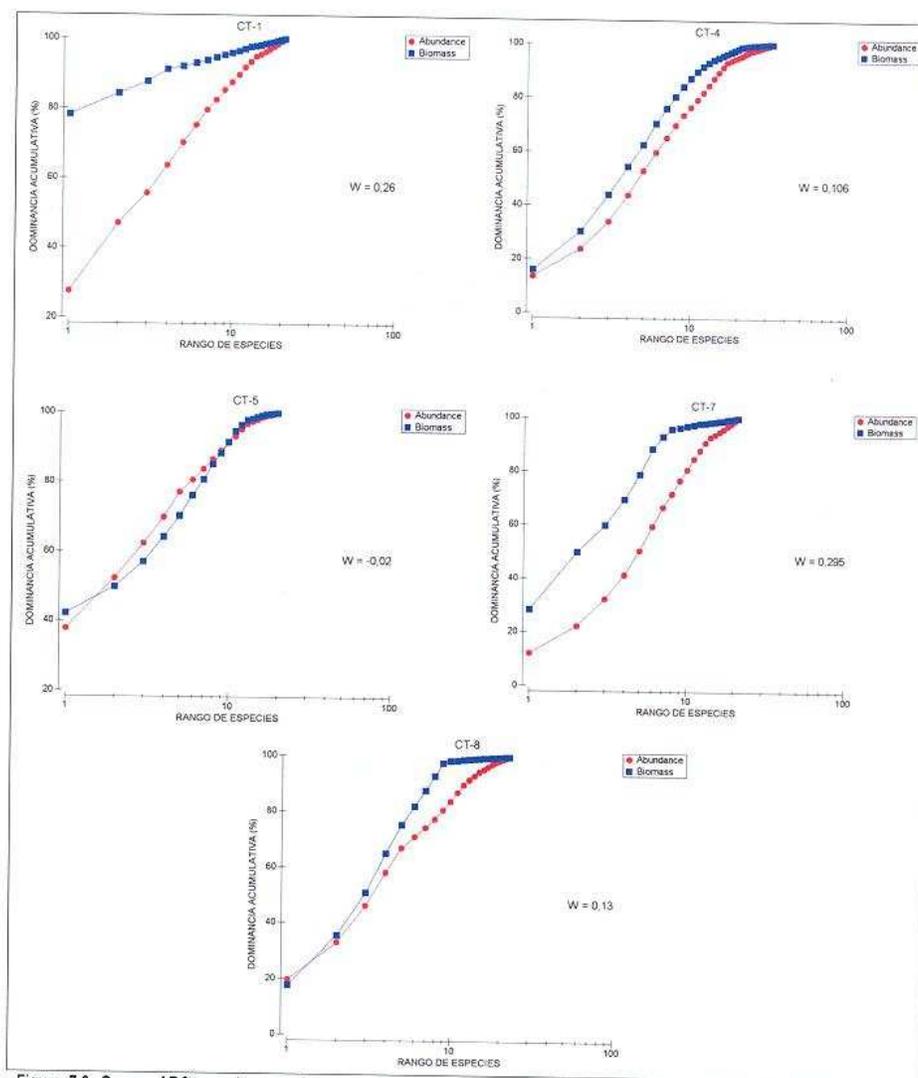


Figura 7.6. Curvas ABC para la macrofauna bentónica elaboradas para ambas campañas. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

7.3.4. Análisis multivariado: clasificación y ordenación

El dendrograma de clasificación de las estaciones (Figura 7.7) refleja dos grupos que se segregan a un bajo nivel de similitud (~ 30%). El primer grupo lo integran las estaciones CT-1 y CT-7, las cuales se caracterizan por presentar macrofauna con el menor número de especies y abundancias con bajo número de individuos. En la segunda agrupación, las tres estaciones adoptan una disposición en gradiente, conformándose al interior un núcleo de mayor similitud compuesto dos estaciones (CT-4 y CT-8) con macrofauna integrada por un alto número de especies y las mayores biomásas registradas en el área de estudio. La estación CT-5 aunque presenta un alto número de individuos, manifiesta la menor riqueza de especies de todas las estaciones.

El plano de ordenación evidencia una configuración similar en cuanto a la disposición de las estaciones (Figura 7.8). En el eje horizontal, se distingue claramente los dos grupos reconocidos con anterioridad en el dendrograma: en el sector derecho CT-1 y CT-7, mientras que, en el costado izquierdo se ubican las tres estaciones restantes.

Por su parte, el eje vertical muestra la distancia que existe entre las estaciones CT-1 y CT-7, como así también el grado de aislamiento de CT-5 respecto de las otras dos estaciones posicionadas al costado izquierdo del plano. Este patrón podría ser interpretado en razón de la información aportada por las curvas ABC. Si se observa la Figura 7.6, se aprecia claramente que las estaciones CT-4, CT-5 y CT-8 manifiestan señales de estrés en la macroinfauna, siendo la perturbación de mayor intensidad en CT-5, precisamente la estación que permanece más distante respecto de las dos restantes. En el grupo conformado por CT-1 y CT-7, se aprecia que ambas estaciones se encuentran separadas por una distancia considerable. El origen de esta segregación podría deberse a que si bien comparten especies (18), la abundancia con que cada una de ellas está presente en ambas estaciones es muy distinta.

En términos globales, la existencia de los dos grupos reconocidos en la macroinfauna podría en último caso responder a la composición granulométrica de los sedimentos: las estaciones CT-1 y CT-7 se ubican sobre de arena gruesa (ver Tabla 3.4), mientras que CT-4, CT-5 y CT-8 ocupan sectores de arena mediana.

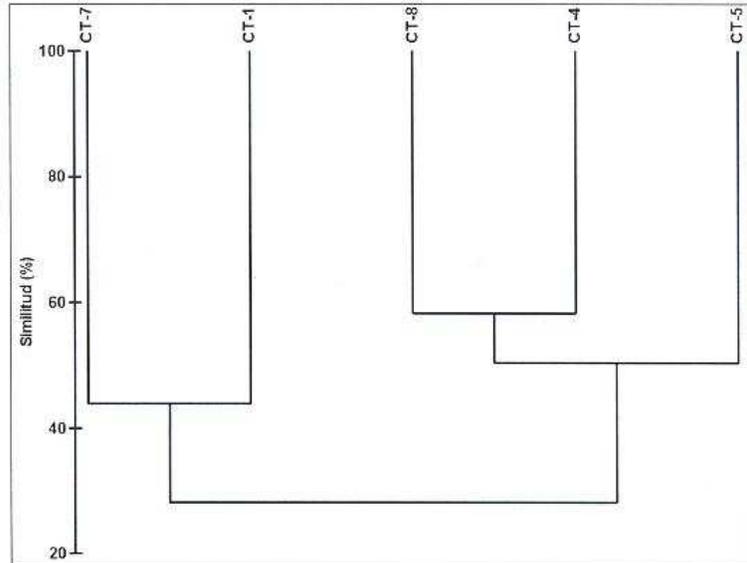


Figura 7.7. Dendrograma de clasificación de las estaciones, utilizando el índice de similitud Bray-Curtis y la modalidad UPGMA como método de unión. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

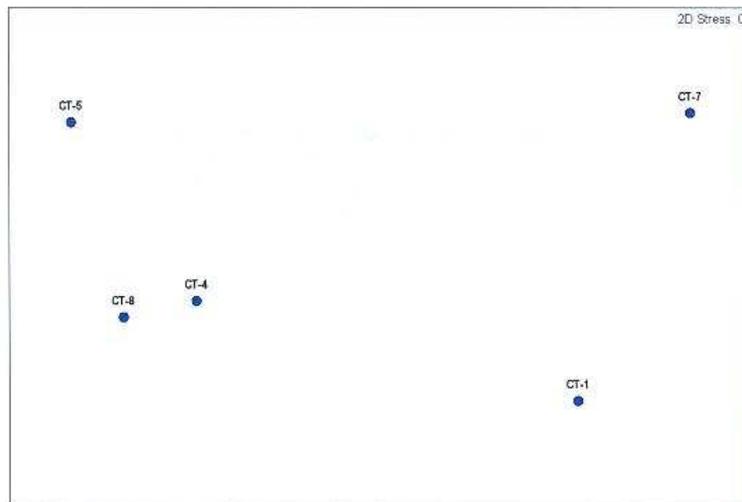


Figura 7.8. Plano de ordenación multidimensional no métrica (NMDS) de las estaciones en base a la macrofauna bentónica. Punta Totoralillo, Región de Atacama. Enero 2006.

7.3.5. Fluctuación temporal de los índices ecológicos

En la Figura 7.9 se representa la fluctuación en el tiempo de los cinco índices ecológicos de la macroinfauna bentónica. Para el caso de los tres primeros (número de especies, número de individuos y biomasa) se grafica el valor total por campaña, en tanto para los dos restantes se representa el valor promedio junto con el grado de dispersión (mínimo-máximo).

El número de especie ha mostrado una mantención durante las tres campañas; este valor se ha mantenido dentro del rango 40-50 especies, aunque se ha observado el reemplazo de especies que en campañas anteriores han sido importantes por el aporte en individuos. En este sentido apunta la fuerte caída experimentada por el número total de individuos desde la primera a la tercera campaña. Este comportamiento se explica por la brusca disminución que experimentaron las poblaciones de las dos especies dominantes de la macroinfauna: el pequeño bivalvo *Linucula pisum* y el caracol *Turritella cingulata*. En la campaña anterior estas especies registraron abundancias de 406 ind y 1.982 ind, respectivamente; mientras que, en esta oportunidad *L. pisum* sólo alcanzó a 49 ind y *T. cingulata* sumó 62 ind.

Cabe señalar que estas diferencias obedecen a la dinámica natural de estas especies, ya que los procedimientos metodológicos relativos al número de estaciones (5), número de réplicas por estación (3), superficie de muestreo por réplica (0,1 m²) y abertura de malla del tamiz de separación (1 mm) se han mantenido sin modificaciones desde la primera campaña.

Esta señal también se refleja en la tendencia que exhibe la biomasa. Dado que *T. cingulata* aportaba un porcentaje relevante en peso de la macroinfauna, su reducción en número de individuos significó un descenso importante en la biomasa total, lo cual se refleja en una caída en cerca de tres órdenes de magnitud (observe que el eje se encuentra en escala logarítmica para apreciar el cambio en la tendencia sin perder de vista el rango completo de variación).

Por otra parte, los valores de diversidad específica y de uniformidad evidencian tendencias temporales inversas a las descritas para los índices anteriores. Este patrón se explica claramente por la disminución que registraron las dos especies que habían sido numéricamente dominantes hasta la segunda campaña. Al reducirse las abundancias de *L. pisum* y *T. cingulata*, se produce un nuevo equilibrio en la distribución de los individuos entre las especies (note que el número de especies no ha mostrado mayores variaciones durante el transcurso de las campañas de vigilancia), lo cual conlleva a un aumento en la uniformidad (valores tienden a 1) y de la diversidad específica (> 2 bit/ind).

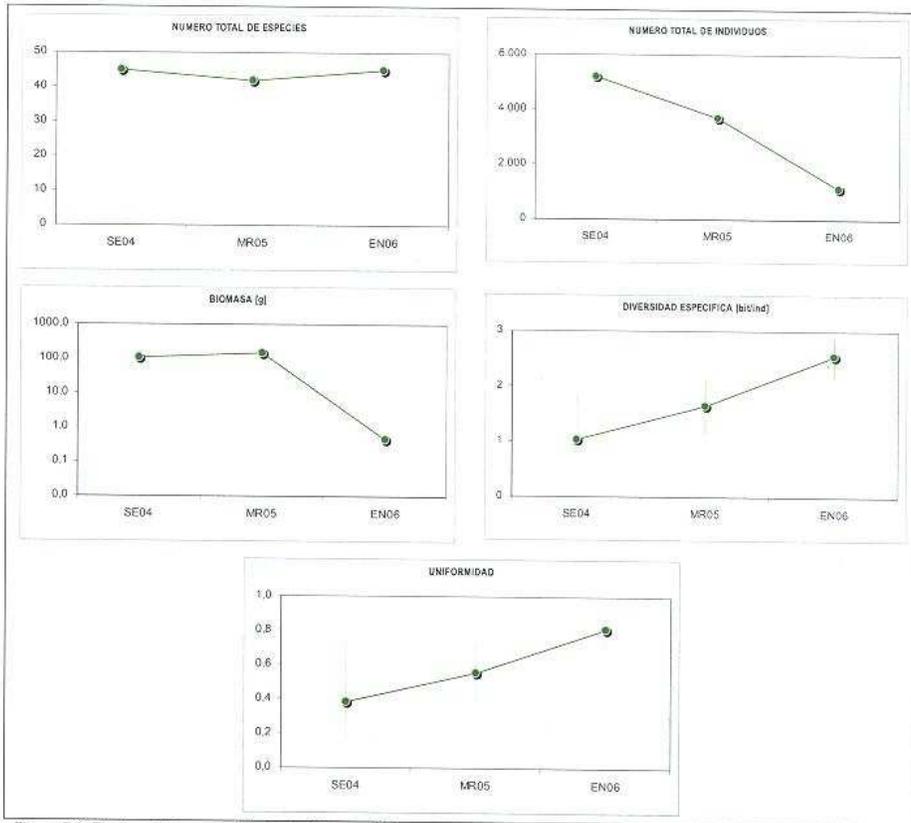


Figura 7.9. Fluctuación temporal de los índices ecológicos calculados para la macrofauna bentónica. Punta Tortalillo,

7.4. Conclusiones

El análisis e interpretación de los resultados anteriormente expuestos y el examen de las fluctuaciones temporales que han experimentado los índices ecológicos de la macrofauna submareal de fondos blandos de punta Totoralillo, permite establecer las siguientes conclusiones para esta tercera campaña:

- Estas comunidades bentónicas presentan un alto número de especies (> 40) con la mayoría de los grupos faunísticos representados en la composición específica (los equinodermos no estuvieron presentes en esta oportunidad).
- El análisis de las fluctuaciones temporales reveló una disminución importante en el número total de individuos, como así también de la biomasa seca de la macroinfauna. Esta señal obedeció a un notable decremento que experimentaron las poblaciones de *Linucula pisum* y *Turritella cingulata*, las dos especies numéricamente dominantes hasta la segunda campaña de vigilancia. Por otra parte, los índices de diversidad específica y uniformidad mostraron un aumento en sus valores debido a este reordenamiento en la estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica.
- Los análisis gráficos (curvas ABC) y multivariados evidenciaron la presencia de dos agrupaciones de estaciones: exteriores (CT-1 y CT-7) e interiores (CT-4, CT-5 y CT-8), cuya distribución espacial respondería al tamaño del grano de los sedimentos (arenas gruesas y arenas medianas, respectivamente).
- Según las curvas ABC, sólo la macroinfauna de la estación CT-5 manifiesta signos de estrés. Dicha perturbación respondería a factores naturales cuyo origen está fuera del alcance de este estudio.

7.5. Bibliografía

Holme, N. and A. McIntyre. 1971. Methods for the study of marine benthos. Blackwell Scientific Publications. Handbook 16. Oxford and Edinburgh.

Kruskal, J.B. 1964. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika*, 29: 1-27.

OIKOS CHILE. 2004. Estudio de Línea Base Marina Puerto en Punta Totoralillo (Tercera Región de Atacama). Primera Campaña Bioceanográfica (septiembre del 2004). Informe preparado para Compañía Minera del Pacífico S.A.

OIKOS CHILE. 2005. Estudio de Línea Base Marina Puerto en Punta Totoralillo (Tercera Región de Atacama). Segunda Campaña Bioceanográfica (marzo del 2005). Informe preparado para Compañía Minera del Pacífico S.A.

Pielou, E. 1976. Population and community ecology. Principles and methods. Gordon and Brech Science Publishers, New York, 424 p.

Shannon, C. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana.

Shepard, R.N. 1962. The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function. *Psychometrika*, 27: 125-140.

Sneath, P. and R. Sokal. 1973. Numerical taxonomy. Freeman, San Francisco.

Warwick, R.M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol.*, 92: 557-562.

Capítulo 8 MACROBIOTA DEL AMBIENTE SUBMAREAL ROCOSO

8.1. Introducción

En este octavo capítulo se señalan los resultados, interpretación y conclusiones derivadas de la prospección de la macrobiota del submareal rocoso de punta Totoralillo. Como en la campaña anterior, efectuada en marzo de 2005, el reconocimiento cuantitativo de estas comunidades bentónicas se efectuó en base a seis transectas dispuestas entre la línea de marea baja y la aparición de fondos sedimentarios.

8.2. Metodología

De igual modo que la vez pasada, el área de estudio en donde se efectuó el muestreo no destructivo cubrió el margen norte de punta Totoralillo, entre el límite con la playa de arena y el vértice noroeste de esta saliente rocosa (Figura 8.1 y Tabla 8.1).

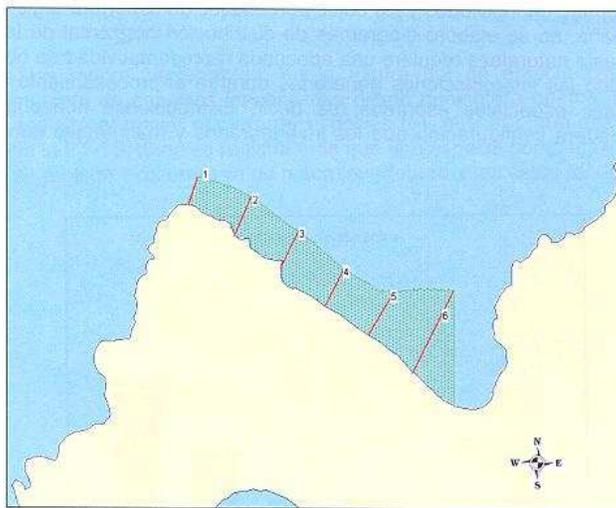


Figura 8.1. Transectas establecidas en el margen norte de punta Totoralillo para la prospección del ambiente submareal rocoso. La franja punteada indica el sector comprendido entre la línea de baja marea y el veril de 10 m de profundidad.

Tabla 8.1. Posición georreferenciada del eje de cada transecta y profundidad máxima del fondo rocoso submareal prospectado en punta Totoralillo. UTM en metros.

Transecta	Inicio		Fin		Profundidad (m)
	UTM N	UTM E	UTM N	UTM E	
1	7.028.876	319.299	7.028.942	319.320	9
2	7.028.801	319.412	7.028.895	319.450	9
3	7.028.724	319.524	7.028.808	319.564	8
4	7.028.630	319.630	7.028.721	319.674	8
5	7.028.562	319.736	7.028.669	319.799	7
6	7.028.470	319.842	7.028.671	319.943	4

Datum WGS-84

En el diseño de muestreo original no se introdujo modificaciones a objeto de efectuar comparación sobre una base metodológicamente estándar. Cabe recordar que a lo largo de cada transecta submareal se emplazó estaciones a intervalos de 10 m de distancia, para el reconocimiento de macroalgas e invertebrados bentónicos. La cuantificación de la macrobiota se efectuó mediante una cuadrata de metal (1 m x 1 m) que fue colocada en ambos costados de la cuerda demarcatoria (dos réplicas por estación). Dentro del espacio demarcado se efectuó el recuento de invertebrados y se realizó estimaciones de cobertura para el caso de los organismos incrustantes (macroalgas e invertebrados coloniales).

Dado el bajo número de individuos y los bajos porcentajes de cobertura registrados para la presente campaña, no se elaboró diagramas de distribución horizontal de la macrobiota. Un análisis de esta naturaleza requiere una adecuada representatividad de observaciones, en caso contrario las interpolaciones generadas durante el procesamiento de los datos generan patrones espaciales espúreos, es decir, distribuciones horizontales que no reflejan la verdadera configuración que los invertebrados y macroalgas adoptan en este tipo de fondos.

8.3. Interpretación de resultados

8.3.1. Composición específica de la macrobiota identificada

El reconocimiento taxonómico de la macrobiota permitió identificar un total de 10 taxa (especies y categorías supraespecíficas), cuya composición incluyó 6 tipos distintos de macroinvertebrados y 4 de macroalgas. En la Tabla 8.2 se detalla la composición específica de la macrobiota encontrada en los fondos submareales duros del sector estudiado en punta Totalillo.

Tabla 8.2. Listado de las especies identificadas para el sector prospectado de fondos rocosos submareales en punta Totalillo. Enero de 2006.

MACROBIOTA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	GRUPO
Macroinvertebrados	1. <i>Acanthopleura echinata</i>	Chitón, quitón o apretador	Mollusca
	2. <i>Tegula atra</i>	Caracol negro o caracol tegula	Mollusca
	3. <i>Helianthus helianthus</i>	Sol de mar	Echinodermata
	4. <i>Stichaster striatus</i>	Estrella de mar	Echinodermata
	5. <i>Tetrapyrgus niger</i>	Erizo negro	Echinodermata
	6. <i>Phymactis clematis</i>	Actinia o "poto de mar"	Coelenterata
Macroalgas	1. <i>Halopteris</i> sp.	--	Stypocaulaceae
	2. <i>Glossophora</i> sp.	--	Dictyotaceae
	3. <i>Lessonia nigrescens</i>	Chascón	Lessoniaceae
	4. <i>Ulva</i> sp.	--	Ulveaceae

Respecto de los macroinvertebrados, en la Figura 8.2 se aprecia claramente como disminuye el número de especies identificadas desde poniente a oriente. En la transecta PT-TSR1 se registró el mayor número de especies (6), mientras que desde la transecta PT-TSR3 hacia la PT-TSR6 no se registra más que una especie como máximo. Incluso, en PT-TSR5 no se registró la ocurrencia de macroinvertebrados en estos fondos.



Figura 8.2. Distribución por transecta del número de especies de invertebrados bentónicos. Pta. Totalillo, enero de 2006.

En el sector de estudio de punta Totoralillo, la composición específica en macroalgas no superó las tres especies (Figura 8.3). Según se aprecia en esta misma figura, sólo en la transecta PT-TSR5 se registra el máximo (3), mientras que algunas de las transectas restantes el sustrato rocoso submareal sólo se encuentra colonizado por una única especie.

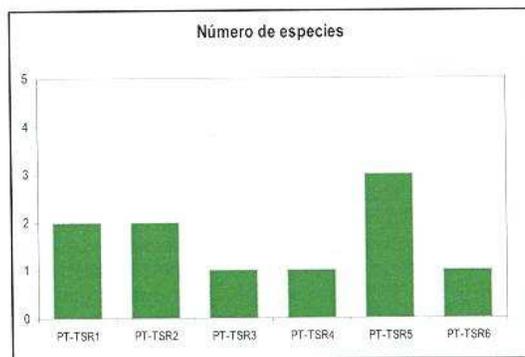


Figura 8.3. Distribución por transecta del número de especies de macroalgas. Punta Totoralillo, enero de 2006.

8.3.2. Estructura comunitaria de la macrobiota

a. Número de individuos

En la presente campaña, el número total de individuos contabilizados alcanzó una cifra de 65 individuos, correspondiendo 23 ejemplares a plantas de *L. nigrescens*. La distribución espacial del número de individuos muestra inequívocamente que la transecta PT-TSR1 sustenta el mayor número de individuos (Figura 8.4).

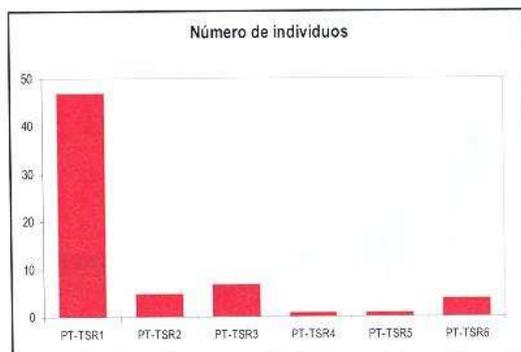


Figura 8.4. Distribución por transecta del número de individuos (incluye *L. nigrescens*). Pta. Totoralillo, enero de 2006.

En comparación con las transectas restantes, los valores de abundancia numérica registrados desde PT-TSR2 a PT-TSR6 son muy bajos y en el mejor caso no superan los 7 ejemplares (PT-TSR3). En la Tabla 8.3 se revela que dentro de los macroinvertebrados, la especie más abundante en los fondos submareales rocosos de punta Totalillo fue el equinodermo *Tetrapygyus niger* (21 individuos); mientras que el alga *Lessonia nigrescens* fue la más abundante en términos numéricos. Las especies restantes registraron abundancias un orden de magnitud menores (Tabla 8.3).

Tabla 8.3. Número de individuos (N) por especie identificada del submareal rocoso. Punta Totalillo, julio 2005.

Especie	N
<i>A. echinata</i>	5
<i>H. helianthus</i>	1
<i>L. nigrescens</i>	23
<i>P. clematis</i>	11
<i>S. striatus</i>	2
<i>T. atra</i>	2
<i>T. niger</i>	21

b. Cobertura

El reconocimiento del sustrato submareal rocoso no reveló la ocurrencia de invertebrados sésiles, por lo que el sustrato primario fue ocupado sólo por tres especies de macroalgas (Tabla 8.4). De acuerdo con los valores señalados en la Tabla 8.4, en esta campaña el alga *Halopteris* sp. fue la especie más exitosa en colonizar este tipo de ambientes submareales (58,8% de cobertura). Por otra parte, *Ulva* sp. ocupó en forma marginal el sustrato rocoso.

Tabla 8.4. Cobertura (Cob) porcentual promedio por especie identificada del submareal rocoso. Punta Totalillo, julio 2005.

Especie	Cob (%)
<i>Halopteris</i> sp.	58,8
<i>Glossophora</i> sp.	22,0
<i>Ulva</i> sp.	2,9

Si bien en la transecta PT-TSR1 se constató el mayor número de especies y de individuos, el porcentaje de cobertura fue el más bajo de toda el área de estudio (Figura 8.5). En las cinco transectas restantes los porcentajes de ocupación biótica siempre fueron mayores al 50% llegando a alcanzar en la transecta PT-TSR5 el mayor grado de colonización. Independientemente del porcentaje de cobertura biótica, *Halopteris* sp. siempre fue el alga predominante en cada una de las seis transectas del submareal rocoso (16,3% a 83%).

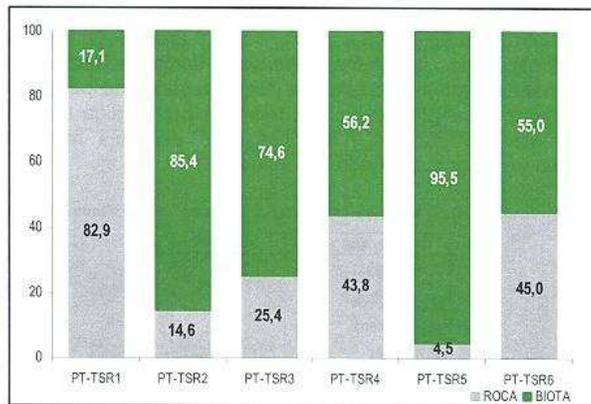


Figura 8.5. Cobertura porcentual por transecta del submareal rocoso. Se indica además el porcentaje de roca desnuda. Punta Totoralillo, enero de 2006.

8.3.3. Distribución espacial de la macrobiota

La distribución vertical de la macrobiota fue analizada en base a la tendencia que exhibieron los siguientes índices ecológicos: número de individuos, cobertura biótica y número de especies. Los datos originales por transecta, en donde se indica las especies identificadas con su correspondiente número de individuos y cobertura porcentual, se encuentran detallados en el Anexo 1.

a. Transecta PT-TSR1

Número de individuos y número de especies

Ambos índices muestran el mismo comportamiento a lo largo de esta transecta (Figura 17), registrándose un máximo en la estación 3, es decir a 20 m de la línea de mareas (Figura 8.6). Desde la estación 4 hacia la estación 8 estos índices no muestran mayores variaciones manteniéndose en niveles que indican una baja estructura comunitaria. El patrón de distribución vertical en esta transecta se encuentra controlado por tres especies: *Lessonia nigrescens*, *Tetrapygyus niger* y *Phymactis clematis*, siendo esta última la que coloniza los fondos rocosos de mayor profundidad.

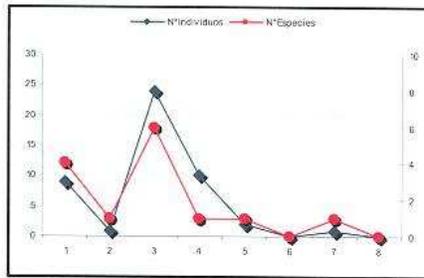


Figura 8.6. Distribución vertical del número de individuos y número de especies en la Transecta PT-TSR1 del submareal rocoso. Punta Totalillo, enero de 2006.

Cobertura biótica y número de especies

Como en el caso anterior, ambos índices muestran una distribución vertical similar con valores que tienden a aumentar hacia los sectores más profundos del submareal rocoso (Figura 8.7). Tras mantenerse sin variaciones desde la estación 1 a la 4, el porcentaje de cobertura muestra un aumento irregular que alcanza su mayor expresión en la estación más profunda. Este patrón obedece fundamentalmente a la distribución de *Halopteris* sp., ya que el alga acompañante *Ulva* sp. no se encuentra presente más allá de la estación 5.

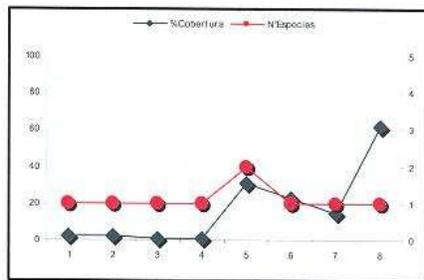


Figura 8.7. Distribución vertical de la cobertura porcentual y número de especies en la Transecta PT-TSR1 del submareal rocoso. Punta Totalillo, enero de 2006.

b. Transecta PT-TSR2

Número de individuos y número de especies

Si bien se observa variaciones en los valores de número de individuos y número de especies en esta transecta, las magnitudes de cambio son mínimas en ambos índices (Figura 8.8). El número de especies se eleva a sólo tres en la estación 4, evento que también se registra para el número de individuos. En términos generales, la macrobiota de esta transecta no refleja patrones de distribución vertical a lo largo de la transecta.

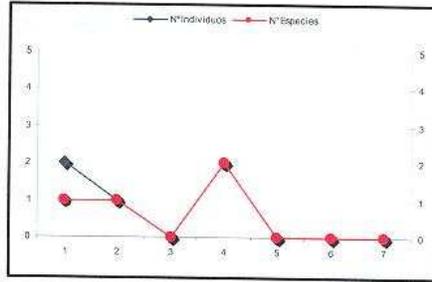


Figura 8.8. Distribución vertical del número de individuos y número de especies en la Transecta PT-TSR2 del submareal rocoso. Punta Totalillo, enero de 2006.

Cobertura biótica y número de especies

La cobertura biótica muestra porcentajes importantes en las estaciones más cercanas a la línea de marea, con valores que alcanzan el 100% de ocupación del sustrato primario (Figura 8.9). A mayor profundidad, en el límite de contacto con la cubierta sedimentaria, el sustrato rocoso está cubierto completamente por algas. En esta transecta sólo se registró dos especies, respondiendo el patrón antes descrito a la casi exclusiva presencia de *Halopteris* sp.

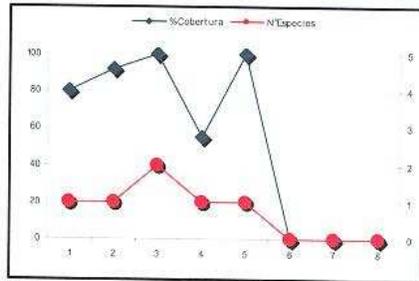


Figura 8.9. Distribución vertical de la cobertura porcentual y número de especies en la Transecta PT-TSR2 del submareal rocoso. Punta Totalillo, enero de 2006.

c. Transecta PT-TSR3

Número de individuos y número de especies

La distribución vertical de la macrobiota en esta transecta responde exclusivamente a la presencia de únicamente dos especies: *Lessonia nigrescens* y *Acanthopleura echinata*. Ambas especies limitan su distribución a los sectores más someros de esta transecta (estaciones 1 a 3), siendo la ocurrencia de plantas de la macroalga la que mayoritariamente determina el alza en la estación 2 (Figura 8.10).

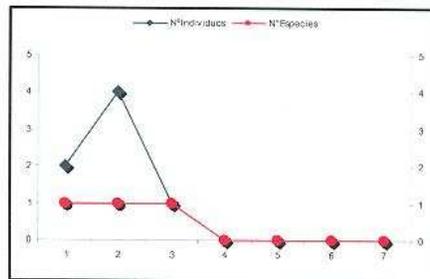


Figura 8.10. Distribución vertical del número de individuos y número de especies en la Transecta PT-TSR3 del submareal rocoso. Punta Totalillo, enero de 2006.

Cobertura biótica y número de especies

El patrón de distribución de cobertura biótica representado en la Figura 8.11 obedece exclusivamente al grado de colonización que ejerce *Halopteris* sp. sobre el sustrato rocoso. Tras un aumento del espacio ocupado por esta alga, que se maximiza en la estación 4, a mayor profundidad la cobertura porcentual disminuye abruptamente.

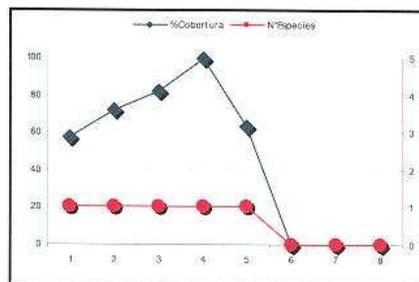


Figura 8.11. Distribución vertical de la cobertura porcentual y número de especies en la Transecta PT-TSR3 del submareal rocoso. Punta Totalillo, enero de 2006.

d. Transecta PT-TSR4

Número de individuos y número de especies

En esta transecta sólo se detectó un ejemplar de *Tetrapygyus niger* ("erizo negro") en la estación 2 (Figura 8.12).

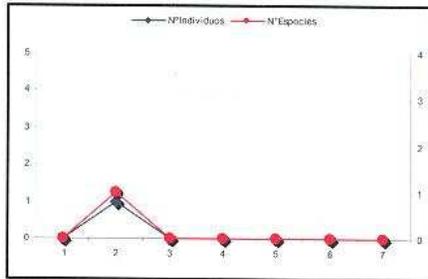


Figura 8.12. Distribución vertical del número de individuos y número de especies en la Transecta PT-TSR4 del submareal rocoso. Punta Totoralillo, enero de 2006.

Cobertura biótica y número de especies

Sólo ejemplares del alga *Halopteris* sp. estuvieron presentes en esta transecta submareal. La distribución vertical muestra un patrón similar al descrito para la transecta PT-TSR3. Sin embargo la diferencia radica en que a mayor profundidad (estación 5), *Halopteris* sp. no recubre completamente el sustrato rocoso (Figura 8.13). No se detectó invertebrados bentónicos en el fondo submareal rocoso de este sector.

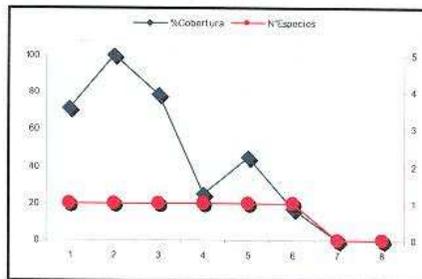


Figura 8.13. Distribución vertical de la cobertura porcentual y número de especies en la Transecta 4 del submareal rocoso. Punta Totoralillo, enero de 2006.

e. Transecta PT-TSR5

Número de individuos y número de especies

En esta transecta sólo se registró una planta de *Lessonia nigrescens* al inicio de la transecta (Figura 8.14). No se encontró invertebrados bentónicos formando parte de la macrobiota del submareal rocoso.

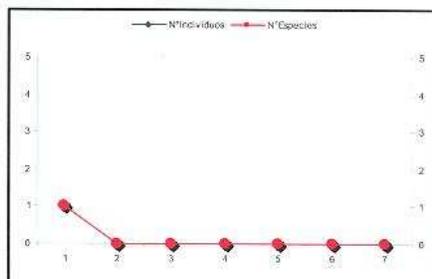


Figura 8.14. Distribución vertical del número de individuos y número de especies en la Transecta PT-TSR5 del submareal rocoso. Punta Totoralillo, enero de 2006.

Cobertura biótica y número de especies

Esta transecta de escaso desarrollo lineal, debido a que la cubierta sedimentaria aparece a niveles más bien someros en el submareal, concentró un total de 3 especies de macroalgas, de las cuales *Halopteris* sp. fue la predominante (Figura 8.15). De allí que en gran medida la distribución vertical de la cobertura biótica esté marcada por la presencia de esta alga. Por otra parte, este es el único sector en donde se registró la ocurrencia de *Glossophora* sp.

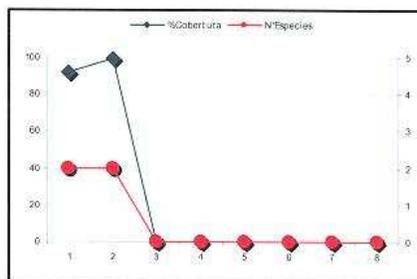


Figura 8.15. Distribución vertical de la cobertura porcentual y número de especies en la Transecta PT-TSR5 del submareal rocoso. Punta Totoralillo, enero de 2006.

f. Transecta PT-TSR6

Número de individuos y número de especies

Ejemplares de *Lessonia nigrescens* y *Tetrapygyus niger* fueron los únicos representantes hallados en los fondos submareales rocosos de esta transecta. Ambas especies se congregaron próximas a la línea de mareas en donde el número de individuos no superó los 3 ejemplares (Figura 8.16).

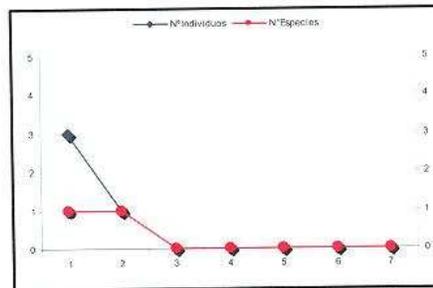


Figura 8.16. Distribución vertical del número de individuos y número de especies en la Transecta PT-TSR6 del submareal rocoso. Punta Totalillo, enero de 2006.

Cobertura biótica y número de especies

En esta transecta sólo se registró la presencia de *Halopteris* sp. cubriendo parcialmente las rocas submareales más próximas a la línea de mareas (Figura 8.17). Durante el reconocimiento de terreno no se detectó macroinvertebrados en estos fondos.

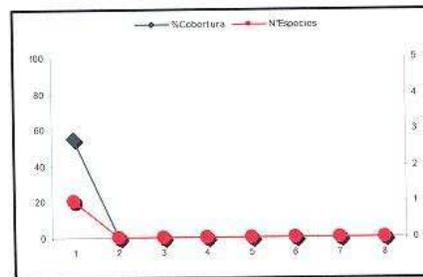


Figura 8.17. Distribución vertical de la cobertura porcentual y número de especies en la Transecta PT-TSR6 del submareal rocoso. Punta Totalillo, enero de 2006.

8.3.4. Análisis de las fluctuaciones temporales

A la fecha, para el área de estudio sólo se dispone de dos campañas de muestreo de la macrobiota de fondos submareales rocosos, la primera efectuada en julio de 2005 y la segunda realizada en enero de 2006. En la Tabla 8.5 se resume los valores de los índices ecológicos considerados para efectos comparativos: número de especies, número de individuos y cobertura biótica.

Tabla 8.5. Índices ecológicos de la macrobiota submareal de fondos rocosos registrados en las dos campañas efectuadas en el área de estudio. Punta Totalillo (julio 2005 y enero 2006).

Índice ecológico	Campaña	PT-TSR1	PT-TSR2	PT-TSR3	PT-TSR4	PT-TSR5	PT-TSR6
Número de especies	1	11	7	5	3	4	5
	2	9	6	3	2	4	3
Número de individuos	1	272	12	7	0	1	7
	2	47	5	7	1	1	4
Cobertura biótica (%)	1	23,5	88,3	78,0	65,0	73,3	65,0
	2	17,1	85,4	74,6	56,2	95,5	55,0

El número de especies (macroinvertebrados y macroalgas) mostró una disminución generalizada en cada una de las transectas; sólo en PT-TSR5 este índice mantuvo su valor en cuatro especies (Tabla 8.5). En cuanto a la composición específica de la macrobiota, en ambas campañas han sido los macroinvertebrados el grupo que ha aportado el mayor número de especies.

Respecto del número de individuos, se observa un patrón de fluctuación histórica similar (Tabla 8.5). En cinco de las seis transectas se observa una disminución en el número de individuos, siendo más notable dicha baja en las transectas PT-TSR1 y PT-TSR2; sólo en la transecta PT-TSR4 se registró la colonización de sustrato primario por una única especie (*Halopteris* sp.). En la primera campaña la especie más abundante fue la actinia de mar *Phymactis clematis*, mientras que en esta oportunidad la especie más abundante fue la macroalga *Lessonia nigrescens*, ocupando una segunda posición el erizo negro (*Tetrapygus niger*).

A excepción del alza en la cobertura biótica registrada en la transecta PT-TSR5, en todas las restantes se verificó una disminución en los porcentajes de ocupación del sustrato rocoso (Tabla 8.5). Si bien en la presente campaña estas fluctuaciones obedecen a la presencia de sólo tres especies, sin lugar a dudas *Halopteris* sp. es la especie más exitosa en la colonización de este tipo de ambientes (58,8%). En la campaña anterior, fue esta misma alga la que alcanzó la primera posición, aunque ocupando una mayor cobertura biótica (70%).

8.4. Conclusiones

En base al análisis e interpretación de los resultados precedentes y considerando además los antecedentes históricos de los índices ecológicos de la macrobiota del submareal rocoso de punta Totoralillo, se desprenden las siguientes conclusiones:

- La macrobiota submareal rocosa se caracterizó por el bajo número de especies e individuos, además de bajos porcentajes de cobertura biótica, lo que refleja la pobre estructuración y organización que poseen estas comunidades en el área.
- La única especie considerada como recurso hidrobiológico presente en el área fue *Lessonia nigrescens*, lo que difiere de los hallazgos reportados para la primera campaña, en que se halló otros representantes, aunque en muy bajas cantidades.
- Los fondos submareales rocosos se hallan monopolizados por *Halopteris* sp., alga que en algunos sectores coloniza áreas importantes del sustrato rocoso.
- Los resultados hallados en esta segunda campaña confirman las conclusiones señaladas para la primera campaña, en el sentido que el área posee una baja diversidad biológica, relacionada probablemente con su régimen hidrodinámico (frente semiexpuesto) y a la presión de explotación a que históricamente han estado sometidos los recursos hidrobiológicos.

8.5. Bibliografía

Etcheberry, H. 1986. Algas marinas bentónicas de Chile. UNESCO, 379 p.

Hoffmann, A. y B. Santelices. 1997. Flora marina de Chile Central. Ediciones Universidad Católica de Chile. 434 p.

OIKOS CHILE. 2004. Estudio de Línea Base Marina Puerto en Punta Totalillo (Tercera Región de Atacama). Primera Campaña Bioceanográfica (septiembre del 2004). Informe preparado para Compañía Minera del Pacífico S.A.

OIKOS CHILE. 2005. Estudio de Línea Base Marina Puerto en Punta Totalillo (Tercera Región de Atacama). Segunda Campaña Bioceanográfica (marzo del 2005). Informe preparado para Compañía Minera del Pacífico S.A.

Tapia, L. 2002. Algas. Guía de biodiversidad N°4. Vol. I Macrofauna y algas marinas. Centro Regional de Estudios y Educación Ambiental (CREA), Universidad de Antofagasta, 66 p.

8.6. Anexos

Anexo 1: Abundancia numérica y cobertura de la macrobiota por transecta.

PT-TSR 1 - Abundancia		ESTACION							
ORD	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Acanthopleura echinata</i>	1	0	2	0	0	0	0	0
2	<i>Heliaster helianthus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0
3	<i>Lessonia nigrescens</i>	5	1	5	0	0	0	0	0
4	<i>Phymactis clematis</i>	2	0	5	0	2	0	1	0
5	<i>Stichaster striatus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
6	<i>Tegula atra</i>	0	0	2	0	0	0	0	0
7	<i>Tetrapygyus niger</i>	0	0	9	10	0	0	0	0

PT-TSR 1 - Cobertura		ESTACION							
ORD	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Ulva sp.</i>	2	2	1	1	1	0	0	0
2	<i>Halopteris sp.</i>	0	0	0	0	30	23	15	62

PT-TSR 2 - Abundancia		ESTACION							
ORD	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Lessonia nigrescens</i>	2	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Phymactis clematis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
3	<i>Acanthopleura echinata</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
4	<i>Stichaster striatus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0

PT-TSR 2 - Cobertura		ESTACION							
ORD	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Ulva sp.</i>	0	0	12	0	0	0	0	0
2	<i>Halopteris sp.</i>	80	92	88	55	100	0	0	0

PT-TSR 3 - Abundancia		ESTACION							
ORD	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Lessonia nigrescens</i>	2	4	0	0	0	0	0	0
2	<i>Acanthopleura echinata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0

PT-TSR 3 - Cobertura		ESTACION							
ORD	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Halopteris sp.</i>	57	72	82	99	63	0	0	0

PT-TSR 4 - Abundancia		ESTACION							
ORD	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Tetrapygyus niger</i>	0	1	0	0	0	0	0	0

PT-TSR 4 - Cobertura		ESTACION							
ORD	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Halopteris sp.</i>	71	100	79	25	45	17	0	0

PT-TSR 5 - Abundancia		ESTACION							
ORD	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Lessonia nigrescens</i>	1	0	0	0	0	0	0	0

PT-TSR 5 - Cobertura		ESTACION							
----------------------	--	----------	--	--	--	--	--	--	--

ORD	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Ulva sp</i>	11	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Halopteris sp.</i>	81	55	0	0	0	0	0	0
3	<i>Glossophora sp.</i>	0	44	0	0	0	0	0	0

PT-TSR 6 - Abundancia		ESTACION							
ORD	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Lessonia nigrescens</i>	3	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Tetrapygyus niger</i>	0	1	0	0	0	0	0	0

PT-TSR 6 - Cobertura		ESTACION							
ORD	ESPECIES	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Halopteris sp.</i>	55	0	0	0	0	0	0	0

Capítulo 9

SINTESIS DE LA CONDICION AMBIENTAL BIOCEANOGRAFICA

El borde costero de punta Totalillo no sustenta usos o actividades humanas que generen efectos notables sobre las condiciones físicas, químicos y/o ecológicas. Actualmente, sólo existe un pequeño fondeadero para albergar un reducido número de embarcaciones artesanales menores. Dentro de este contexto, es esperable que las variaciones espaciales y fluctuaciones temporales que exhiben las variables indicadoras sólo reflejen la variabilidad natural de un ecosistema marino costero libre de intervención antrópica directa. Precisamente, en esa dirección apuntan las conclusiones establecidas para cada una de las matrices ambientales contempladas en este programa de vigilancia.

Para esta tercera campaña sobresalen algunos hallazgos relevantes que es necesario destacar, debido a las implicancias que podrían tener a futuro cuando se inicie las fases de construcción y operación del puerto en punta Totalillo.

Si bien la mayoría de las variables físicas y químicas analizadas para establecer la calidad ambiental de la matriz acuosa (según la Guía CONAMA), demostraron la presencia de aguas tipificadas como de muy buena calidad, cabe señalar que los niveles de oxígeno disuelto (o porcentajes de saturación) evidencian señales de baja ventilación en estas aguas, que en algunos casos se traducen en condiciones cercanas a la hipoxia en el estrato de fondo de la columna de agua.

Por otra parte, el análisis de las comunidades fitoplanctónicas también refleja esta situación, al señalarse que durante la presente campaña se detectó un estado relativamente avanzado de surgencia. Un proceso costero de esta naturaleza y en este estado de desarrollo, conlleva la presencia de aguas con bajo contenido en oxígeno disuelto y con bajas concentraciones de micronutrientes.

Es probable que bajo estas condiciones de baja oxigenación y de una menor disponibilidad en nutrientes, las poblaciones de las dos especies numéricamente más dominantes de la macroinfauna submareal de punta Totalillo (*L. pisum* y *T. cingulata*), hayan experimentado los efectos de estos dos factores y repercutido en los bajos niveles de abundancia reportados en esta oportunidad.

Un segundo aspecto a destacar, dice relación con el alza en los contenidos de arsénico registrada en los sedimentos submareales, en comparación con niveles históricos disponibles para punta Totalillo. En ausencia de intervención antrópica, estos cambios forman parte de la dinámica natural en la geoquímica de la matriz sedimentaria. De allí que, sea necesario tener presente estas fluctuaciones sobre todo durante la construcción y operación del puerto, ya que no necesariamente serían estas actividades la causa vinculante con potenciales aumentos de este elemento en los fondos no consolidados de punta Totalillo.

El tercer aspecto que merece ser comentado, se relaciona con el estado actual que presentan las comunidades de fondos rocosos, tanto de los ambientes intermareal como submareal del área de estudio en punta Totalillo. En ambos casos, se registró una merma en la biodiversidad que se reflejó en una disminución de los valores de la mayoría de los índices ecológicos (número de especies, número de individuos y diversidad específica). Teniendo presente que las comunidades bentónicas son consideradas un buen indicador de la situación ambiental, ya que en último caso integran las condiciones y procesos físicos y químicos que ocurren en las matrices acuosa y sedimentaria, las conclusiones establecidas para ambos tipos de biotopos, dejan en claro que el comportamiento de estas comunidades bajo las condiciones ambientales actualmente imperantes responden a un bajo nivel de estructura y organización ecológicas, cuyo origen estaría asociado al menos con el régimen hidrodinámico y con la presión ejercida por el hombre en la extracción de recursos hidrobiológicos.

Finalmente, cabe insistir en que todos los cambios y fluctuaciones reportadas en esta tercera campaña, como así también en las dos anteriores (septiembre 2004 y marzo 2005), tienen su origen en la variabilidad espacial y temporal natural del ecosistema litoral de punta Totalillo.