

INFORME TÉCNICO

"ESTUDIO DE LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS, III REGIÓN" "Campaña de Invierno"



**Preparado por:
EcoTecnos Ltda. - División Ambiental**



- OCTUBRE 2008 -

ELB MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS

Solicitado por:
ARCADIS GEOTÉCNICA

Casa Matriz

Eliodoro Yáñez 1893
Providencia - Santiago - Chile
Teléfono: 56 2 381 6000
Fax: 56 2 381 6001

Elaborado por:

EcoTecnos Ltda.

Departamento Ambiental
Quillota 1140, Viña del Mar
Fono-Fax: 56 32 2481851/2399613
info@ecotecnos.cl

Profesionales Responsables

EcoTecnos Ltda.

Prof. Dr. Humberto Díaz O.
Gestión y Ordenamiento Ambiental Costero

Prof. Dr. Patricio Araneda H.
Química Marina

Biol. Mar. Ms. Sc. Flor Uribe M.
Biología Marina

Biol. Mar. Lic. Eugenia Oviedo S.
Biología Marina

Oceanog. Ricardo Rubio
Oceanografía

Personal Técnico

Walter Vergara
Patricio Díaz
Técnicos Muestreadores

Laboratorios de Análisis

Laboratorio de Química Ambiental, U. de Valparaíso
Lab. de Análisis Bentónico y Granulométrico de Sedimentos, EcoTecnos Ltda.

 EcoTecnos	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	4
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	6
2. CALENDARIO DE ACTIVIDADES	7
3. ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA COLUMNA DE AGUA MARINA	13
3.1 PROTOCOLO DE MUESTREO Y ANÁLISIS	13
3.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA	15
3.3 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA	50
3.4 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA	51
4. ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE SEDIMENTOS SUBMAREALES	54
4.1 ANÁLISIS FÍSICO	54
4.2 ANÁLISIS QUÍMICO	74
4.3 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN SEDIMENTOS SUBMAREALES	98
4.4 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN SEDIMENTOS SUBMAREALES	99
5. ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS	105
5.1 CAMPAÑAS DE MEDICIONES	105
5.2 CORRENTOMETRÍA EULERIANA	106
5.3 CORRENTOMETRÍA LAGRANGIANA (DERIVADORES)	154
5.4 DERIVA LITORAL	173
5.5 ESTUDIO DE DISPERSIÓN CON TRAZADORES QUÍMICOS (RODAMINA B)	177
5.6 ESTUDIO DE RÉGIMEN DE VIENTOS LOCALES	200
5.7 ESTUDIO DE RÉGIMEN DE MAREAS	214
5.8 BIBLIOGRAFÍA DE LOS ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS	226

 EcoTecnos	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	5
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

	Pág.
6. ECOLOGÍA DE COMUNIDADES BIOLÓGICAS	227
6.1 ESTUDIO DE COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS SUBMAREALES	227
6.2 ESTUDIO DE COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS INTERMAREALES	297
6.3 ESTUDIO DE AVIFAUNA	335
6.4 ESTUDIO DE MAMÍFEROS Y REPTILES MARINOS	362
7. GLOSARIO DE TÉRMINOS	367
 ANEXOS	 371

ANEXO I:	CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA
ANEXO II:	COORDENADAS DE LAS ESTACIONES DE LOS DIVERSOS ESTUDIOS
ANEXO III:	CERTIFICADOS DE LABORATORIO
ANEXO IV:	LISTADO DE DATOS DE CTDO
ANEXO V:	LISTADO DE CORRIENTES EULERIANAS
ANEXO VI:	LISTADO DE CORRIENTES LAGRANGIANAS (DERIVADORES)
ANEXO VII:	LISTADO RESULTADOS ESTUDIO DISPERSIÓN
ANEXO VIII:	LISTADO DE VIENTOS
ANEXO IX:	LISTADO DE MAREAS

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	6
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

1. INTRODUCCIÓN

El presente Informe Técnico elaborado por **EcoTecnos Ltda.**, corresponde a los estudios de línea base oceanográfica de las aguas, sedimentos inter y submareales y comunidades biológicas, ubicadas frente a las futuras instalaciones de la Central Térmica Punta Cachos ubicada en la IIIª Región, campaña de invierno. Este estudio se llevó a cabo considerando básicamente la *Guía Metodológica de Revisión Técnica Sectorial de Estudios de Impacto Ambiental en el Medio Ambiente Acuático de Jurisdicción Nacional para Proyectos que Contemplan Descargas de Residuos Líquidos, de Puertos y Terminales Marítimos u Otros*, confeccionada por la Autoridad Marítima.

El estudio comprendió la caracterización físico-química de la columna de agua y de los sedimentos submareales, el estudio de las corrientes (eulerianas y lagrangianas), capacidad de dispersión, vientos y marea de la zona de interés y la caracterización de las comunidades biológicas, las que incluyeron el estudio de las comunidades macrobentónicas submareales de sustrato

blando e intermareales de sustratos duro, el estudio de la avifauna y el de mamíferos y reptiles marinos. En esta campaña se adicionó al sector de Isla Cima Cuadrada ya analizado en la primera campaña.

El contenido de este estudio se ha obtenido producto de una exhaustiva recopilación de antecedentes, del análisis de la información recogida en la campaña de terreno de invierno y del procesamiento, análisis e interpretación de los datos obtenidos de las mediciones realizadas.

El estudio encargado por Arcadis Geotécnica, constó de dos etapas: muestreos y mediciones *in situ*, y análisis de la información y conclusiones. La primera etapa se desarrolló en el litoral aledaño a las futuras instalaciones de la Central en Punta Cachos; mientras que la segunda se determinó en las instalaciones de **EcoTecnos Ltda.**

La presentación de la información se ha tabulado y graficado con el propósito de ofrecer una rápida y fácil consulta de ellos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	7
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

2. CALENDARIO DE ACTIVIDADES

A continuación se detalla el calendario de actividades ejecutado para llevar a cabo el estudio de línea de base ambiental oceanográfico, campaña de invierno, en las matrices ambientales que se describe en este capítulo:

1. Día 30/07/2008: Coordinación de las actividades de terreno y presentación ante la Autoridad Marítima local con el fin de presentar carta D.S.H.O.A. ORDINARIO N° 13.270/24/287/VRS del 13 de junio del 2008, de autorización para realizar actividades de investigación tecnológica marina (cuya copia se adjunta en el **ANEXO I**).

Comienzo de las actividades de terreno con la ejecución del estudio de comunidades intermareales de sustrato rocoso en los alrededores de Isla Cima Cuadrada.

2. Día 31/07/2008: Se efectúa la toma de muestras de sedimentos submareales para análisis físico-químico y para el análisis de comunidades macrobentónicas submareales en el sector norte de I. Cima Cuadrada. Envío de muestras de sedimentos al laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Valparaíso y al laboratorio de EcoTecnos Ltda. para su análisis. A su vez, se realiza el estudio de comunidades intermareales de sustrato rocoso en el sector de Ensenada San Pedro.
3. Día 02/08/2008: Se lleva a cabo la instalación del ADCP (perfilador de corrientes) en el sector de la Isla Cima Cuadrada, iniciándose la toma de datos para correntometría euleriana y de mareas. Se efectúa, además, la toma de muestras de columna de agua. Envío de muestras de aguas al laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Valparaíso.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	8
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

4. Día 04/08/2008: Se efectúa la toma de muestras de columna de agua en el sector norte de la I. Cima Cuadrada. Envío de muestras de agua al laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Valparaíso.
5. Día 11/08/2008: Se efectúa la toma de muestras de sedimentos submareales para análisis físico-químico y análisis de comunidades macrobentónicas submareales en el sector sur de la Isla Cima Cuadrada. Envío de muestras de sedimentos al laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Valparaíso y al laboratorio de EcoTecnos Ltda.
6. Día 13/08/2008: Se da comienzo a la primera campaña de derivadores (correntometría lagrangiana) y de dispersión con rodamina en sicigia, fase de marea vaciante, en ambos sectores (norte y sur) de I. Cima Cuadrada.
7. Día 15/08/2008: Continúa la primera campaña de derivadores y de dispersión con rodamina en sicigia, fase de marea vaciante, en ambos sectores (norte y sur) de I. Cima Cuadrada; y se lleva a cabo la campaña en fase de marea llenante. Paralelamente se efectúa la campaña de deriva litoral, fase de marea llenante, en sicigia, para los sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada.
8. Día 16/08/2008: Se ejecuta la campaña de deriva litoral sicigia, mareas vaciante y llenante, para los sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada. Se continúa, asimismo, con la primera campaña de derivadores y dispersión, sicigia marea llenante, en los sectores de I. Cima Cuadrada.
9. Día 23/08/2008: Se da comienzo a la segunda campaña de derivadores, dispersión y deriva litoral en los sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada, cuadratura fase de marea llenante. También se ejecuta el estudio de deriva litoral en cuadratura, fase vaciante, para I. Cima Cuadrada.

 EcoTecnos	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	9
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En forma paralela se efectúa la toma de muestras de columna de agua y aguas de playa del sector sur de la I. Cima Cuadrada. Envío de muestras de agua al laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Valparaíso.

10. Día 24/08/2008: Continúa la segunda campaña de derivadores y de dispersión con rodamina en cuadratura, fase de marea llenante, en los sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada.
11. Día 25/08/2008: Finaliza la segunda campaña de derivadores y de dispersión, cuadratura, vaciante en los sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada.
12. Día 01/09/2008: Se procede al retiro del ADCP en I. Cima Cuadrada. Fin de las actividades de terreno para la campaña de medio físico.

El resultado del posicionamiento de las estaciones se ha insertado en las **Figura 2.1.1** y **2.1.2**. Las coordenadas de las estaciones se detallan en el **ANEXO II**. Cabe señalar que para la selección de las estaciones para cada una de las matrices se han seguido una serie de criterios que serán comentados en los capítulos respectivos. No obstante, en todos los casos se ha tenido como criterio común, abarcar principalmente la zona de influencia del futuro proyecto de la Central, conforme a lo indicado por la Autoridad Marítima en la “*Guía Metodológica de Revisión Técnica Sectorial de Estudios de Impacto Ambiental en el Medio Ambiente Acuático de Jurisdicción Nacional para Proyectos que Contemplan Descargas de Residuos Líquidos, de Puertos y Terminales Marítimos u Otros*”.

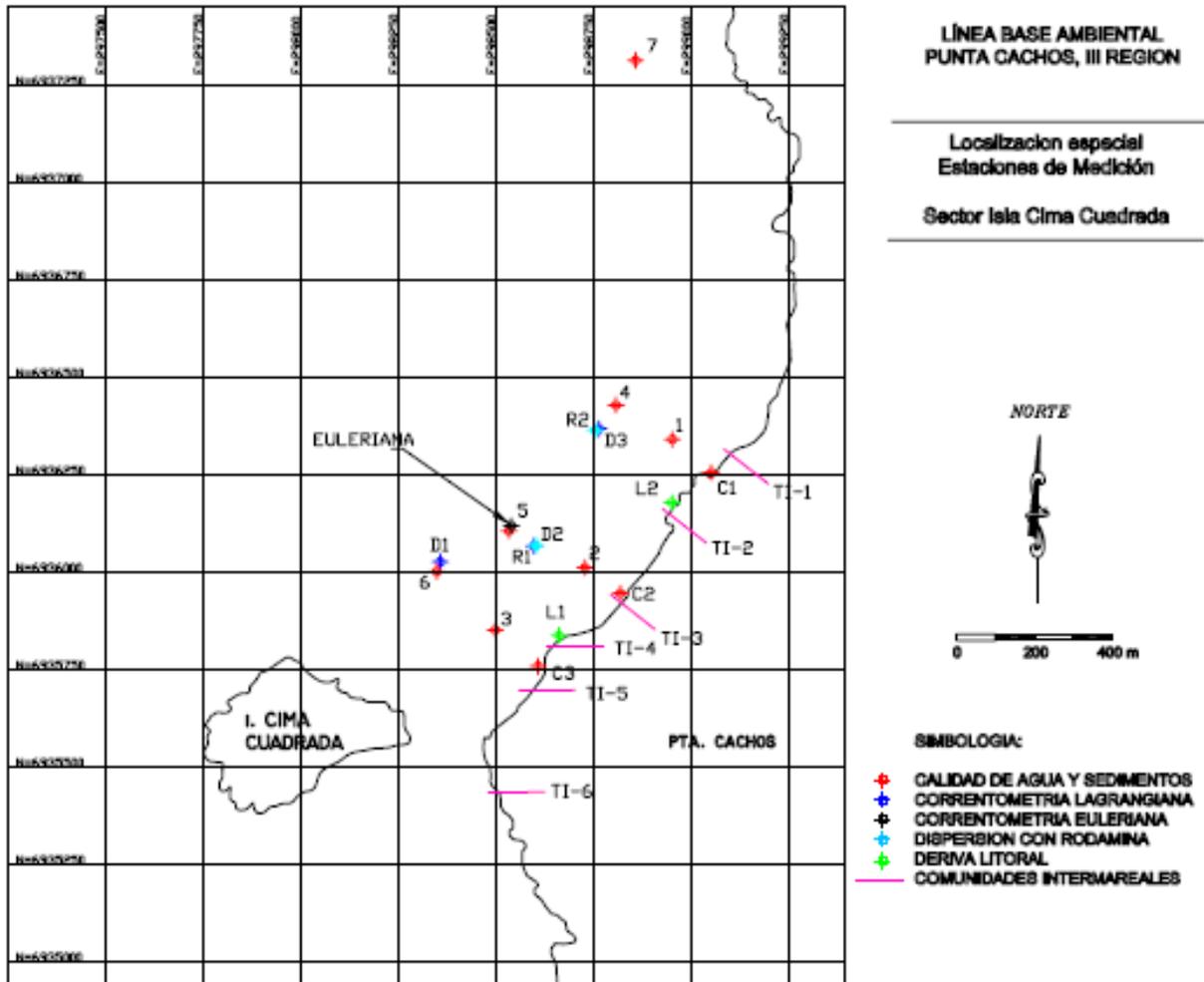


Figura 2.1.1. Ubicación de las estaciones para el estudio de cada una de las matrices ambientales analizadas en el sector de Isla Cima Cuadrada.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	11
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

3. ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA

El día 04 de agosto se efectuó la toma de muestras de las mismas matrices en el sector adyacente a la futura descarga de la Central Termoeléctrica, en los alrededores de la **Isla Cima Cuadrada**. En ambos sectores se dispuso un total de siete estaciones (**Figuras 2.1.2**), en subsuperficie (0,5 metros) y a un metro del fondo, abarcando el frente del área. Para el área de I. Cima Cuadrada se seleccionó una estación Control, ubicada al N del área propiamente tal del proyecto, siendo considerada como estación de referencia. En tanto, las muestras de playa fueron obtenidas en tres estaciones del sector, ubicadas en el litoral adyacente al área del proyecto (**Figuras 2.1.2**). Al igual que en la campaña de invierno, las muestras de columna de agua fueron tomadas a bordo de una embarcación menor, haciendo uso de botellas Niskin (**Fotografía 3.1**), mientras que las de playa fueron obtenidas directamente desde la orilla de la costa a los envases.



Fotografía 3.1. Inmersión de botella Niskin en la columna de agua de mar.



Fotografía 3.2. Envases con muestras recién obtenidas.

Cada muestra fue trasvasada a sus respectivos envases (vidrio y polietileno) de acuerdo a las características de los parámetros a monitorear (**Fotografía 3.2**), siguiendo los procedimientos recomendado por la United Nations Environment Programme (UNEP, 1984), NCh 411/2 Of. 96 “Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo” y NCh 411/9 Of. 98 “Calidad del agua – Muestreo – Parte 9: Guía para el muestreo de aguas marinas”. Las muestras preservadas fueron enviadas al laboratorio de Química

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	12
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Ambiental de la Universidad de Valparaíso en donde se efectuó su análisis. Los parámetros analizados en cada muestra y las metodologías se detallan en la **Tabla 3.1**. Es importante mencionar que la variable pH fue medida *in situ*, utilizando un pHmetro marca Oakton pH Series 300 (waterproof), habilitado con sensor de temperatura. En tanto, los parámetros temperatura y salinidad fueron también medidos en perfiles *in situ* utilizando un CTD (las mediciones con este instrumento serán detalladas en los siguientes párrafos).

Tabla 3.1

Parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados en la columna de agua y en las muestras de playa y metodologías aplicadas en cada uno de ellos. Punta Cachos (I. Cima Cuadrada y E. San Pedro). Agosto de 2008.

PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO
pH	Phmetro (electrométrico)
Temperatura	CTDO (potenciométrico) (*)
Oxígeno Disuelto	CTDO (potenciométrico) (*)
Salinidad	CTDO (potenciométrico) (*)
Transparencia	Disco Secchi
Alcalinidad	Volumetría
Cloro Residual	Mercurimétrico
Grasas y Aceites	Partición y Gravimetría
Nitratos	Reducción con Cadmio, 4500-CI G Método DPD 330,5
Nitrógeno Amoniacal	Método de Fenato
Sólidos Suspendidos	Gravimétrico
Sólidos Disueltos	Gravimétrico
Níquel Disuelto	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Vanadio Disuelto	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Coliformes Fecales	Número Más Probable
Coliformes Totales	Número Más Probable

(*) CTDO: Permite registrar *in situ* Salinidad (Conductivity), Temperatura (Temperature), Profundidad (Depth), Oxígeno (Oxygen).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	13
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

3.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA

3.2.1 *Análisis Físico-Químico y Microbiológico*

➤ **SECTOR ISLA CIMA CUADRADA**

- ***Análisis Físico-Químico y Microbiológico***

Para la ejecución y elaboración del presente Informe Técnico, se han considerado los siguientes cuerpos legales:

- *Norma Chilena 411/2 Of. 96* “Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo”.
- *Norma Chilena 411/9 Of. 98* “Calidad del agua – Muestreo – Parte 9: Guía para el muestreo de aguas marinas”.
- *Norma Chilena 1333 Of. 78.* sobre “Requisitos de Calidad de Aguas para Diferentes Usos”. No obstante, esta norma legisla respecto a algunos pocos parámetros y es aplicable sólo a cuerpos de agua dulce. Utilizada sólo a modo referencial.
- *Norma de Calidad Primaria para la Protección de las Aguas Marinas.* De acuerdo a la Tabla Pública del Programa de Dictación de Normas Ambientales 2007, de fecha 18 de agosto de 2008, el Proyecto Definitivo de esta norma se encuentra aprobado por el Consejo Directivo de CONAMA el 17 de octubre del 2005 y se envió el Decreto Supremo a SEGPRES para tramitación de firma. No obstante, **no entra aún en vigencia.**

Es importante mencionar que la futura norma para aguas marinas incluye en su Tabla 2 la “Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Marinas”. Sólo a modo referencial se ha considerado en las Tablas de análisis de los datos el valor indicado por la Tabla 2 de este anteproyecto, variando la clasificación de las aguas de acuerdo a los resultados obtenidos (Clase 1, 2 ó 3). Para tener una visión de esta futura norma, es preciso indicar que las aguas marinas serán categorizadas en “clases de calidad”, las que se definirán como sigue:

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	14
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- Clase 1: *Agua de buena a excelente calidad*, apta para todo uso; entre otros se cuentan la protección de comunidades acuáticas, acuicultura, pesca deportiva, pesca artesanal, y todos los usos señalados en la clase 2. Conserva el ambiente natural y sus características ecológicas, permite la propagación y mantención de la vida acuática.
- Clase 2: *Agua de buena calidad*, apta para la acuicultura, actividades pesqueras y todos los usos señalados en la clase 3.
- Clase 3: *Agua de regular a mala calidad*. No apta para la protección de comunidades acuáticas o para los usos prioritarios.

En los casos en que corresponda se hará mención a esta futura normativa o a otra que sea atingente a este estudio.

En la **Tabla 3.2.1.1** se detallan los resultados de los análisis de **pH**, **Oxígeno Disuelto** y **Transparencia** (disco Secchi) obtenidos en el sector norte de Isla Cima Cuadrada.

Como se observa en la **Tabla 3.2.1.1**, todos los registros de **pH** fueron igual a 7,8 en el sector de I. Cima Cuadrada, por lo que claramente no se aprecian diferencias entre las muestras ubicadas frente al futuro proyecto y la zona control (estación 7). De acuerdo a la futura norma de calidad de aguas marinas anteriormente enunciada (Clase 1), los valores de pH deberán encontrarse en el rango de 7,5 – 8,5. Por tanto, todos los registros de pH obtenidos en el área norte de Isla Cima Cuadrada estarían en los rangos que serían permitidos y clasificarían a las aguas monitoreadas de las estaciones como de buena a excelente calidad para el pH. Por otra parte, los valores de pH registrados también se encontrarían en el rango exigido en la Norma Chilena 1333 Of. 78. sobre requisitos de calidad de aguas para vida acuática – agua dulce (6,0 – 9,0) y por lo requerido por la legislación canadiense como requisito de calidad de agua para la vida acuática (6,5 – 8,5). Asimismo, también los resultados obtenidos se encuentran dentro de lo sugerido como normal en el agua de mar de acuerdo a Lozano (1978): pH de 7,2 a 8,4.

Por tanto, no habría alteración de la acidez de las aguas marinas de las estaciones estudiadas en el sector de I. Cima Cuadrada. Esta condición se explicaría por la alta

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	15
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

constancia del pH en el mar como consecuencia del efecto tamponante del sistema carbonato-bicarbonato y del ácido bórico-borato, además de la formación del carbonato de calcio (CaCO_3), por lo que sólo un muy fuerte impacto antrópico o de origen natural puede llegar a hacer fluctuar de forma importante este parámetro. Debe considerarse, no obstante, que otros factores, tales como la actividad fotosintética, la salinidad, temperatura y presión, también influyen en los cambios de pH, aparte de factores antrópicos (como contaminación por algún compuesto en específico).

Tabla 3.2.1.1

Resultados de los análisis de pH y transparencia (disco Secchi) en las estaciones de aguas marinas. Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Agosto de 2008.

Estación			Parámetro		
Identificación	Prof. (m)	Prof. Muestra	pH	Oxíg. Dis. (mg/l)	Transparencia (m)
1	12,0	Sup.	7,8	7,2	11,0
		Fondo	7,8	6,7	
2	11,0	Sup.	7,8	7,5	11,0
		Fondo	7,8	7,3	
3	12,0	Sup.	7,8	7,2	10,0
		Fondo	7,8	6,6	
4	20,0	Sup.	7,8	6,8	11,0
		Fondo	7,8	6,2	
5	20,0	Sup.	7,8	7,3	12,0
		Fondo	7,8	5,8	
6	21,0	Sup.	7,8	7,0	11,0
		Fondo	7,8	6,0	
7 (Control)	18,0	Sup.	7,8	6,7	11,0
		Fondo	7,8	5,9	
Referencias			(1) 7,5-8,5 / 6,5-9,5	(2) 5,0	(3) 1,20

(1) Anteproyecto de Norma de Calidad en Aguas Marinas: Nivel Nacional (Clase 1/Clase 2). Tabla 2. Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Marinas.

(2) Norma Chilena 1333 Of. 78. Requisitos de Calidad de Aguas para Diferentes Usos – Agua Dulce.

(3) Anteproyecto de Norma de Calidad en Aguas Marinas: Nivel Nacional. Tabla 1. Norma Primaria de Calidad Ambiental para Aguas Marinas.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	16
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Lo anterior permite concluir, en base a los resultados actuales de pH, que existe ausencia de aportes externos de compuestos ácidos o alcalinos que generen un desequilibrio entre el CO₂ disuelto y el atmosférico y, por tanto, no existen problemas de alteración de la acidez del agua de mar en las estaciones estudiadas en el sector de Isla Cima Cuadrada en esta campaña de invierno, clasificando las aguas de acuerdo a la futura norma de aguas marinas como de buena a excelente calidad para el pH.

En cuanto a las concentraciones de **Oxígeno Disuelto**, estas variaron en superficie entre 6,7 mg/l (estación control) y 7,5 mg/l (estación 2). Se observa que en todos los casos los valores de oxígeno disuelto fueron mayores en superficie respecto a la mayor profundidad medida. Esto refleja una situación normal en la columna de agua marina, puesto que en superficie existe un mayor intercambio océano – atmósfera a través de fenómenos de intercambio pasivo y turbulento, lo que genera una mayor concentración de oxígeno en la superficie. A esto hay que adicionar el aporte de oxígeno por parte de la actividad fotosintética del fitoplancton (productividad primaria), el cual debido a su dependencia de la luz solar, se ubica cercano a la superficie. En tanto, la mayor oxiclina en el área de estudio se presentó en la estación 5, alcanzando un $\Delta O_2 = 1,50 \text{ mg/l}$, lo que refleja la situación antes descrita respecto a la distribución en la columna de agua de los contenidos de oxígeno disuelto. Debe indicarse que en esta campaña los valores de oxígeno disuelto de la capa de fondo son comparativamente altos, puesto que en otros estudios efectuados en el norte de Chile; por ejemplo, en la Bahía de Mejillones del Sur, Zuñiga *et al.* (1983) hallaron una “*disminución del oxígeno disuelto en toda la columna de agua*”, presentando el agua circundante al fondo “*concentraciones bajísimas de oxígeno, con valores inferiores a 1 mg/l*”. Claramente en este estudio no se alcanzan valores tan bajos como 1,0 mg/l de O₂ en la capa de fondo.

En tanto, si se comparan estos resultados con lo sugerido en la Norma Chilena 1.333 Of.78, la cual señala un mínimo de 5,0 mg/l, todos los registros de la columna de agua del sector de I. Cima Cuadrada se encuentran sobre esta concentración, no evidenciando por tanto problemas de oxigenación en las aguas superficiales del cuerpo receptor. Lo mismo se

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	17
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

desprende al comparar los niveles de O₂ disuelto aquí obtenidos con las normativas de Japón, Estados Unidos y Canadá que indican un valor mínimo de 5,0 mg/l como requisito de calidad de agua para la vida acuática (Gutiérrez, 1989). Cabe indicar que la futura normativa nacional no considera un valor unitario de concentración de oxígeno disuelto. Lo anterior permite concluir, en definitiva, que los contenidos de oxígeno disuelto de la columna de agua estudiada, son compatibles con la sobrevivencia de los organismos acuáticos del área de estudio en la campaña de invierno.

Por su parte, los valores de **disco Secchi** medidos *in situ* (**Fotografía 3.2.1.1**) en el área de interés denotan una columna de agua con una transparencia alta, lo que refleja una baja concentración de material particulado en la columna de agua.



Fotografía 3.2.1.1.
Medición de la profundidad de disco Secchi.

Cabe señalar que la Tabla N° 2 del anteproyecto de norma no considera la transparencia de la columna de agua. Sin embargo, la Tabla N° 1 que fija los valores máximos de concentración o unidad del contaminante en aguas marinas aptas para recreación con contacto directo (norma primaria), indica un valor mínimo de transparencia de 1,2 metros. Si se toma como referencia este valor, todos los registrados en este estudio serían superiores al indicado por la futura norma.

Cabe mencionar que los registros entregados por el disco Secchi permiten establecer el espesor de la zona eufótica (iluminada) en el área de estudio, utilizando la relación:

$$K \times Z_s = \text{constante}$$

Con:

K = coeficiente de extinción medio para la columna de agua

Z_s = profundidad en m de desaparición del disco de Secchi

 EcoTecnos	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	18
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Considerando una constante de 1,7 definida en 1930, la capa eufótica se puede estimar teóricamente en $2,5 \cdot Z_s$ (Cognetti *et al.*, 2001). Con esto, en el área de estudio la capa eufótica teórica se sitúa entre los 25,0 y 30,0 metros; por lo tanto, en todas las estaciones toda la columna de agua correspondería a zona eufótica. Esto explicaría los altos valores de oxígeno disuelto presentes en la columna de agua, pues en esta capa la tasa fotosintética es positiva, es decir, suficiente para superar por término medio los procesos respiratorios día – noche en el ecosistema marino.

En tanto, en la **Tabla 3.2.1.2** se muestran los resultados de los parámetros **Alcalinidad y Grasas y Aceites**.

Tabla 3.2.1.2

Resultados del análisis de Alcalinidad y Grasas y Aceites. Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Agosto de 2008.

Estación	Prof. (m)	Alcalinidad (mgCaCO ₃ /l)	Grasas y Aceites (mg/l)
1	Sup.	189	<0,05
	Fondo	192	<0,05
2	Sup.	194	<0,05
	Fondo	186	<0,05
3	Sup.	194	<0,05
	Fondo	190	<0,05
4	Sup.	186	<0,05
	Fondo	186	<0,05
5	Sup.	192	<0,05
	Fondo	188	<0,05
6	Sup.	194	<0,05
	Fondo	186	<0,05
7 (Control)	Sup.	188	<0,05
	Fondo	192	<0,05
Referencias		-	10,0 (2)

(1) Anteproyecto de Norma de Calidad en Aguas Marinas: Nivel Nacional (Clase 1/Clase 2).
Tabla 2. Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Marinas.

(2) Anteproyecto de Norma de Calidad en Aguas Marinas: Nivel Nacional. Tabla 1 Norma Primaria de Calidad Ambiental para Aguas Marinas.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	19
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Como se puede observar, los contenidos de **Alcalinidad** en el área de estudio fluctuaron entre 186 mgCaCO₃/l (estaciones 2, 4 y 6 en la capa de fondo, estación 4 en superficie) y 194 mgCaCO₃/l (estaciones 2 y 6 en superficie). Se cuenta con información de la Bahía de Penco, donde la alcalinidad osciló entre 128 y 142 mgCaCO₃/l, valores inferiores a los obtenidos en esta campaña.

Asimismo, la **Tabla 3.2.1.2** muestra que todos los contenidos de **Grasas y Aceites** fueron menores a 0,05 mg/l, es decir, menores al límite de detección del instrumental utilizado. Por tanto, comparativamente las concentraciones de grasas y aceites son muy bajas, especialmente si se comparan con la futura Norma Primaria de Calidad Ambiental para Aguas Marinas, la cual establece un máximo de 10,0 mg/l. Por lo anterior, es posible indicar que no existe alteración de la columna de agua por grasas y aceites en el sector de estudio.

En tanto, en la **Tabla 3.2.1.3** se indican los resultados de los parámetros **Cloro Residual**, **Nitrato** y **Nitrógeno Amoniacal**.

La **Tabla 3.2.1.3** indica que todas las muestras obtenidas en el área de estudio presentan valores de **Cloro Libre Residual** menores a 0,01 mg/l, es decir, inferiores al límite de detección del instrumental utilizado. Si estos valores son comparados con la futura norma de aguas marinas de CONAMA que establece para la Clase 2 contenidos entre 0,002 y 0,01 mg/l, es posible desprender que las aguas estudiadas en el sector de I. Cima Cuadrada no presentan alteración por cloro, y se clasificarían como aguas de buena calidad para el cloro libre residual.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	20
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 3.2.1.3

Resultados del análisis de Cloro Libre Residual, Nitrato y Nitrógeno Amoniacal. Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Agosto de 2008.

Estación	Prof. (m)	Cloro Libre Residual (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Nitrógeno Amoniacal (mg/l)
1	Sup.	< 0,01	0,351	0,0161
	Fondo	< 0,01	0,470	< 0,005
2	Sup.	< 0,01	0,404	0,0063
	Fondo	< 0,01	0,512	0,0250
3	Sup.	< 0,01	0,468	0,0071
	Fondo	< 0,01	0,455	< 0,005
4	Sup.	< 0,01	0,440	0,0196
	Fondo	< 0,01	0,427	< 0,005
5	Sup.	< 0,01	0,375	0,0366
	Fondo	< 0,01	0,483	< 0,005
6	Sup.	< 0,01	0,493	0,0125
	Fondo	< 0,01	0,427	< 0,005
7 (Control)	Sup.	< 0,01	0,456	< 0,005
	Fondo	< 0,01	0,500	< 0,005
Referencias		<0,002 / 0,002-0,01(1)	-	<0,09 / 0,09-0,18 (1)

(1) Anteproyecto de Norma de Calidad en Aguas Marinas: Nivel Nacional (Clase 1/Clase 2). Tabla 2. Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Marinas.

En tanto, como se observa en la **Tabla 3.2.1.3**, las concentraciones de **Nitrato** en la presente campaña de invierno fluctuaron entre 0,351 mg/l (estación 1 en superficie) y 0,512 mg/l (estación 2 en fondo) en el sector de I. Cima Cuadrada. No se aprecian diferencias de importancia entre los contenidos de nitrato frente a la zona de estudio y la estación control. Dado que la futura norma de aguas marinas no considera este parámetro, es importante señalar algunas referencias con las cuales se cuenta. Por ejemplo, en diversas zonas de Chiloé, como en Isla Teuquelin (EcoTecnos, 2002), se informaron concentraciones de entre 0,29 y 0,45 mg/l, mientras que en Isla Apiao (EcoTecnos, 2002), las concentraciones fluctuaron entre 0,27 y 0,55 mg/l. Rangos similares se registraron en aguas de Mejillones (0,120 – 0,230 mg/l), de acuerdo a EcoTecnos (2006). Estos contenidos son similares a los registrados en el presente

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	21
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

estudio. Lo anterior indicaría que los valores de nitrato del área en estudio no presentan concentraciones que podrían señalarse como de alteración de la columna de agua. Esta aseveración es corroborada al comparar los resultados obtenidos con el valor propuesto por la comunidad de Saskatchewan de Canadá de 1,0 mg/l. Bajo esta norma, todos los valores de la columna de agua de las muestras analizadas estarían bajo este límite.

Respecto a los contenidos de **Nitrógeno Amoniacal**, en el presente estudio fluctuaron entre valores inferiores a 0,005 mg/l (estación control en superficie y estaciones 1, 3, 4, 5, 6 y control en fondo) y 0,0366 mg/l (estación 5, superficie). Como se observa en la **Tabla 3.2.1.3**, en la estación control se registraron valores inferiores a 0,005 mg/l, tanto en superficie como en el fondo; sin embargo, estos valores no son exclusivos de dicha estación. Cabe mencionar que el anteproyecto de calidad de aguas marinas ha expresado las concentraciones límite de este parámetro en $\mu\text{mol/l}$. Convirtiendo los valores establecidos por la normativa a mg/l, es posible establecer que todas las estaciones analizadas se clasificarían como Clase 1, es decir, aguas de buena a excelente calidad para el amonio.

Por su parte, la **Tabla 3.2.1.4** muestra los resultados de los parámetros **Sólidos Suspendidos y Sólidos Disueltos**.

Los valores de **Sólidos Suspendidos** fluctuaron para toda el área de estudio, sector norte de I. Cima cuadrada, entre 21,30 mg/l (estación 4, fondo) y 27,20 mg/l (estación 6, superficie). No se aprecia una clara distribución de los contenidos de sólidos suspendidos tanto en forma horizontal (entre estaciones) como vertical (en la columna de agua). En tanto, si se considera la futura norma de aguas marinas en estudio, el 71,4 % de las muestras se encontrarían dentro del rango de Clase 1, esto es, aguas de buena a excelente calidad para los sólidos suspendidos, mientras que las aguas del 28,6 % restante son de buena calidad para este parámetro en el sector de I. Cima Cuadrada.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	22
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 3.2.1.4
Resultados de los análisis de Sólidos Suspendidos y Sólidos Disueltos.
Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Agosto de 2008.

Estación	Prof. (m)	Sólidos Suspendidos (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)
1	Sup.	25,7	36.200
	Fondo	22,2	34.920
2	Sup.	21,6	35.555
	Fondo	25,0	35.285
3	Sup.	22,0	35.590
	Fondo	22,0	35.790
4	Sup.	24,8	35.295
	Fondo	21,3	35.015
5	Sup.	24,2	35.675
	Fondo	21,4	35.520
6	Sup.	27,2	35.115
	Fondo	25,3	34.979
7 (Control)	Sup.	24,6	35.015
	Fondo	24,8	35.490
Referencias		<25,0 / 25,0 – 80,0 (1)	-

(1) Anteproyecto de Norma de Calidad en Aguas Marinas: Nivel Nacional (Clase 1/Clase 2). Tabla 2. Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Marinas.

En tanto, los valores de **Sólidos Disueltos** oscilaron entre 34.920 (estación 1 en fondo) y 36.200 mg/l (estación 1 en superficie). Debe indicarse que no existe normativa referida a esté parámetro, pero como referencia las aguas de mar no debieran tener un contenido de sólidos disueltos menor a 31.000 mg/l producto de las sales que contiene. Siendo los sólidos disueltos totales una propiedad más conservativa del agua mar, los valores hallados corresponden a los propios de este tipo de matriz ambiental en el sector de I. Cima Cuadrada.

En cuanto a los metales pesados, en la **Tabla 3.2.1.5** es posible observar los contenidos de los metales pesados **Níquel** y **Vanadio Disueltos**.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	23
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 3.2.1.5

Resultados de los análisis de Níquel Disuelto (Ni) y Vanadio Disuelto (V). Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Agosto de 2008.

Estación	Prof. (m)	Níquel Disuelto (µg/l)	Vanadio Disuelto (µg/l)
1	Sup.	<1,0	<1,0
	Fondo	<1,0	<1,0
2	Sup.	<1,0	<1,0
	Fondo	<1,0	<1,0
3	Sup.	<1,0	<1,0
	Fondo	<1,0	<1,0
4	Sup.	<1,0	<1,0
	Fondo	<1,0	<1,0
5	Sup.	<1,0	<1,0
	Fondo	<1,0	<1,0
6	Sup.	<1,0	<1,0
	Fondo	<1,0	<1,0
7 (Control)	Sup.	<1,0	<1,0
	Fondo	<1,0	<1,0
Referencias		<2,0 / 2,0-100 / 100 (1)	-

(1) Anteproyecto de Norma de Calidad en Aguas Marinas: Nivel Nacional (Clase 1/Clase 2/Clase 3). Tabla 2. Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Marinas.

Se aprecia que todos los contenidos de **Níquel Disuelto** se hallaron inferiores al límite de detección de la técnica, es decir, <1,0 µg/l. De lo anterior se deduce que todas las muestras se clasificarían, de acuerdo a la futura norma de aguas marinas, como Clase 1, es decir, aguas de buena a excelente calidad para el níquel disuelto. Por tanto, no habría evidencias de alteración de las aguas estudiadas por níquel disuelto en el sector de I. Cima Cuadrada.

En cuanto a las concentraciones de **Vanadio Disuelto**, los contenidos de todas las estaciones se hallaron bajo el límite de detección, es decir, <1,0 µg/l. Sólo a modo referencial, en aguas de Tocopilla se han obtenido concentraciones de vanadio disuelto de entre <1,0 y 3,93 µg/l) (Geomar, 2006), mientras que el estudio de EcoTecnos (2006) informó de valores en la Bahía de Mejillones de entre 1,66 – 6,63 µg/l. De lo anterior se

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	24
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

concluye que los valores obtenidos en este estudio son muy bajos, descartando alteración de las aguas analizadas por altos contenidos de vanadio en el sector de I. Cima Cuadrada.

Por su parte, en la **Tabla 3.2.1.6** se detallan los resultados de los análisis microbiológicos de las muestras. En ésta se aprecia que tanto el contenido de **Coliformes Fecales** como el de **Coliformes Totales** fue <2,0 NMP/100 ml. Estas concentraciones clasificarían a las aguas estudiadas como de buena a excelente calidad para los coliformes fecales y totales, sin evidenciar por tanto, presencia de contaminación microbiológica de las aguas adyacentes al sector de I. Cima Cuadrada.

Tabla 3.2.1.6
Resultados de los análisis de Coliformes Fecales y Totales.
Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Agosto de 2008.

Estación	Prof. (m)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
1	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
2	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
3	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
4	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
5	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
6	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
7 (Control)	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
Referencias		<2,0 (1)	<70,0 (1)

(1) Anteproyecto de Norma de Calidad en Aguas Marinas: Nivel Nacional (Clase 1). Tabla 2. Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Marinas.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	25
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Por su parte, en la **Tabla 3.2.1.7** se resumen los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos efectuados a las **muestras de playa** en el sector de I. Cima Cuadrada. Estos resultados han sido comparados con la Norma Primaria de Calidad Ambiental para Aguas Marinas de la futura norma de aguas marinas o, en su defecto, la NCh. 1333. Of. 78 sobre Requisitos de Calidad de Aguas para Diferentes Usos.

De la **Tabla 3.2.1.7** se puede desprender que de los parámetros que se encuentran normados o considerados en la futura norma de aguas marinas, todos coincidirían con lo registrado en la columna de agua adyacente. Respecto a las concentraciones de los demás parámetros no normados por la futura norma, a excepción del **nitrógeno amoniacal** y de los **sólidos suspendidos** de las estaciones Playa 1 y 3, que sobrepasan los valores máximos registrados en la columna de agua, todos se hallarían dentro de los rangos obtenidos en ella.

Asimismo, las aguas de playa no evidenciaron alteración microbiológica por coliformes fecales y totales en el sector de I. Cima Cuadrada.

Lo anterior permite establecer que las aguas de playa del sector de I. Cima Cuadrada no presentan alteración de su constitución por compuestos o elementos contaminantes, de acuerdo a las referencias comparativas nacionales e internacionales con que se cuenta.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	26
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 3.2.1.7

Resultados de los análisis efectuados a las muestras de agua de mar en playa.
Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Agosto de 2008.

Estación	Playa 1	Playa 2	Playa 3	Refer. (1)
Cloro Libre Residual (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	-
Nitrato (mg/l)	0,478	0,462	0,456	-
Nitrógeno Amoniacal (mg/l)	0,049	0,067	0,036	-
pH	7,9	7,9	7,9	6,0 – 8,5
Temperatura (° C)	13,521	13,525	13,531	-
Salinidad (psu)	34,42	34,45	34,45	-
Oxígeno Disuelto (mg/l)	6,6	6,6	6,7	5,0 (2)
Alcalinidad (mg/l)	200	198	198	-
Grasas y Aceites (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	-
Sólidos Suspendidos (mg/l)	32,70	16,90	35,10	-
Sólidos Disueltos (mg/l)	35.345	35.270	35.315	-
Níquel Disuelto (µg/l)	<1,0	<1,0	<1,0	-
Plomo Disuelto (µg/l)	2,01	1,54	<1,0	50,0
Vanadio Disuelto (µg/l)	<1,0	<1,0	<1,0	-
HCT (µg/l)	1,52	1,05	1,54	50,0
HAP (µg/l)	0,280	0,108	0,282	0,2
HA (µg/l)	<5,0	<5,0	<5,0	0,04
Col. Fecales (NMP/100ml)	<2,0	<2,0	<2,0	1.000
Col. Totales (NMP/100ml)	<2,0	<2,0	<2,0	-

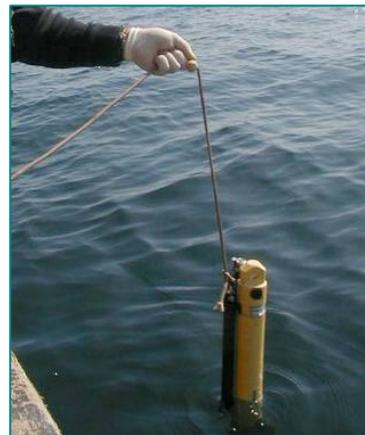
(1) Norma Primaria de Calidad Ambiental para Aguas Marinas. Anteproyecto de Norma de Calidad de Aguas Marinas: Nivel Nacional.

(2) NCh. 1333. Of. 78.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	27
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Perfiles de Temperatura y Salinidad: Mediciones con CTD en el Sector Isla Cima Cuadrada**

Como se indicó anteriormente, se efectuaron mediciones de temperatura y salinidad a través de un CTD (Conductivity, Temperatura, Depth) marca Sensordata modelo MINI STD/CTD SD 204. El instrumento fue introducido lentamente en la columna de agua marina por el costado de la embarcación (**Fotografía 3.2.1.2**). Los resultados con los registros de superficie, fondo y las diferencias entre ambos estratos se resumen en la **Tabla 3.2.1.8**. En tanto, en las **Figuras 3.2.1.1** y **3.2.1.2** se entregan los perfiles de temperatura y salinidad de todas las estaciones, respectivamente. Los datos detallados de las mediciones se indican en el **ANEXO IV**.



Fotografía 3.2.1.2. Maniobra de introducción del CTD en la columna de agua marina.

Los resultados de la **Tabla 3.2.1.8** muestran que los registros de **Temperatura** fluctuaron en forma superficial entre los 13,500° C (estación 2) y 13,629° C (estación 4). Se distinguen escasas diferencias entre las temperaturas observadas en la zona adyacente al proyecto y la zona control. En tanto, dado que en la capa superficial el calor se “concentra” debido a la irradiación solar para luego transmitirse en profundidad a causa de la mezcla producida por los vientos, los valores en superficie son mayores a aquellos registrados a mayor profundidad en todas las estaciones.

Desde el punto de vista comparativo, los registros de temperatura se corresponden a aquellos informados por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA, 1996), quienes citan temperaturas superficiales para agosto de 16,0° C. En tanto, la información *on line* del SHOA del Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanógrafos de Chile (CENDHOC, http://www.shoa.cl/cendhoc_php/index.htm), informa para una localidad ubicada cercana al norte del área de estudio, Caldera, temperaturas

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	28
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

mínimas y máximas para agosto (data de 55 años, entre 1951 y 2006), de 13,5° C y 15,8° C, respectivamente, con un promedio de 14,2° C. Esta información permite desprender que los registros obtenidos en esta campaña en el sector norte de I. Cima Cuadrada en superficie, se encuentran acordes a la estación del año, y estarían dentro del rango requerido por la futura norma de aguas marinas, la cual indica que la variación no debe ser mayor a 2° C (temperatura promedio estacional $\pm 2^\circ$ C, Clase 1).

En tanto, los registros de temperatura muestran escasa variación de este parámetro con el aumento de la profundidad (termoclina), siendo la máxima observada de $\Delta T = 0,163^\circ \text{ C}$ en la estación 4. Se puede observar que las temperaturas se mantienen relativamente estables a lo largo de la columna de agua, incluso bajo profundidades mayores a 10 metros. La actual condición, con una termoclina muy débil en todas las estaciones y, por tanto, una capa de mezcla escasamente delimitada, permitiría que en esta época del año frente al vertimiento de cualquier sustancia en superficie en el futuro, ésta se diluya en los primeros metros, facilitando su dilución y posible volatilización.

Respecto a la **Salinidad**, la **Tabla 3.2.1.8** muestra que los valores extremos oscilaron entre 34,43 y 34,51 psu. Este *rango* de valores es muy estrecho y da cuenta de la escasa variación de este parámetro en profundidad en la zona de estudio. Debe recordarse que las variaciones de la salinidad son imputables a la evaporación, a los aportes fluviales y a las precipitaciones. Dada la práctica ausencia de precipitaciones en la zona, así como de aportes fluviales, las haloclinas, esto es, las gradientes de salinidad en profundidad, alcanzan valores no superiores a $\Delta S = 0,08$ psu en el sector norte de I. Cima Cuadrada.

Desde el punto de vista comparativo, los registros superficiales de salinidad se corresponden a aquellos informados por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA, 1996), quienes citan salinidades superficiales para agosto del orden de 34,6 psu. Esto indicaría ausencia de aportes de sustancias exógenas al área de estudio que pudiesen estar modificando la salinidad de las aguas en el sector norte de I. Cima Cuadrada.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	29
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 3.2.1.8

Valores máximos, mínimos y diferencias entre superficie y fondo de los datos de temperatura y salinidad medidos con CTD. Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Agosto de 2008.

Estación 1	Salinidad (psu)	Temperatura (° C)
Superficie	34,49	13,517
Fondo	34,50	13,490
Diferencia (Δx)	0,01	0,027

Estación 2	Salinidad (psu)	Temperatura (° C)
Superficie	34,47	13,500
Fondo	34,51	13,476
Diferencia (Δx)	0,04	0,024

Estación 3	Salinidad (psu)	Temperatura (° C)
Superficie	34,47	13,508
Fondo	34,49	13,478
Diferencia (Δx)	0,02	0,030

Estación 4	Salinidad (psu)	Temperatura (° C)
Superficie	34,45	13,629
Fondo	34,52	13,466
Diferencia (Δx)	0,07	0,163

Estación 5	Salinidad (psu)	Temperatura (° C)
Superficie	34,47	13,533
Fondo	34,51	13,471
Diferencia (Δx)	0,04	0,062

Estación 6	Salinidad (psu)	Temperatura (° C)
Superficie	34,43	13,531
Fondo	34,51	13,457
Diferencia (Δx)	0,08	0,074

Estación 7 (Control)	Salinidad (psu)	Temperatura (° C)
Superficie	34,44	13,590
Fondo	34,51	13,479
Diferencia (Δx)	0,07	0,111

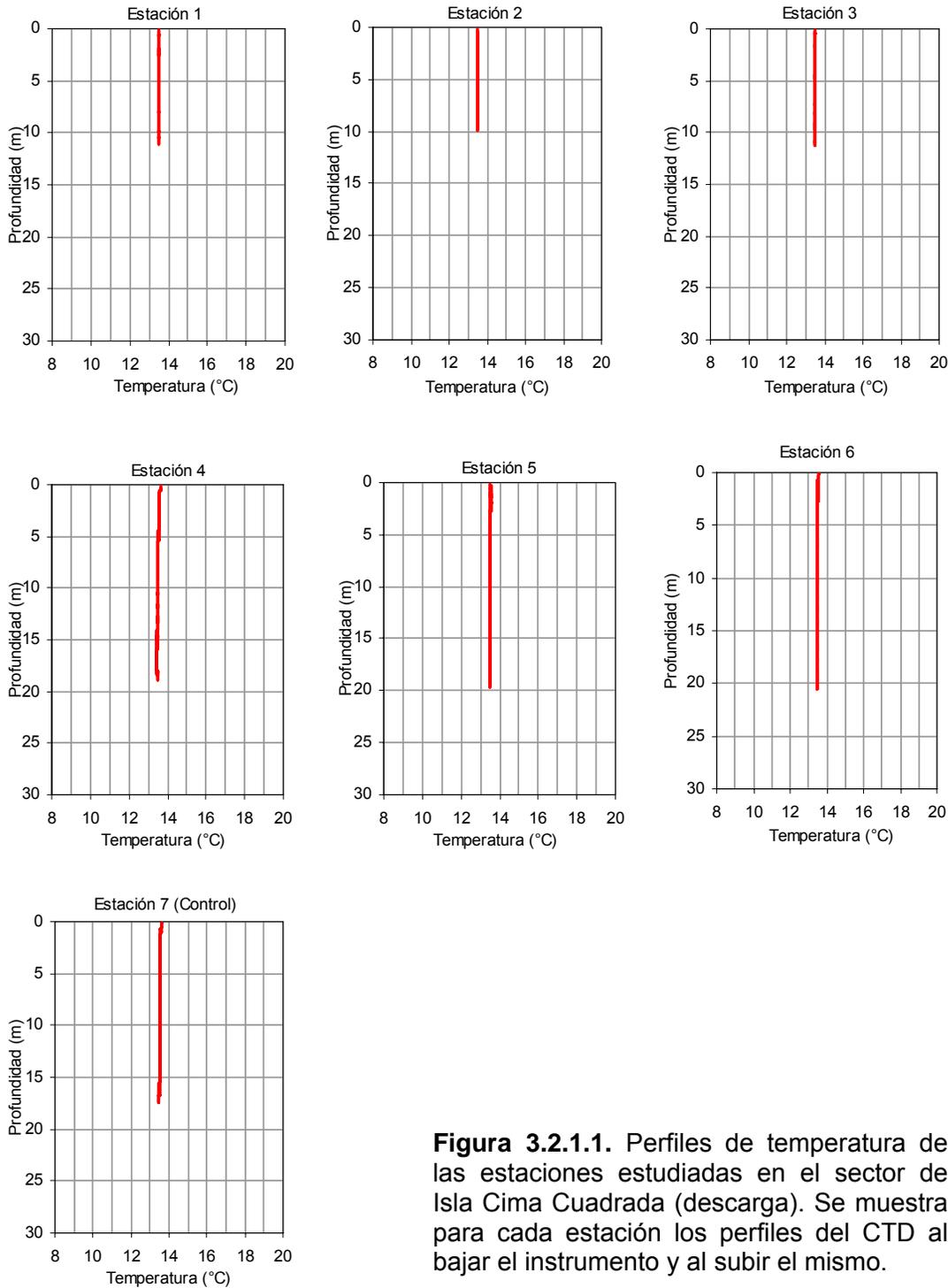


Figura 3.2.1.1. Perfiles de temperatura de las estaciones estudiadas en el sector de Isla Cima Cuadrada (descarga). Se muestra para cada estación los perfiles del CTD al bajar el instrumento y al subir el mismo.

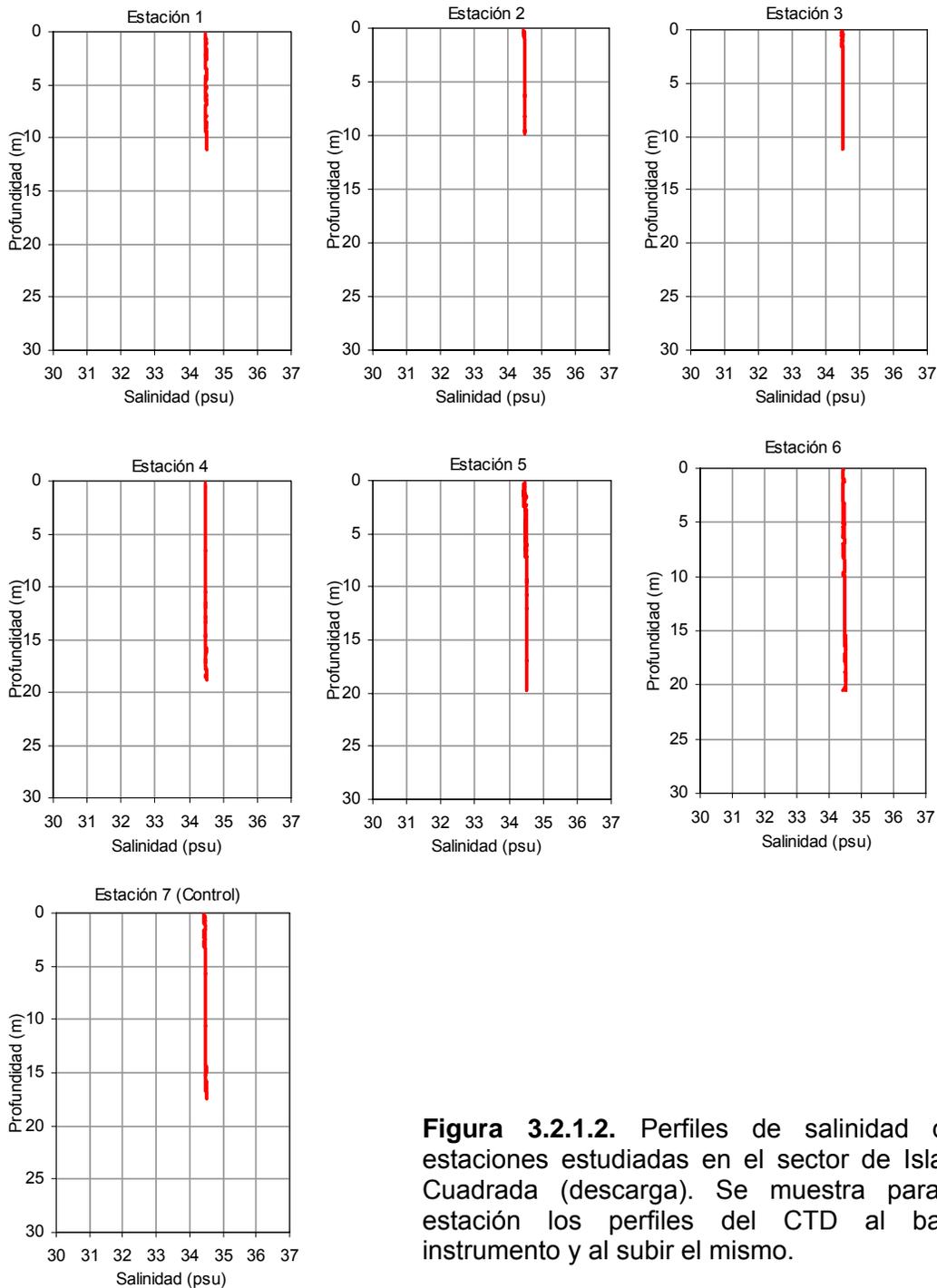


Figura 3.2.1.2. Perfiles de salinidad de las estaciones estudiadas en el sector de Isla Cima Cuadrada (descarga). Se muestra para cada estación los perfiles del CTD al bajar el instrumento y al subir el mismo.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	32
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

3.3 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA

Canada, 1979. National legislation and treaties relating to the law of sea. Division III. The high seas. New York. United Nations Legislative Series. pp. 181 - 191.

Cognetti, G.; Sarà, M. & G. Magazzù. 2001. Biología Marina. 1ª Ed., Editorial Ariel S.A. 619 p.

CONAMA. 2001. Aprueba Anteproyecto de Norma de Calidad de Aguas Marinas: Nivel Nacional. En revisión.

COPEC S.A. 1996. Estudio de Impacto Ambiental Acuático para el Terminal Marítimo de Combustibles COPEC – Arica.

COPEC S.A. 1996. Estudio de Impacto Ambiental Acuático para el Terminal Marítimo de Combustibles COPEC – Caldera.

COPEC S.A. 1996. Estudio de Impacto Ambiental Acuático para el Terminal Marítimo de Combustibles COPEC – Puerto Montt.

COPEC S.A. 1996. Estudio de Impacto Ambiental Acuático para el Terminal Marítimo de Combustibles COPEC – Puerto Chacabuco.

EcoTecnos Ltda. 2002. Declaración de Impacto Ambiental para el Proyecto Crianza y Engorde de Salmones en Isla Teuquellín, Chiloé, Xª Región. Elaborado para el Sr. Claudio Pérez. Informe Técnico INF-TEUQ / 122002. 166 pp.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	33
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

EcoTecnos Ltda. 2002. Declaración de Impacto Ambiental para el Proyecto Crianza y Engorde de Salmones Este Isla Apiao, Chiloé, Xª Región. Elaborado para el Sr. Claudio Pérez. Informe Técnico INF-APIAO / 122002. 117 pp.

EcoTecnos Ltda. 2006. Estudio de Línea Base Marina Proyecto Central Térmica Angamos Mejillones, II Región. Elaborado para Arcadis Geotécnica. Informe Técnico INF-MEJ/082006. 229 pp.

Geomar. 2006. Programa de Vigilancia Ambiental Central Termoeléctrica Tocopilla ELECTROANDINA – Marzo 2005. 50 pp.

Gutiérrez, F. 1989. Diagnóstico de la contaminación marina en el Pacífico Sudeste por metales pesados, pesticidas y eutroficación. Informe CPPS, PNUMA, COI.

Instituto Nacional de Normalización (INN). 1978. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. Norma Chilena Oficial NCh 1333.Of.78.

Instituto Nacional de Normalización (INN). 1996. Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. Norma Chilena Oficial NCh 411/2 Of. 96.

Instituto Nacional de Normalización (INN). 1998. Calidad del agua – Muestreo – Parte 9: Guía para el muestreo de aguas marinas. Norma Chilena Oficial NCh 411/9 Of. 98.

Libes, S. 1992. An introduction to marine biogeochemistry. John Wiley y Sons, Inc. pp. 15-190.

Lozano, F. 1978. Oceanografía, Biología Marina y Pesca. Tomo I, Tercera Edición, Editorial Paraninfo S.A., Madrid. 445 p.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	34
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de Chile (SHOA). 1996. Atlas Oceanográfico de Chile.

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de Chile (SHOA).
<http://www.shoa.cl/servicios/TSM/regiones/caldera.htm>. Revisado el 28/01/2008.

UNEP/FAO/IOC/IAEA. 1984. Sampling of selected marine organisms and sample preparation for trace metal analysis. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 7 Rev. 2. 15 p.

Zuñiga, O.; Baeza, H. & R. Castro. 1983. Análisis de la macrofauna bentónica del sublitoral de la bahía de Mejillones del Sur. Estudios Oceanológicos, 3(1):41-62.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	35
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

4. ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE SEDIMENTOS SUBMAREALES

4.1 ANÁLISIS FÍSICO

4.1.1 Metodología de Muestreo y Análisis

El día 31 de julio de 2008 se llevó a cabo el muestreo de sedimentos marinos submareales en el sector de **I. Cima Cuadrada**. Las tomas de muestras se desarrollaron en forma paralela al de comunidades macrobentónicas submareales de fondos blandos, tomando un total de 7 muestras con sus respectivas réplicas (**Figuras 2.1.1**). Las estaciones coincidieron con las de columna de agua. El número de estaciones se seleccionó considerando abarcar todo el frente marino en estudio, manteniendo aquellas muestreadas en la campaña de verano. Además, se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en el análisis de las comunidades macrobentónicas (capítulo 6.1) y lo indicado por la “*Guía Metodológica*” confeccionada por la Autoridad Marítima.

El *análisis granulométrico* de los sedimentos (análisis físico) se efectuó mediante el tamizaje de 100 gramos de sedimento en un agitador mecánico durante 15 minutos, previo secado de la muestra a temperatura ambiente y la extracción de la macrofauna presente. Las fracciones retenidas en los diferentes tamices geológicos fueron pesadas por separado en una balanza analítica de precisión 0,001 g. Los tipos sedimentarios fueron clasificados de acuerdo a la escala de Wenworth (1922) y los estadígrafos fueron calculados de acuerdo a Inmann (1952), haciendo uso del programa Gradistat (Blott & Pye, 2001).

Los resultados obtenidos mediante el tamizado de las muestras fueron ploteados en una escala acumulativa. De esta manera, considerando que los datos se aproximan a una distribución normal, la curva resultante adquiere una forma de “S”. El diámetro mediano de las partículas fue leído directamente del gráfico observando el tipo de sedimento correspondiente al 50%. Para una lectura más rápida de los resultados, se graficó en la

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	36
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

abscisa el tipo de sedimento correspondiente a los tamaños de malla utilizados. También fueron graficados los porcentajes de peso seco de cada fracción sedimentaria.

Es importante destacar que se utilizó el parámetro mediana como descriptor más representativo del tamaño medio del sedimento considerando las ventajas que tiene la mediana respecto al promedio propiamente tal. Según Folk (1974) y Vergara (1991), la mediana es afectada en menor medida por los valores extremos de la asimetría, debido a que está más ligada al diámetro modal que el promedio. Por lo tanto, la mediana sería una medida de tendencia central más útil que el promedio, donde el énfasis está en el tamaño más abundante.

4.1.2 Resultados del Análisis Físico

➤ **SECTOR ISLA CIMA CUADRADA**

El resultado de las gráficas en el sector de I. Cima Cuadrada puede observarse en las **Figuras 4.1.2.1 y 4.1.2.7 a,b**. Los tamaños medianos de las partículas sedimentarias y la profundidad de las estaciones se resumen en la **Tabla 4.1.2.1**. De las figuras y tabla mencionada se puede desprender que los fondos predominantes en el área de estudio y sus alrededores oscilan entre *arena media* (250 – 500 μ ; 2ϕ) y *gránulo* (2 – 4 mm; -1ϕ). Se puede apreciar un patrón de distribución de los sedimentos relacionado con la cercanía a la costa y con la profundidad de las estaciones: las estaciones más alejadas a la costa, de mayor profundidad, presentan predominio de fracciones de sedimento medio, en tanto las estaciones más cercanas a la costa, con menores profundidades, presentan tipos sedimentarios más gruesos. Una excepción la presenta la estación Control, alejada hacia el norte, la que presenta mayoritariamente gránulo en su constitución, pese a encontrarse alejada de la costa y a mayor profundidad.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	37
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 4.1.2.1

Tipos sedimentarios medianos promedios de las estaciones estudiadas.
Sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

Estaciones	Profundidad (m)	Tipo Sedimentario Mediano
1	12	Arena Gruesa
2	11	Gránulo
3	12	Arena Gruesa
4	20	Arena Media
5	20	Arena Media
6	21	Arena Media
7 (Control)	18	Gránulo

En tanto, los resultados de la **Tabla 4.1.2.2** muestran los diferentes estadígrafos calculados en los sedimentos de las estaciones estudiadas en el sector de Isla Cima Cuadrada. En tanto los resultados de los gráficos de granulometrías en porcentaje acumulativo de las fracciones (**Figuras 4.1.2.1a a 4.1.2.7a**) muestran que los sedimentos medianos van desde *arena media* a *gránulo*. De acuerdo a la clasificación de Inmann (1952), los resultados de la Desviación Estándar Inclusiva (σ_1) denotan que las estaciones 3, 4, 5 y 6 poseerían sedimentos de *Clasificación Moderada*, mientras que las estaciones 1 y 7 poseerían sedimentos *Bien Clasificados* y la estación 2 estaría en el rango de *Poco Clasificados*. Estos resultados son coherentes con el tamaño promedio de ellos en cada estación e indicarían que probablemente los sedimentos de las estaciones estudiadas han sido transportados por agentes selectivos (olas, corrientes, vientos). No obstante lo anterior, debe recordarse que los límites establecidos en la clasificación cualitativa de los sedimentos están estrechamente controlados por la forma V o la función sinusoidal del tamaño promedio, por lo que generalmente los únicos sedimentos que caen en la categoría de los “bien clasificados” son las arenas medias y finas, y todas las arcillas, limos y gravas (fracciones gruesas) estarían “poco clasificados” o “muy mal clasificadas”.

Por su parte, los resultados de la Asimetría (SK1) permiten clasificar descriptiva y cualitativamente a las estaciones 1, 2, 4, 5 y 6 como *Simétricas*; las estaciones 3 y 7 (Control) se clasificarían en el rango de *Alto Exceso de Gruesos*. Estos resultados

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	38
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

coincidirían con los gráficos de la granulometría por fracción sedimentaria (**Figuras 4.1.2.1b a 4.1.2.7b**). Cabe señalar que los valores positivos de SK1 indican que las muestras tienen finos en la “cola” de la curva, mientras que los valores negativos indican una cola de granos más gruesos.

En tanto, la escala cualitativa para la Curtosis (Kg) permite clasificar a las estaciones 4, 5, 6 y 7 (Control) en la jerarquía de *Leptocúrticas*, a las estaciones 1 y 3 como *Muy Leptocúrticas* y a la estación 2 como *Platicúrtica*, lo que se relaciona con el acercamiento de cada curva a la “distribución normal” de las diferentes fracciones sedimentarias, con predominio en cada una de ellas de una fracciones sedimentaria en desmedro de las restantes.

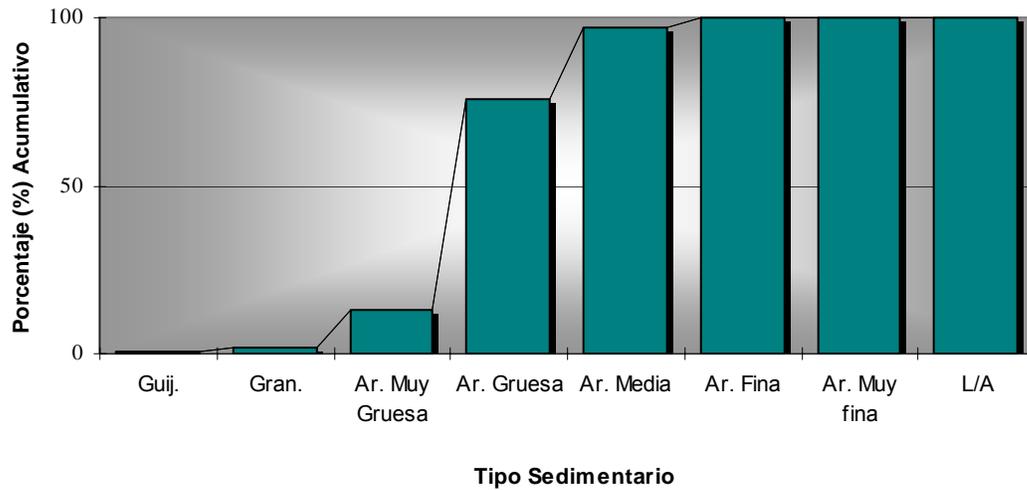
Tabla 4.1.2.2

Resultados de los diferentes estadígrafos calculados en los sedimentos de las estaciones estudiadas. Sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

EST.	Tamaño Promedio (M2) μm	Desviación Estándar Inclusiva (σ_1)	Asimetría (SK1)	Curtosis (Kg)
I-1	281	0,437	-0,061	1,821
I-2	800	1,293	+0,090	0,497
I-3	349	0,534	-0,418	1,853
I-4	204	0,699	-0,066	1,411
I-5	204	0,734	-0,069	1,378
I-6	222	0,708	+0,047	1,401
I-7(Control)	711	0,486	-0,421	1,295

Estos resultados en su conjunto permiten concluir que el sector de Isla Cima Cuadrada, en esta campaña de invierno, presenta características sedimentarias acordes a la dinámica oceanográfica, dominados por arenas gruesas, lo que se expresa en el tamaño sedimentario promedio y en las desviaciones estándar inclusiva. Estos resultados indicarían que probablemente los sedimentos de las estaciones estudiadas han sido transportados por agentes selectivos (olas, corrientes, vientos).

a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES
Estación 1. Sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008.



b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA
Estación 1. Sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008.

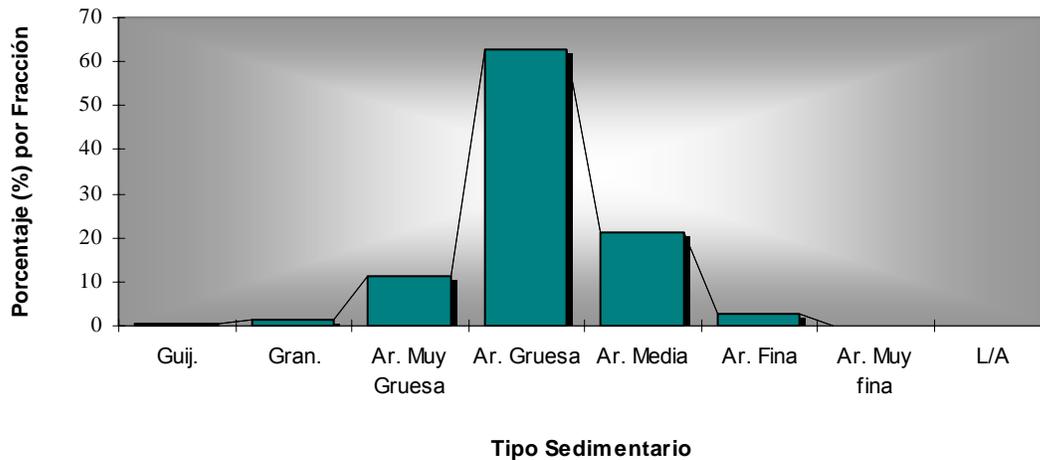
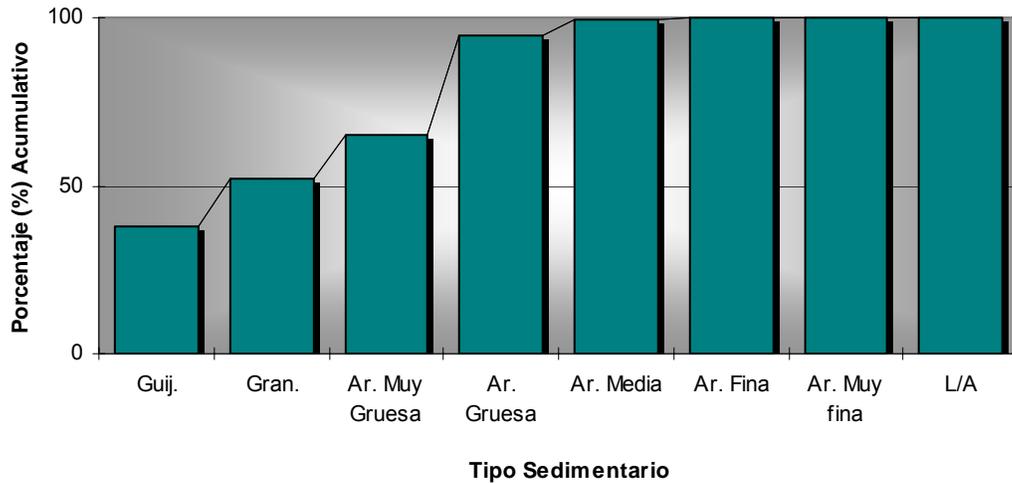


Figura 4.1.2.1. Análisis granulométrico de la estación 1. Sector Isla Cima Cuadrada. a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES
Estación 2. Sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008.



b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA
Estación 2. Sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008.

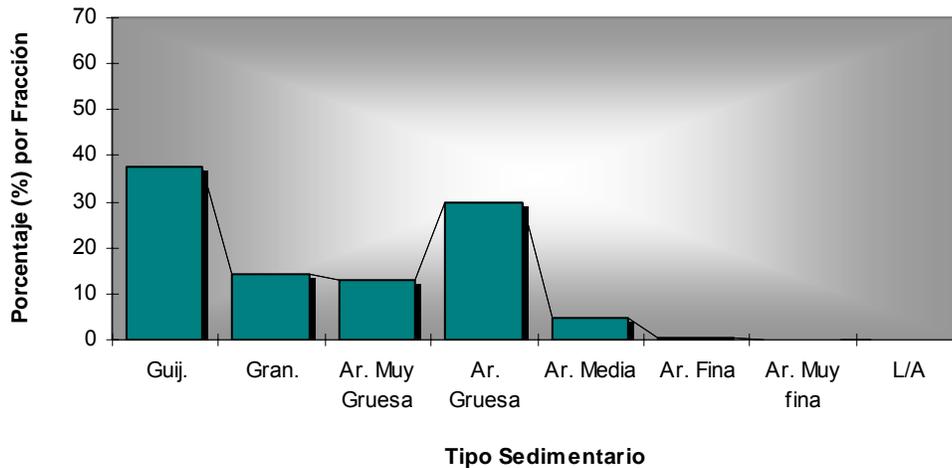
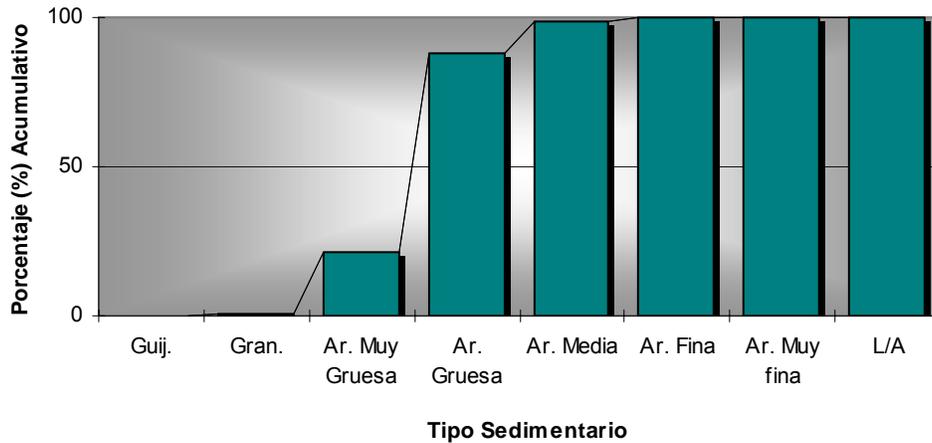


Figura 4.1.2.2. Análisis granulométrico de la estación 2. Sector Isla Cima Cuadrada. a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES
Estación 3. Sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008.



b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA
Estación 3. Sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008.

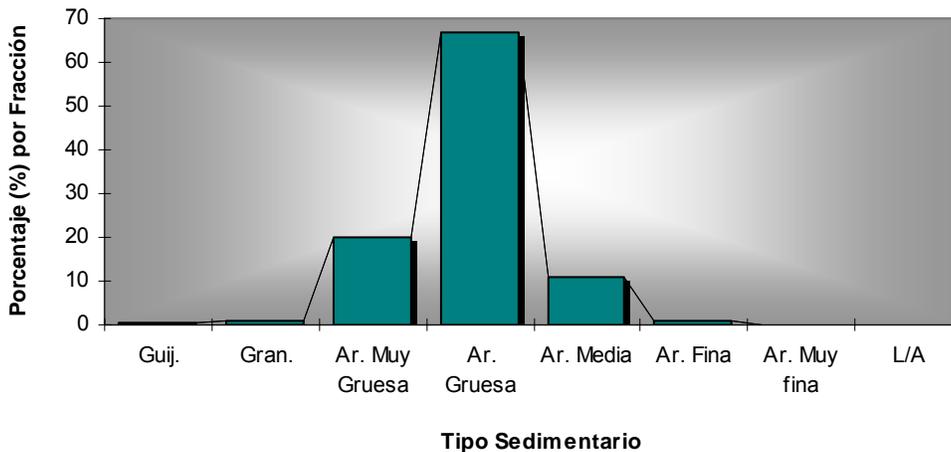
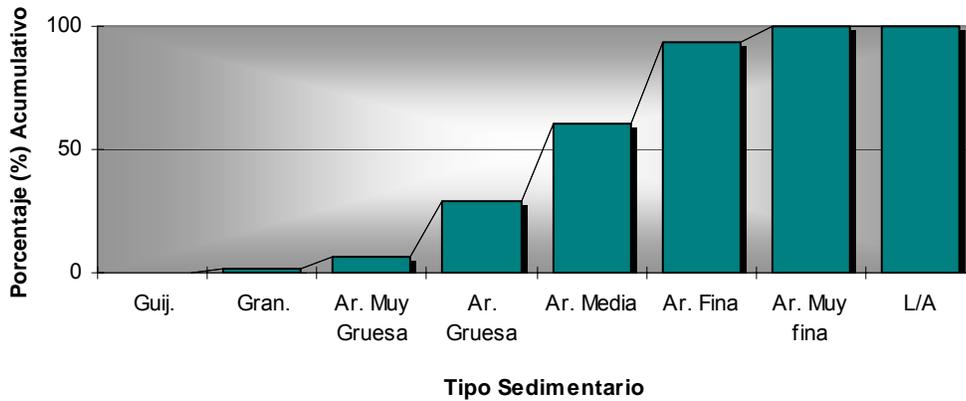


Figura 4.1.2.3. Análisis granulométrico de la estación 3. Sector Isla Cima Cuadrada. a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES
Estación 4. Sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008.



b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA
Estación 4. Sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008.

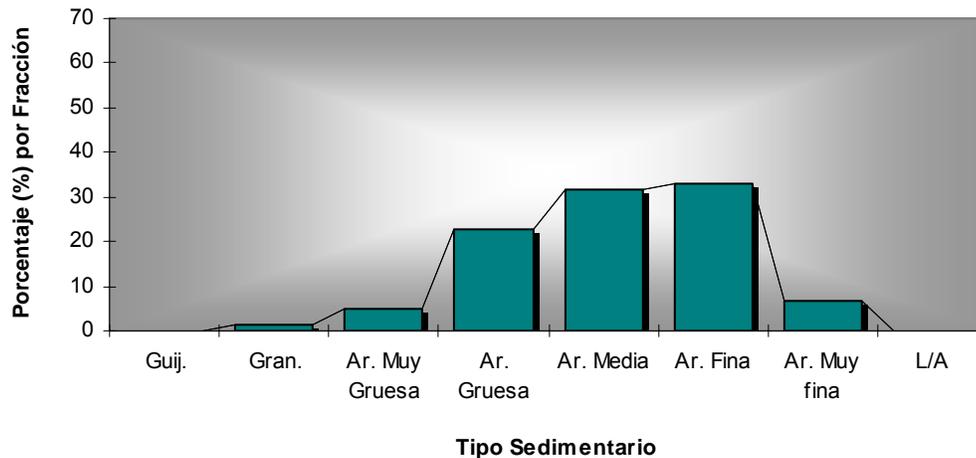
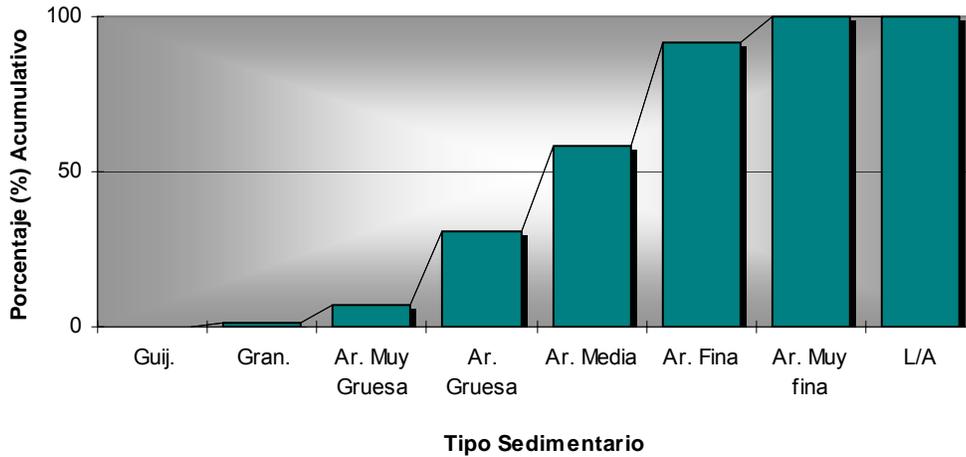


Figura 4.1.2.4. Análisis granulométrico de la estación 4. Sector Isla Cima Cuadrada. a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES
Estación 5. Sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008.



b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA
Estación 5. Sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008.

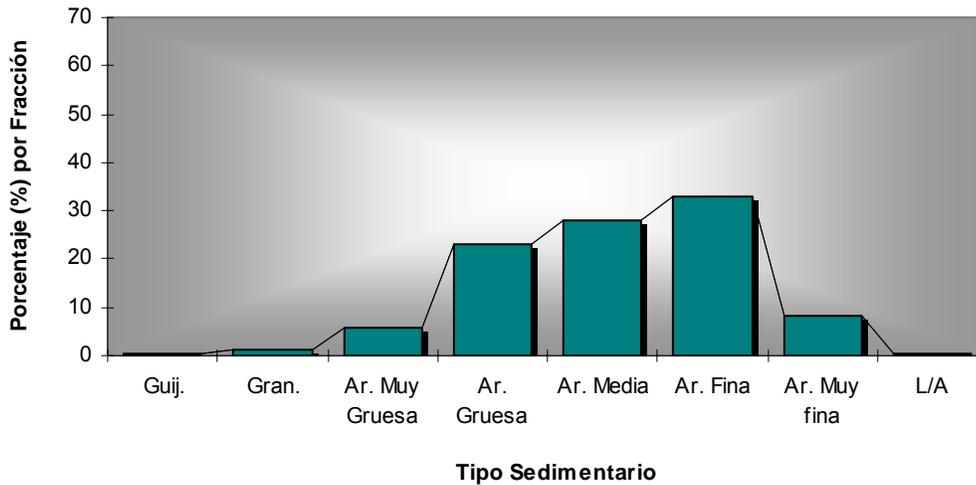
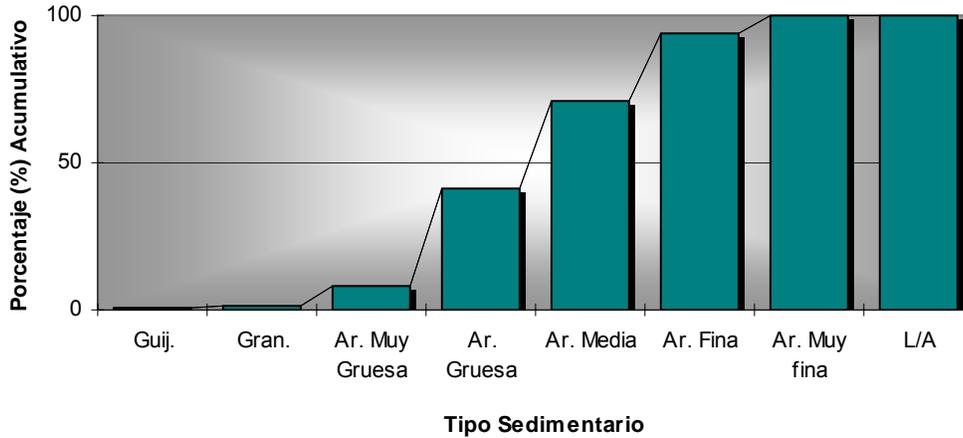


Figura 4.1.2.5. Análisis granulométrico de la estación 5. Sector Isla Cima Cuadrada. a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES
Estación 6. Sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008.



b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA
Estación 6. Sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008.

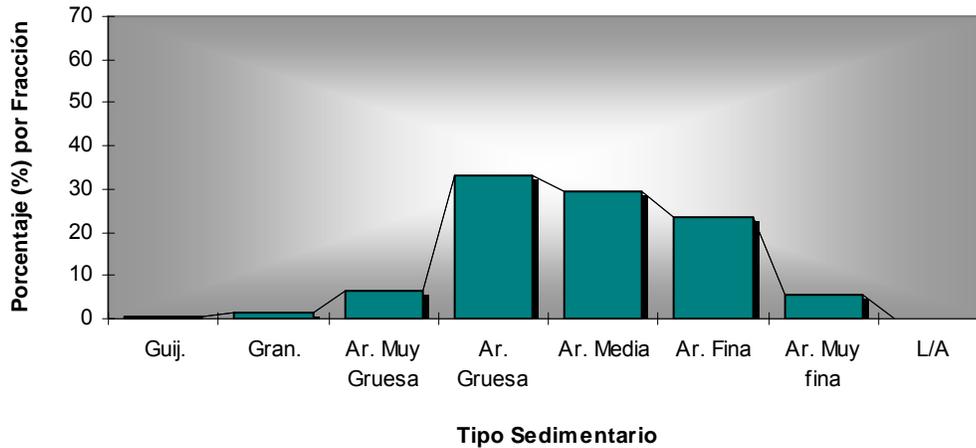
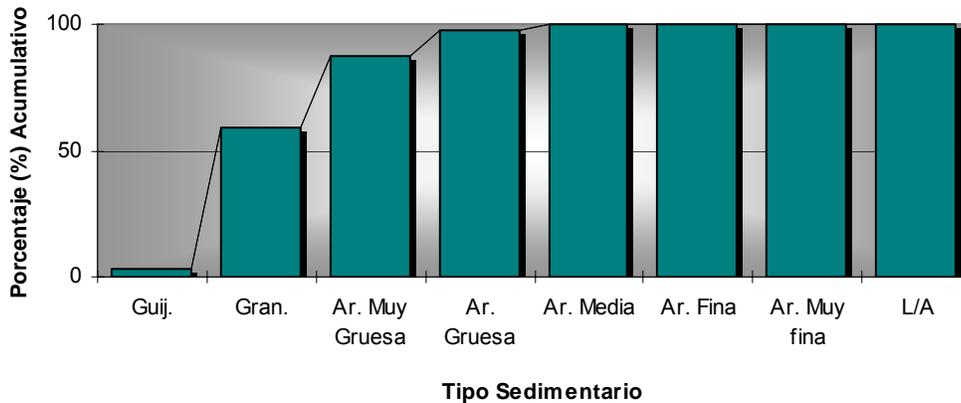


Figura 4.1.2.6. Análisis granulométrico de la estación 6. Sector Isla Cima Cuadrada. a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES
Estación 7. Sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008.



b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA
Estación 7. Sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008.

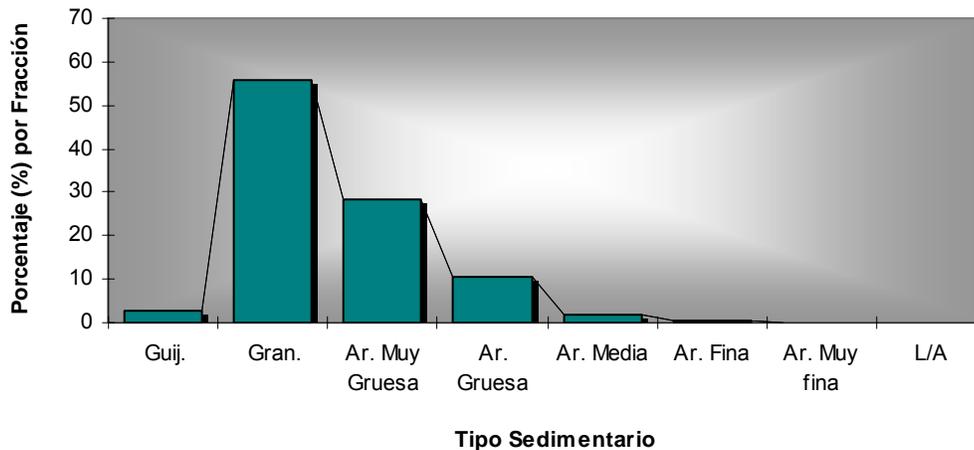


Figura 4.1.2.7. Análisis granulométrico de la estación 7 (Control). Sector Isla Cima Cuadrada. a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	46
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

4.2 ANÁLISIS QUÍMICO

4.2.1 Metodología de Muestreo y Análisis

La metodología de muestreo de sedimentos para análisis químico corresponde a la descrita en el capítulo 4.1.1 Análisis Físico. Submuestras de sedimentos fueron recubiertas en papel aluminio para efectuar en ellas los diferentes análisis químicos. Las muestras fueron trasladadas a 4° C a los laboratorios de Química Ambiental de la Universidad de Valparaíso, en donde se llevó a cabo su análisis. Los parámetros y las técnicas analíticas utilizadas en este estudio se detallan en la **Tabla 4.2.1.1**.

Tabla 4.2.1.1

Parámetros y metodologías de análisis químico utilizadas en el estudio de sedimentos. Punta Cachos (I. Cima Cuadrada). Julio/Agosto de 2008.

PARÁMETRO	MÉTODO
MOT	Oxidación con Ácido Crómico
Cadmio	EAA, Llama Aire/Acetileno
Cromo	EAA, Llama Aire/Acetileno
Níquel	EAA, Llama Aire/Acetileno
Mercurio	EAA, Generación Hidruros
Plomo	EAA, Horno de Grafito
Vanadio	EAA, Horno de Grafito
Zinc	EAA, Llama Aire/Acetileno

(*) EAA: Espectrometría de Absorción Atómica

Es importante mencionar que las muestras provenientes de cada estación fueron analizadas en replicado. Los resultados que se indican en los sedimentos corresponden al promedio de ambas mediciones.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	47
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

4.2.2 **Resultados del Análisis Químicos**

➤ **SECTOR ISLA CIMA CUADRADA**

Antes de efectuar el análisis detallado de cada uno de los parámetros estudiados en los sedimentos, debe hacerse notar que en Chile no existe legislación que norme respecto a los valores límites de parámetros químicos en esta matriz, por lo que se hace necesario incorporar información referencial de otros estudios llevados a cabo en el litoral nacional o internacional. Por esta razón, se ha adicionado a las tablas de datos obtenidos en este estudio, información disponible de referencia que permite efectuar una comparación a partir de la cual obtener una visión global del “estado químico” de los sedimentos marinos. No obstante, considerando que en la legislación chilena (Ley N° 19.300, Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, Artículo 2º, acápite c) se define *contaminación* como “la presencia en el medio ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la *legislación vigente*”, no se puede hablar de contaminación, sino de *probable alteración* de las condiciones químicas del sedimento, ya que el concepto de contaminación sólo es tal cuando existe una legislación que norme.

En la **Tabla 4.2.2.1** se detallan las concentraciones de ***Materia Orgánica Total*** (MOT) de los sedimentos analizados en el sector de I. Cima Cuadrada. Éstos oscilaron entre 0,43 (estación 4) y 3,09% (estación 7). Estos porcentajes de MOT se encuentran dentro de un rango medio respecto a lo registrado en otros estudios de sedimentología realizados a nivel nacional. En específico, los contenidos de MOT de este estudio son, en general, mayores a los citados en algunas áreas de Chiloé, como en el Canal Chiguao, Quellón, Punta Polucuhé, Punta Pumol (Isla Meulín) e Isla Taucolón, sectores que se encuentran actualmente libres de impacto antrópico. Sin embargo, son menores a los informados en sedimentos de Puerto Montt e islas Desertoires-Apiao, como también se encuentran muy lejos de aquellos citados para otras áreas altamente poluídas, como la Bahía de San

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	48
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Vicente. Lo anterior permite concluir que el estado actual basal del área estudiada no se encuentra particularmente alterado por materia orgánica.

Tabla 4.2.2.1

Concentraciones de Materia Orgánica Total (MOT) en porcentaje (%) encontradas en el presente estudio. Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	MOT (%)
1	2,24
2	1,76
3	0,72
4	0,43
5	2,00
6	1,60
7 (Control)	3,09
PROMEDIO	1,69

LOCALIDAD (Referencia)	MOT (%)
(1) Arica	0,14 - 1,14
(2) Bahía San Vicente (limo-arcilla)	16,82
(3) Bahía San Vicente: fango negro arena fina	19,11 3,36
(4) Bahía San Vicente (limo-arcilla)	12,98-19,46
(5) Bahía de Valparaíso (arena)	0,14
(6) Pto. Montt y grupo de islas Desertores-Apiao	5,78 ± 0,604
(7) Canal Chiguao (Chiloé) (promedio)	0,68
(8) Quellón (promedio)	0,33
(9) Punta Polucuhé, Isla Meulín (promedio)	0,53
(10) Punta Pumol, Isla Meulín (promedio)	0,20
(11) Isla Taucolón (promedio)	0,46

(1) Transredes S.A. (1998)

(4) Carrasco & Carbajal (1995)

(6) Alisan-Salpack (1999)

(9) Silob Chile (2001)

(2) Ahumada (1992)

(5) Chiang (1989)

(7) Alimentos Pacific Star S.A. (2000)

(10) Silob Chile (2002a)

(3) Ahumada (1994)

(6) Silva *et al.* (1998)

(8) Cultivos Yadrán S.A. (2001)

(11) Silob Chile (2002b)

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	49
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En tanto, si se consideran los tipos sedimentario medianos predominantes en cada estación (características granulométricas) y contenido de MOT, no se aprecia una relación clara entre ambas variables, ya que la granulometría de las estaciones estudiadas es muy similar. La búsqueda de esta relación tiene sentido en el contexto de que, al menos teóricamente, los mayores valores de MOT tienden a hallarse en los sedimentos con mayor predominio de fracciones finas, puesto que éstos poseen una mayor relación superficie / volumen, pudiendo adsorber en su superficie altas proporciones de MOT.

En general, es posible indicar que las concentraciones de MOT en los sedimentos localizados en I. Cima Cuadrada se encuentran en un rango medio, lejos de valores de zonas altamente contaminadas por materia orgánica (como la Bahía de San Vicente), lo que evidencia una alta actividad de los microorganismos del fondo marino y de las comunidades bentónicas submareales de hábitos alimenticios detritívoros, que consumen parte de la materia orgánica presente. *En síntesis, las concentraciones de MOT de las estaciones estudiadas indican ausencia de contaminación orgánica de los sedimentos de los alrededores de I. Cima Cuadrada.*

En tanto, en la **Tabla 4.2.2.2** se visualizan los contenidos de **Cadmio** en los sedimentos del área de estudio. En este caso los valores fluctuaron entre 3,25 mg/kg (estación 4) y 6,31 mg/kg (estación 1). En este contexto considerando las referencias de la **Tabla 4.2.2.2**, se observa que los valores encontrados en esta actual campaña son en general superiores a los citados para el litoral nacional, como es el caso de Arica, Quintero, Bahía de Concepción, Bahía San Vicente y Golfo de Arauco, incluyendo el valor de efecto ligero (0,6 mg/kg) indicado por Canadá (Comunidad de Ontario). Sin embargo, estos valores son inferiores al valor para Efecto Severo indicado por Canadá (10,0 mg/Kg) y el valor límite máximo impuesto por la EPA (31,0 mg/kg).

Con estos antecedentes es posible aseverar que el *nivel base de cadmio de los sedimentos del sector de I. Cima Cuadrada no evidencia alteración por este metal en los sedimentos.*

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	50
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 4.2.2.2

Concentraciones de Cadmio (Cd, mg/kg) encontradas en el presente estudio. Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	CADMIO (mg/kg)
1	6,31
2	4,28
3	3,42
4	3,25
5	3,39
6	3,62
7 (Control)	4,27
PROMEDIO	4,08

LOCALIDAD (Referencia)	CADMIO (mg/kg)
(1) Arica (promedio)	1,22
(2) Bahía de Valparaíso	3,4-8,8
(3) Bahía de Quintero (Caleta El Manzano)	0,189 ± 0,052
(4) Bahía Concepción	2,20
(5) Bahía Concepción	6,27
(5) Bahía San Vicente	3,06
(5) Golfo Arauco	2,24
(6) Bahía San Vicente	2,37
(7) New South Wales	1,60
(8) EPA/OWRS (valor umbral)	31,0
(9) Ontario, Canadá	
Nivel de Efecto Ligero	0,6
Nivel de Efecto Severo	10,0

(1) Transredes S.A. (1998)

(2) Chiang (1989)

(3) EcoTecnos Ltda. (2004)

(4) Carrera *et al.* (1993)

(5) Salamanca *et al.* (1988)

(6) Ahumada (1992)

(7) Forest *et al.* (1978)

(8) Zarba (1989)

(9) Ministry of Environment (1993)

Por su parte, los valores de **Cromo** de los sedimentos de la zona de I. Cima Cuadrada (**Tabla 4.2.2.3**), indican una fluctuación en el área de estudio de entre 3,81 mg/kg (estación 7, Control) y 7,86 mg/kg (estación 4), siendo similares los contenidos de cromo en las estaciones adyacentes al proyecto, y algo menor la concentración de la estación control. Bajo el punto de vista comparativo, la **Tabla 4.2.2.3** muestra que todas las concentraciones registradas tanto a nivel nacional como internacional son superiores a las

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	51
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

aquí mencionadas. Asimismo, considerando la normativa de la Comunidad de Ontario, es posible aseverar que los *sedimentos del sector de I. Cima Cuadrada no presentan alteración por cromo*, toda vez que los niveles hallados serían inferiores al Nivel de Efecto Ligero establecido por Canadá.

Tabla 4.2.2.3

Concentraciones de Cromo (Cr, mg/kg) encontradas en el presente estudio. Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	CROMO (mg/kg)
1	7,33
2	7,83
3	5,86
4	7,86
5	7,62
6	5,94
7 (Control)	3,81
PROMEDIO	6,61

LOCALIDAD (Referencia)	CROMO (mg/kg)
(1) Bahía de San Vicente (promedio)	92,96
(2) Fiordo Aysén	33,81
(3) Bristol Channel	100,0
(4) New South Wales	38,0
(5) Bahía de Boston	133,0
(6) Ontario, Canadá	
Nivel de Efecto Ligero	26,0
Nivel de Efecto Severo	110,0

(1) Ahumada (1992)

(2) Ahumada (1998)

(3) Chester & Stoner (1975)

(4) Forest *et al.* (1978)

(5) Hubbard & Bellmer (1989)

(6) Ministry of Environment (1993)

Respecto a los contenidos de **Mercurio** en los sedimentos submareales, la **Tabla 4.2.2.4** muestra que éstos oscilaron en el sector de I. Cima Cuadrada entre 0,149 (estación 7, control) y 0,949 mg/kg (estación 6). No se aprecia una clara distribución de los valores de mercurio en el área, aunque queda claro que el menor contenido se registró en la estación

 EcoTecnos	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	52
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Control. Desde el punto de vista comparativo, los valores registrados en el sector de I. Cima Cuadrada son superiores a los encontrados en algunas localidades del litoral nacional como Caleta Coloso, Bahía Quintero, Bahía San Vicente y Golfo de Arauco, así como también se encuentran por sobre el nivel de Efecto Ligero de la norma canadiense (0,2 mg/Kg). Sin embargo, los valores registrados en la actual campaña son inferiores al Nivel de Efecto Severo de la norma canadiense (2,0 mg/Kg) y todas se encuentran bajo lo señalado por la EPA en su valor umbral, a excepción de la estación I-6. De lo anterior es posible concluir que considerando la normativa internacional y los resultados de estudios nacionales, *no existe alteración de los sedimentos submareales de los alrededores de I. Cima Cuadrada por altos contenidos de mercurio.*

Tabla 4.2.2.4

Concentraciones de Mercurio (Hg, mg/kg) encontradas en el presente estudio. Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	MERCURIO (mg/kg)
1	0,263
2	0,388
3	0,570
4	0,232
5	0,699
6	0,949
7 (Control)	0,149
PROMEDIO	0,460

LOCALIDAD (Referencia)	MERCURIO (mg/kg)
(1) Caleta Coloso (ELB)	0,08
(2) Bahía de Quintero (Caleta El Manzano)	0,035 ± 0,006
(3) Bahía de San Vicente	0,38
(3) Golfo de Arauco	0,25
(4) Bahía de Valparaíso	0,61 – 6,30
(5) Ontario, Canadá	
Nivel de Efecto Ligero	0,2
Nivel de Efecto Severo	2,0
(6) EPA/OWRS (valor umbral)	0,8

(1) Ahumada (1995)
(4) Chiang (1989)

(2) EcoTecnos Ltda. (2004)
(5) Ministry of Environment (1993)

(3) Salamanca *et al.* (1988)
(6) Zarba (1989)

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	53
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Por su parte, en la **Tabla 4.2.2.5** se detallan las concentraciones de **Níquel** de los sedimentos analizados. Los valores de este metal pesado oscilaron entre 8,06 mg/kg (estación Control) y 22,6 mg/kg (estación 1). Al igual que lo observado en el caso del mercurio, la menor concentración se encontró en la estación control.

Tabla 4.2.2.5

Concentraciones de Níquel (Ni, mg/kg) encontradas en el presente estudio. Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	NÍQUEL(mg/kg)
1	22,6
2	21,2
3	21,4
4	19,8
5	20,9
6	19,1
7 (Control)	8,06
PROMEDIO	19,1

LOCALIDAD (Referencia)	NÍQUEL(mg/kg)
(1) Bahía Concepción	10,60
(2) Bahía San Vicente	45,6
(3) Bahía San Vicente	67,24
(2) Golfo de Arauco	17,50
(4) Seno Aysén	17,19 ± 2,32
(5) Estrecho de Magallanes (máximo)	54,00
(6) Antártica (máximo)	92,20
(7) EPA/OWRS	20,00
(8) Costa de Bélgica	11,00
(9) New South Wales	14,00
(10) Holy Loch, Scotland	42,00 – 145,00
(11) Gotland Bein, Baltic Sea (máximo)	43,00

(1) Carrera *et al.* (1993)

(4) Ahumada (1998)

(7) Zarba (1989)

(10) Miller *et al.* (2000)

(2) Salamanca *et al.* (1988)

(5) Lecaros & Lorenzo (1994)

(8) Araujo *et al.* (1988)

(11) Calvert (1976)

(3) Ahumada (1992)

(6) Alam & Sadiq (1993)

(9) Forest *et al.* (1978)

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	54
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Si los resultados obtenidos se comparan con las referencias citadas, es posible verificar que los valores registrados en el área de estudio, son inferiores a las determinadas en la mayoría de las localidades nacionales y a los diferentes estudios internacionales citados. Sin embargo, en el caso del valor propuesto por la Agencia Medioambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA), el 57% de las estaciones presenta valores levemente superiores a lo indicado por esta normativa internacional. Sin embargo, es muy inferior al valor informado por Alam & Sadiq (1993) para sedimentos no impactados de Antártica. Lo anterior permite concluir que, en general, los *sedimentos de los alrededores de I. Cima Cuadrada no se encuentran alterados por el metal pesado níquel.*

Por su parte, en la **Tabla 4.2.2.6** se visualizan los contenidos de **Plomo** en los sedimentos del sector de I. Cima Cuadrada. El mayor valor de plomo se registró en la estación 7 (Control), con 49,0 mg/kg, mientras que el menor se halló en la estación 1 con 24,4 mg/kg.

Por otra parte, si se consideran las referencias de la **Tabla 4.2.2.6**, es posible aseverar que los contenidos de plomo de las estaciones estudiadas se encuentran en niveles medios, siendo superiores a los hallados en otras zonas del litoral nacional como Bahía Concepción, Bahía San Vicente, Golfo de Arauco y Chiloé. Así también, estas concentraciones se encuentran dentro del rango obtenido en la Bahía de Puerto de Valparaíso. En tanto, al comparar estos valores con lo estipulado en las guías de calidad de sedimento propuestas por la agencia norteamericana de conservación del medioambiente (USEPA, Environmental Protection Agency) citadas en Army Corps of Engineers (1977), las estaciones 2, 3, 6 y 7 se encontrarían Moderadamente Contaminadas, al igual que el valor promedio obtenido para la zona de estudio. Sólo las estaciones 1, 4 y 5 se clasificarían como No Contaminadas. Asimismo, si se compara con las concentraciones descritas por la oficina para la administración nacional del océano y la atmósfera norteamericana (NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, Long & Morgan, 1991) se observa que sólo dos de las estaciones muestreadas (1 y 4), se clasificarían como no contaminadas, clasificándose todo el resto como Moderadamente Contaminadas (**Tabla 4.2.2.7**). Finalmente según los

 EcoTecnos	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	55
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

estándares de calidad de sedimentos marinos del estado de Washington (WADOE, 1991), los sedimentos se clasificarían como No Contaminados.

Tabla 4.2.2.6

Concentraciones de Plomo (Pb, mg/kg) encontradas en el presente estudio. Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	PLOMO (mg/kg)
1	24,4
2	47,3
3	47,8
4	34,1
5	38,2
6	40,3
7 (Control)	49,0
PROMEDIO	40,16

LOCALIDAD (REFERENCIA)	PLOMO (mg/kg)
(1) Puerto de Iquique	161,9
(2) Caleta Coloso, Antofagasta (ELB, promedio)	19,80
(3) Bahía de Valparaíso	11,4 – 76,2
(4) Bahía Concepción	22,20
(5) Bahía San Vicente	17,40
(5) Golfo Arauco	14,70
(6) Isla Butachauques (Chiloé)	1,86
(7) Isla Guar (Chiloé)	3,99 ± 0,23
(8) Tesam Hartley (Puertos de Chile)	< 66
(9) Costa de Bélgica	21,00
(10) New South Wales	21,00
(11) Quellón (Chiloé) (promedio)	4,11

(1) EMPORCHI (1996)

(4) Carrera *et al.* (1993)

(7) Ocean Horizons (2001)

(10) Forest *et al.* (1978)

(2) Ahumada (1995)

(5) Salamanca *et al.* (1988)

(8) Tesam Hartley (1994)

(11) Cultivos Yadrán S.A. (2001)

(3) Chiang (1989)

(6) Salmones Antártica S.A. (2000)

(9) Araujo *et al.* (1988)

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	56
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 4.2.2.7

Valoraciones conceptuales de concentraciones de plomo propuestas por diferentes agencias de América del Norte.

Valoración Conceptual	(A)	(B)	(C)
No Contaminado	< 40	< 35	-
Moderadamente Contaminado	40 – 60	35 – 110	-
Altamente Contaminado	> 60	> 110	> 450

(A) Environmental Protection Agency, Estados Unidos (Army Corps of Engineers, 1977)

(B) National Oceanic and Atmospheric Administration (Long & Morgan, 1991)

(C) Washington State (WADOE, 1991).

A la luz de estos resultados y al comparar las concentraciones aquí encontradas con las que registran otras zonas del litoral chileno y con lo especificado en las normas mundialmente aceptadas, *es posible aseverar que los niveles de plomo de los sedimentos de los alrededores de I. Cima Cuadrada se encontrarían, en general, en rangos Moderadamente Alterados.*

En tanto, en la **Tabla 4.2.2.8** se observa que los contenidos de **Vanadio** en los sedimentos submareales obtenidos en este estudio son bajos (4,89 mg/kg en la estación Control y 11,80 mg/kg en la estación 3) y se encuentran en los rangos inferiores de los citados como “normales” para sedimentos marinos. Los datos obtenidos permiten indicar que los *sedimentos analizados en forma adyacente al sector de I. Cima Cuadrada no se encontrarían alterados por este metal (vanadio).*

En cuanto a los contenidos **Zinc**, la **Tabla 4.2.2.9** muestra bastante heterogeneidad en la distribución de este metal entre las estaciones, hallándose el mayor contenido en la estación 6 (35,7 mg/kg) y el menor en la estación 3 (6,78 mg/kg).

Comparativamente hablando, es claro que los niveles de zinc obtenidos en el sector de I. Cima Cuadrada son bajos y son inferiores al rango citado para otras áreas del litoral nacional e internacional. Asimismo, la comparación de los contenidos de este estudio con lo legislado por la EPA (760 mg/kg) y el nivel de efecto ligero de Ontario-Canadá (120

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	57
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

mg/kg), permiten concluir que los *sedimentos del área de estudio se encuentran libres de alteración por zinc.*

Tabla 4.2.2.8

Concentraciones de Vanadio (V, mg/kg) encontradas en el presente estudio. Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	VANADIO (mg/kg)
1	9,06
2	9,65
3	11,8
4	8,61
5	6,65
6	6,88
7 (Control)	4,89
PROMEDIO	8,22

LOCALIDAD (REFERENCIA)	VANADIO (mg/kg)
(1) Fiordo Aysén (Línea Base)	161,87 ± 11,49
(2) Bahía de Quintero (Caleta El Manzano)	1,08 ± 0,2
(3) Bahía Concepción	141,15
(4) Gotland, Baltic Sea	130,00
(5) Rango en sedimentos marinos	20,00 – 200,00

(1) Ahumada (1998)

(2) EcoTecnos Ltda. (2004)

(3) Carrera *et al.* (1993)

(4) Calvert (1976)

(5) Miramand & Fowler (1998)

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	58
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 4.2.2.9

Concentraciones de Zinc (Zn, mg/kg) encontradas en el presente estudio. Punta Cachos, sector I. Cima Cuadrada. Julio de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	ZINC (mg/kg)
1	22,6
2	9,73
3	6,78
4	11,4
5	12,5
6	35,7
7 (Control)	14,2
PROMEDIO	16,13

LOCALIDAD (REFERENCIA)	ZINC (mg/kg)
(1) Caleta Coloso (ELB)	62,20
(2) Bahía de Valparaíso	82,9-279,7
(3) Bahía de Quintero (Caleta El Manzano)	28,9 ± 2,2
(4) Bahía Concepción	91,80
(4) Golfo Arauco	53,90
(6) Bahía San Vicente	81,08
(6) Isla Guar (Chiloé)	39,72 ± 2,19
(7) Isla Butachauques (Chiloé) (promedio)	38,98
(8) Quellón (Chiloé) (promedio)	44,62
(9) Estrecho de Magallanes y Canal Beagle	7-131
(10) Tesam Hartley (Puertos de Chile)	<160
(11) Costa de Bélgica	59,0
(12) New South Wales	40,0
(13) EPA/OWRS (valor umbral)	760
(14) Ontario, Canadá	
Nivel de Efecto Ligero	120,0
Nivel de Efecto Severo	820,0

- | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| (1) Ahumada (1995) | (2) Chiang (1989) | (3) EcoTecnos Ltda. (2004) |
| (4) Salamanca <i>et al.</i> (1988) | (5) Ahumada (1992) | (6) Ocean Horizons S.A. (2001) |
| (7) Salm. Antártica S.A. (2000) | (8) Cultivos Yadrán S.A. (2001) | (9) Lecaros & Lorenzo (1994) |
| (10) Tesam Hartley (1994) | (11) Araujo <i>et al.</i> (1988) | (12) Forest <i>et al.</i> (1978) |
| (13) Zarba (1989) | (14) Ministry of Environment (1993) | |

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	59
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

4.3 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN SEDIMENTOS SUBMAREALES

Los resultados obtenidos en el sector de Isla Cima Cuadrada permiten concluir que, desde el punto de vista físico (granulométrico), los fondos predominantes en el área de estudio y sus alrededores oscilan entre arena gruesa a gránulo. El predominio de este tipo de fracciones indicaría que probablemente los sedimentos de las estaciones estudiadas han sido transportados por agentes selectivos (olas, corrientes y vientos), siendo importante el efecto de las corrientes en la escasa presencia de fracciones finas.

En cuanto a las características químicas, los sedimentos no presentan un exceso de materia orgánica (medida en este estudio como MOT), lo que descarta un aporte exógeno (antrópico) de descargas orgánicas a los sedimentos submareales. En cuanto a los niveles de los restantes parámetros químicos estudiados, comparativamente la mayoría de las concentraciones obtenidas se encuentran en los rangos citados en otras zonas costeras nacionales o bajo las normativas internacionales de referencia, a excepción de lo hallado en el caso de los metales pesados, níquel y plomo, donde se observaron estaciones con sedimentos *moderadamente alterados*, de acuerdo a lo estipulado por la normativa internacional establecida por la EPA, NOAA y WADOE. *En definitiva, los sedimentos muestreados en el área de I. Cima Cuadrada se encontrarían libres de alteración por materia orgánica y por la mayoría de los metales pesados analizados a excepción del níquel y el plomo en algunas de las estaciones muestreadas.*

En tanto, los resultados obtenidos en E. San Pedro permiten concluir que, desde el punto de vista granulométrico, los fondos predominantes en el área de estudio y sus alrededores son del tipo gránulo, es decir, fracciones gruesas del sedimento.

En cuanto a las características químicas, los sedimentos tampoco presentan exceso de materia orgánica (medida en este estudio como MOT). Respecto a los niveles de los restantes parámetros químicos estudiados, al igual que en el caso observado en las

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	60
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

inmediaciones de Isla Cima Cuadrada, se observa que la mayoría de las concentraciones obtenidas se encuentran en los rangos citados en otras zonas costeras nacionales o bajo las normativas internacionales de referencia, a excepción de lo hallado en para el níquel y plomo, donde se observaron estaciones con sedimentos *moderadamente alterados*, de acuerdo a lo estipulado por la normativa internacional establecida por la EPA, NOAA y WADOE. *En definitiva, los sedimentos muestreados en el área de E. San Pedro se encontrarían libres de alteración por materia orgánica y por los metales pesados analizados, a excepción del plomo y níquel en algunas estaciones.*

De lo anterior se desprende que los sedimentos reinantes en Punta Cachos corresponden a fracciones gruesas, hallándose sólo en el sector norte y noreste de la punta, evidencias de concentraciones moderadas de plomo y níquel.

4.4 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN SEDIMENTOS SUBMAREALES

Ahumada, R. 1992. Patrones de distribución espacial de metales traza (Cr, Ni, Zn, Cu, Cd y Pb) en sedimentos superficiales de Bahía San Vicente, Chile. Revista de Biología Marina, Valparaíso, 27 (2): 265-282.

Ahumada, R. 1994. Nivel de concentración e índice de bioacumulación para metales pesados (Cd, Cr, Hg, Ni, Cu, Pb y Zn) en tejidos de invertebrados bénticos de Bahía San Vicente, Chile. Revista de Biología Marina, Valparaíso, 29 (1): 77-87.

Ahumada, R. 1995. Herramientas conceptuales para la conservación del ambiente costero: criterios para evaluar los impactos ambientales en los sistemas marinos. Cienc. Tec. Mar, CONA (Nº Especial): 3-13.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	61
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Ahumada, R. 1998. Metales traza (Ba, Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V y Zn) en los sedimentos del Seno Aysén: línea base y alteraciones ambientales. *Cienc. Tec. Mar*, 21: 75-88.

Alam, I.A. & M Sadiq. 1993. Metal Concentration in Antarctic Sediment Samples Collected During the TransAntarctica 1990 Expedition. *Mar. Poll. Bull.* 26(9): 523 – 527.

Alimentos Pacific Star S.A. 2000. Caracterización de Riles y Monitoreo Ambiental Marítimo, Canal Chiguao, Quellón, X Región.

Alisan – Salpack. 1999. Caracterización Físico-Química de los Residuos Industriales Líquidos Monitoreo del Cuerpo Receptor y de las Comunidades Bentónicas. Septiembre de 1999. Elaborado por SILOB CHILE.

Araujo, M.F.; Bernard, P.C. & R.E. Van Grieten. 1988. Heavy metal contamination in sediments from the Belgian COSAT and Scheldt Estuary. *Mar. Poll. Bull.* 19(6): 269-273.

Army Corps of Engineers. 1977. Implementation Manual for Section 103 of Public Law 92-535: Marine Protection, Research and Sanctuaries Act of 1972. July 1977. US Army Corps of Engineers, Environmental Effects Laboratory, Waterways Experiment Section, Vicksburg, MS.

Calvert, S.E. 1976. The Mineralogy and Geochemistry of Near-shore Sediments. In: JP. Riley & R.Chester Eds., *Chemical Oceanography*. Academic Press., 2nd Edition. 187 – 280 pp.

Canadá, 1979. National legislation and treaties relating to the law of sea. Division III. The high seas. New York. United Nations Legislative Series. pp. 181 - 191.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	62
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Carrasco, F.D. & W. Carbajal. 1995. Enriquecimiento orgánico de los sedimentos y el tamaño de los organismos macrobentónicos de la Bahía de San Vicente, Chile central. *Gayana (Oceanol.)* 3: 89-98.

Carrera, M.; Rodríguez, V.; Ahumada, R. & P. Valenta. 1993. Metales traza en la columna de agua y sedimentos blandos en bahía de Concepción, Chile. Determinación mediante voltametría de redisolución. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 28 (1): 151-163.

Chester, R. & J.H. Stoner. 1975. Trace elements in sediments from the lower Severn Estuary and Bristol Channel. *Mar. Poll. Bull.*, 6(6): 92-95.

Chiang, J. 1989. Niveles de metales pesados en organismos, agua y sedimentos marinos recolectados en la V Región de Chile. *Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sudeste, Viña del Mar. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), Rev. Pacífico Sur (número Especial):* 205-215.

Cultivos Yadrán S.A. 2001. Caracterización físico-química y biológica de sedimentos del sector de punta Chiguao. Elaborado por SILOB CHILE.

EcoTecnos Ltda. 2004. Programa de Vigilancia Ambiental en el Terminal Marítimo Puerto de Barquito. Informe Técnico. Ingemar S.A.

Empresa Portuaria de Chile (EMPORCHI), Iquique. 1996. Estudio de Auditoría Ambiental, Puerto de Iquique. Tomo II. Doppler Ltda.

Folk, R.L. 1974. *Petrology of sedimentary rocks.* Hemphill Pub. Co. Ustin, Texas, 182 P.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	63
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Forest, A.; Murphy, S.P. & R.W. Petis. 1978. Heavy metal in sediment from the Central New South Wales Coastal Region. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 29: 777 – 785.

Hubbard, W.A. & R.J. Bellmer. 1989. Biological and Chemical Composition of Boston Harbor, USA. *Mar. Poll. Bull.*, 20 (12): 615-21.

Inmann, D.L. 1952. Measures for describing the size distribution of sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 22: 125-145.

Lecaros, O. & M. Lorenzo. 1994. Presencia de metales pesados en sedimentos del Estrecho de Magallanes y del Canal Beagle. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, 29(1): 127-136.

Ley 19.300. Ley de Bases del Medio Ambiente. 09 de marzo de 1994.

Long, E.R. & L.G. Morgan. 1991. The Potential for Biological Effects of Sediment-Absorbed Contaminants Tested in the *National Status and Trends Program*. NOAA Technical Memorandum NOS OMA 52. National Oceanic and Atmospheric Administration.

Miller, B.S.; Pirie, D.J. & C.J. Redshaw. 2000. An Assessment of the Contamination and Toxicity of Marine Sediments in the Holy Loch, Scotland. *Mar. Poll. Bull.* 40 (1): 22 – 35.

Miramand, P. & S. Fowler. 1998. Bioaccumulation and transfer of vanadium in marine organisms. In: Nriagu J., ed. *Vanadium in the environment. Part 1: Chemistry and biochemistry*. New York, NY, John Wiley & Sons, pp. 167–197.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	64
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Ocean Horizons S.A. 2001. Informe Técnico. Caracterización físico-química y biológica de sedimentos del sector de Punta Redonda, Isla Guar. Marzo 2001. Elaborado por SILOB CHILE.

Salamanca, M.A.; Chuecas, L. & F. Carrasco. 1988. Heavy metal content and distribution in surface sediment from three areas of the chilean coast. Gayana (Miscelánea), 9 (1-14): 1-16.

Salmones Antártica S.A. 2000. Informe Técnico. Concesión de acuicultura Isla Butachauques, Quemchi - Chiloé. Abril 2000. Elaborado por SILOB CHILE.

SILOB CHILE. 2001. Declaración de Impacto Ambiental para el Proyecto Crianza y Engorde de Salmones, Punta Polucuhé – Isla Meulín, Comuna de Quinchao, Chiloé, Xª Región. Elaborado para el Sr. Pedro Martínez B.

SILOB CHILE. 2002a. Declaración de Impacto Ambiental para el Proyecto Crianza y Engorde de Salmones, Punta Pumol – Isla Meulín, Comuna de Quinchao, Chiloé, Xª Región. Elaborado para el Sr. Pedro Martínez B.

SILOB CHILE. 2002b. Declaración de Impacto Ambiental para el Proyecto Crianza y Engorde de Salmones, Isla Taucolón, Chiloé, Xª Región. Elaborado para el Sr. Claudio Pérez G.

Silva, N.; Calvete, C. & H. Sievers. 1998. Materia orgánica, C y N, su distribución y estequiometría, en sedimentos superficiales de la región norte de los fiordos y canales australes de Chile (Crucero Cimar – Fiordo I). Cienc. Tec. Mar, 21: 49-74.

Tesam Hartley. 1994. Normas Internacionales para los Puertos. Informe Final. Tomo IV. 113 p.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	65
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Transredes S.A. 1998. Auditoría Ambiental Complementaria para el Medio Ambiente Acuático Terminal Petrolera Arica (Chile). Volumen II. 255 pp.

Vergara, H. 1991. Manual de Laboratorio para Sedimentología. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso.

Washington State Department of Ecology (WADOE). 1991. Sediment Management Standards, Ch. 173-204 WAC. Sediment Management Unit, Olympia, Washington, April.

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

Zarba, C. 1989. National Perspective on Sediment Quality. En: Contaminated Marine Sediments-Assesment and Remediation. 493 p. National Academy Press. Washington, D.C.

Zuñiga, O.; Baeza, H. & R. Castro. 1983. Análisis de la macrofauna bentónica del sublitoral de la bahía de Mejillones del Sur. Estudios Oceanológicos, 3(1):41-62.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	66
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

5. ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS

5.1 CAMPAÑA DE MEDICIONES

La campaña de mediciones oceanográficas, desarrollada en el marco del proyecto “Central Térmica Punta Cachos”, campaña de invierno, se efectuó entre agosto y septiembre de 2008. Los parámetros oceanográficos medidos durante la presente campaña y el período de mediciones en el cual se realizaron, se listan a continuación:

Correntometría Fija (Euleriana)

- 02 de agosto al 01 de septiembre de 2008.

Correntometría Lagrangiana

Sector I. Cima Cuadrada

- Derivadores 13, 15 y 16 de agosto de 2008 (Sicigia Lunar)
23, 24 y 25 de agosto de 2008 (Cuadratura Lunar)
- Dispersión 13, 15 y 16 de agosto de 2008 (Sicigia Lunar)
23, 24 y 25 de agosto de 2008 (Cuadratura Lunar)
- Deriva Litoral 15 y 16 de agosto de 2008 (Sicigia Lunar)
23 y 24 de agosto de 2008 (Cuadratura Lunar)

Mediciones de Viento

- 02 de agosto al 01 de septiembre de 2008.

Mareas

- 02 de agosto al 01 de septiembre de 2008.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	67
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

5.2 CORRENTOMETRÍA EULERIANA

5.2.1 *Materiales y Métodos*

Para la campaña de invierno, se instalaron dos equipos para medición de corrientes eulerianas.

Las mediciones de corrientes eulerianas en estación fija en **Isla Cima Cuadrada** se realizaron desde el 02 de agosto hasta el 01 de septiembre de 2008, para lo cual se operó un perfilador acústico ADCP, marca Teledyne RD Instruments modelo Workhorse. El ADCP fue fondeado en un punto con las siguientes coordenadas (**Figura 2.2.4.2.1**):

Sector	Coordenada Norte	Coordenada Este	Inicio Mediciones	Final Mediciones
I. Cima Cuadrada	6936125	298541	02/08/2008	01/09/2008

(Datum WGS - 84)

El ADCP fue instalado en el veril de 19,0 metros (aproximadamente), con respecto al Nivel de Reducción de Sondas (NRS).

Los instrumentos fueron programados para registrar en forma continua, el perfil de la corriente cada 1 metro de profundidad y en intervalos cada 10 minutos.

Una vez finalizado el período de mediciones, la información almacenada en la memoria sólida de los instrumentos fue recuperada mediante el empleo de un computador e interfases electrónicas conectadas a ellos.

Las mediciones cubrieron los períodos de sicigia y cuadratura lunar (30 días de registro continuo). Los registros de la dirección de las corrientes son referidos originalmente al norte magnético; sin embargo, para el análisis de la información, la dirección es referida al norte geográfico, empleándose para tal efecto la corrección de desviación magnética local (**ANEXO V**, Listado de Corrientes Eulerianas).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	68
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

La información de corrientes fue sometida a un análisis estadístico de frecuencias por rangos de dirección y magnitud para una rosa de 16 direcciones. Para determinar variaciones periódicas se calculó el autoespectro de las corrientes con el método propuesto por Jenkins & Watts (1968), a partir de los datos horarios, previa eliminación de la tendencia. Este análisis se hizo para las componentes cartesianas V y U, en el sentido de la orientación norte-sur y este-oeste.

Con la finalidad de determinar posibles relaciones causa efecto entre los distintos agentes forzantes de la circulación marina, durante la ejecución de los estudios de corrientes se llevó un control del viento y de la marea.

Se debe consignar que en este informe se analiza la información de corrientes para las Capas de Agua Superficial, Intermedia y de Fondo (I. Cima Cuadrada) .

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	69
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

5.2.2 Resultados de Correntometría Euleriana

➤ **SECTOR ISLA CIMA CUADRADA**

Para la presentación de resultados, preliminarmente se analiza la magnitud y dirección de la corriente de cada capa de agua. Posteriormente, se realiza una caracterización del patrón de circulación de las capas de agua de superficie, intermedia y fondo en el sector.

• **Estadística General de los Registros**

La estadística general de las magnitudes y direcciones de las corrientes por capa de agua del sector de I. Cima Cuadrada se indica en la **Figura 5.2.2.1**.

Análisis de Magnitudes

El análisis de las magnitudes medias por capa de agua, evidencia un patrón de distribución vertical decreciente desde superficie hasta 6 m de profundidad. A partir de este nivel y hasta el fondo de la columna de agua, se evidencian valores relativamente homogéneos, en torno a 6 cm/s.

Por su parte, los registros máximos fluctuaron entre 22 cm/s y 83 cm/s, correspondiendo las mayores magnitudes a los estratos superiores de la columna de agua.

Respecto de los valores mínimos, se registraron condiciones estancas (< 1 cm/s), en la mayoría de las capas de agua.

La distribución de casos por rango de magnitud evidencia un amplio espectro de valores. En términos generales, las magnitudes de las corrientes se agrupan mayoritariamente en el rango inferior a 10 cm/s (**Figura 5.2.2.1**).

Análisis de Direcciones

La distribución de casos por rango de dirección (**Figura 5.2.2.1**), da cuenta de un patrón direccional variable; no obstante, son más frecuentes los flujos hacia el primer cuadrante (N, NE o E).

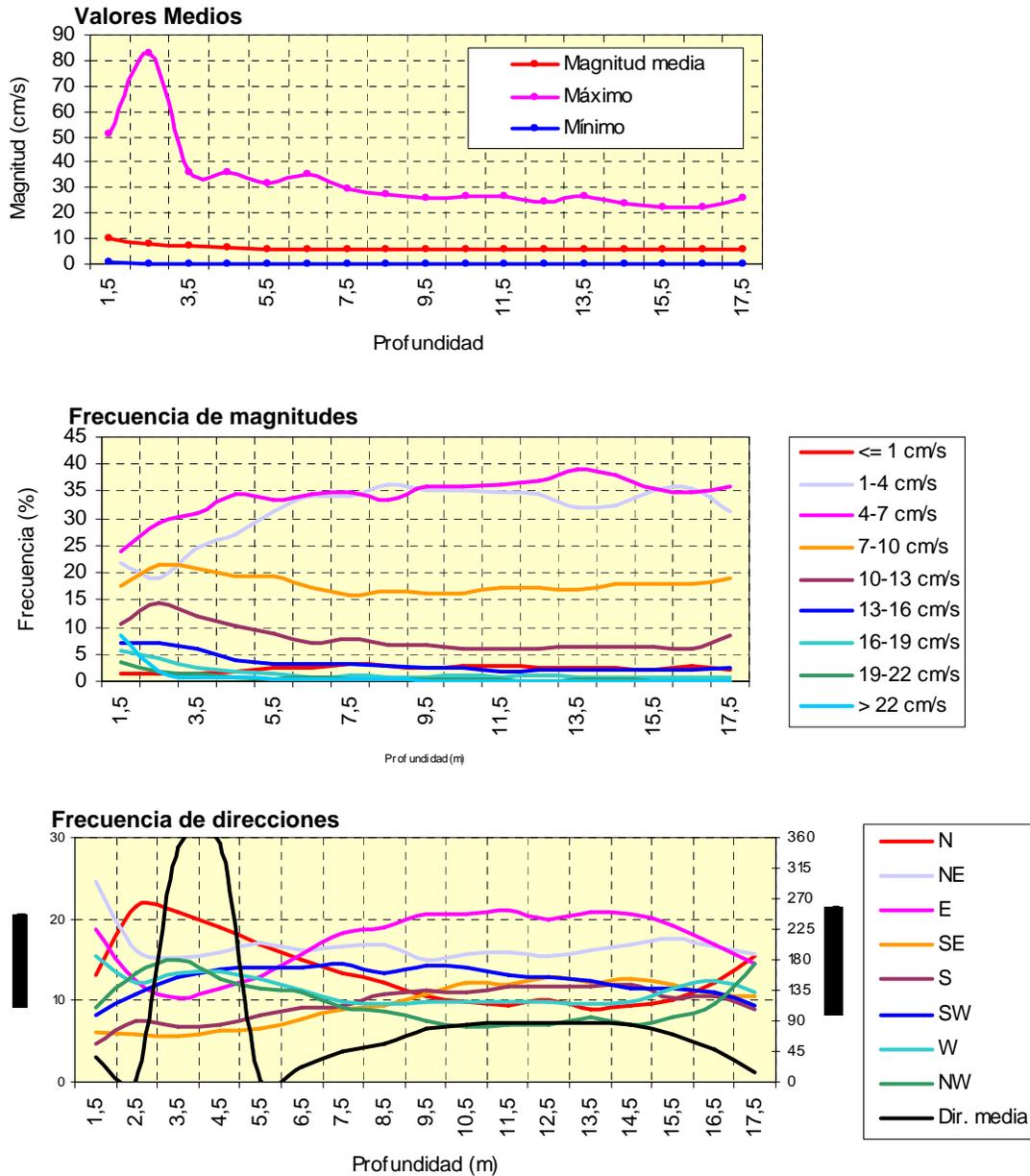


Figura 5.2.2.1. Estadística general de corrientes por capa de agua. Sector Isla Cima Cuadrada. Campaña de invierno.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	71
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En términos generales, se puede señalar que el transporte (o corriente residual) se verifica hacia el primer cuadrante en todas las capas de agua. En los estratos superiores e inferiores de la columna de agua, la corriente residual se dirige hacia el N o NE, mientras que en la capa de agua intermedia, esta gira hacia el Este.

- **Análisis de las Capas de Agua Superficial, Intermedia y de Fondo**

Estadística Descriptiva

La estadística general de los registros de corrientes de las capas de agua de superficie, intermedia y de fondo, se entrega en la **Tabla 5.2.2.1**. Las **Figuras 5.2.2.2 y 5.2.2.3** presentan los histogramas de dirección y magnitud de la corriente, respectivamente.

Los resultados evidencian que el patrón de circulación marina se caracteriza por un patrón direccional variable, según la profundidad de medición.

La capa de agua de superficie presenta una marcada tendencia a fluir hacia el primer cuadrante (N, NE y E), con un 56% de incidencia para estas tres direcciones, lo que representa una dinámica dirigida en sentido paralelo a la geometría de la línea de costa. Por su parte, las capas de agua intermedia y de fondo dan cuenta de un patrón direccional más variable, donde ninguna dirección tuvo una destacada participación, con excepción de la dirección E, en el estrato intermedio.

Comparativamente, la capa de agua superficial registra menor variabilidad direccional que los estratos inferiores de la columna de agua.

Respecto de las magnitudes de las corrientes, se evidencia un amplio rango de valores en superficie, incluso se registran magnitudes sobre 22 cm/s; la corriente modal se agrupó en el rango de 4 a 7 cm/s, con un 24% de frecuencia. Por su parte, las magnitudes de las

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	72
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

capas de agua intermedia y de fondo se agruparon mayoritariamente en el rango inferior a 10 cm/s, con un 90% de los casos.

La intensidad de la circulación es moderada a baja según el estrato de medición. La capa superficial registró mayor frecuencia de magnitudes superiores a 22 cm/s, con un 9% de los casos, y máximos absolutos superiores respecto de los estratos más profundos, con un valor de 51 cm/s (**Tabla 5.2.2.2**).

La magnitud media mensual varía de 9,8 cm/s en la capa de agua superficial a magnitudes de 5,5 cm/s en los estratos inferiores de la columna de agua. La mayor media se registra para las direcciones NE o E, con magnitudes de 12 cm/s (superficie), 6,3 cm/s (intermedia) y 6,2 cm/s (fondo).

En términos generales, se distingue una tendencia de la corriente a adoptar un sentido coincidente con la geometría de la línea de costa. Lo anterior, es más evidente en la capa superficial de agua, y cuando la circulación se intensifica, tal como lo sugiere el diagrama de dispersión mostrado en la **Figura 5.2.2.4**. Esta gráfica, muestra una gran dispersión de valores para magnitudes de corrientes inferiores a 10 cm/s, lo que permite sugerir que en este escenario ambiental con circulación débil, cualquier dirección tiene similar probabilidad de ocurrir.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	73
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 5.2.2.1

Incidencia de corrientes por capa. Sector Isla Cima Cuadrada. Campaña de invierno.

Capa de Agua Superficial

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION								TOTAL (%)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
<= 1									1,139
1-4	2,999	2,836	2,813	2,139	2,022	3,185	3,092	2,882	21,967
4-7	3,254	4,765	3,208	2,232	1,674	2,255	3,766	2,743	23,896
7-10	2,510	4,533	3,789	1,093	0,674	0,930	2,301	1,906	17,736
10-13	1,511	3,417	2,417	0,232	0,093	0,628	1,441	0,790	10,530
13-16	1,000	2,766	1,488	0,116	0,000	0,372	1,069	0,372	7,183
16-19	0,674	1,929	1,209	0,139	0,000	0,256	1,000	0,279	5,486
19-22	0,604	1,348	0,697	0,023	0,000	0,116	0,651	0,093	3,533
> 22	0,511	2,766	2,859	0,046	0,023	0,279	1,976	0,070	8,531
TOTAL %	13,064	24,361	18,480	6,020	4,486	8,020	15,295	9,135	100,000

Capa de Agua Intermedia

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION								TOTAL (%)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
<= 1									2,046
1-4	3,696	4,254	5,695	4,928	5,207	4,417	4,068	3,301	35,565
4-7	3,673	5,300	7,276	4,347	4,254	5,834	3,278	1,999	35,960
7-10	1,511	2,906	4,672	1,116	1,139	2,394	1,557	1,023	16,318
10-13	0,697	1,534	2,069	0,163	0,209	1,093	0,418	0,488	6,671
13-16	0,372	0,651	0,651	0,070	0,000	0,349	0,139	0,209	2,441
16-19	0,139	0,163	0,070	0,046	0,000	0,046	0,000	0,070	0,535
19-22	0,116	0,046	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,139	0,325
> 22	0,093	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,139
TOTAL %	10,298	14,877	20,432	10,669	10,809	14,133	9,484	7,252	100,000

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	74
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 5.2.2.1 (continuación)

Incidencia de corrientes por capa. Sector Isla Cima Cuadrada. Campaña de invierno.

Capa de agua de Fondo

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION								TOTAL (%)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
<= 1									2,046
1-4	4,231	4,695	5,021	4,556	4,881	4,417	4,974	3,464	36,239
4-7	3,882	5,509	6,183	4,091	4,114	3,580	4,207	3,115	34,682
7-10	2,255	3,673	3,603	1,557	1,069	1,953	1,906	1,953	17,968
10-13	1,023	1,418	1,325	0,349	0,116	0,674	0,535	0,535	5,974
13-16	0,442	0,767	0,395	0,023	0,046	0,116	0,279	0,186	2,255
16-19	0,116	0,209	0,116	0,000	0,000	0,023	0,186	0,070	0,721
19-22	0,046	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,046	0,000	0,093
> 22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,023
TOTAL %	11,994	16,272	16,643	10,576	10,228	10,762	12,134	9,344	100,000

Tabla 5.2.2.2

Valore máximos y medios de las corrientes por capa. Sector Isla Cima Cuadrada. Campaña de invierno.

DIRECCION	Capa Superficial		Capa Intermedia		Capa de Fondo	
	MEDIA	MAXIMA	MEDIA	MAXIMA	MEDIA	MAXIMA
	(cm/s)	(cm/s)	(cm/s)	(cm/s)	(cm/s)	(cm/s)
N	8,9	34,8	6,1	25,8	5,9	20,0
NE	12,0	42,7	6,4	24,3	6,4	18,1
E	12,4	51,3	6,3	18,7	6,0	18,7
SE	5,8	24,0	4,6	18,7	4,8	13,3
S	4,7	23,1	4,5	11,5	4,5	13,9
SW	6,9	33,9	5,7	17,6	5,3	18,5
W	11,2	50,7	5,1	21,3	5,5	20,1
NW	6,8	34,5	5,6	23,0	5,6	22,6
TOTAL	9,8	51,3	5,5	25,8	5,5	22,6

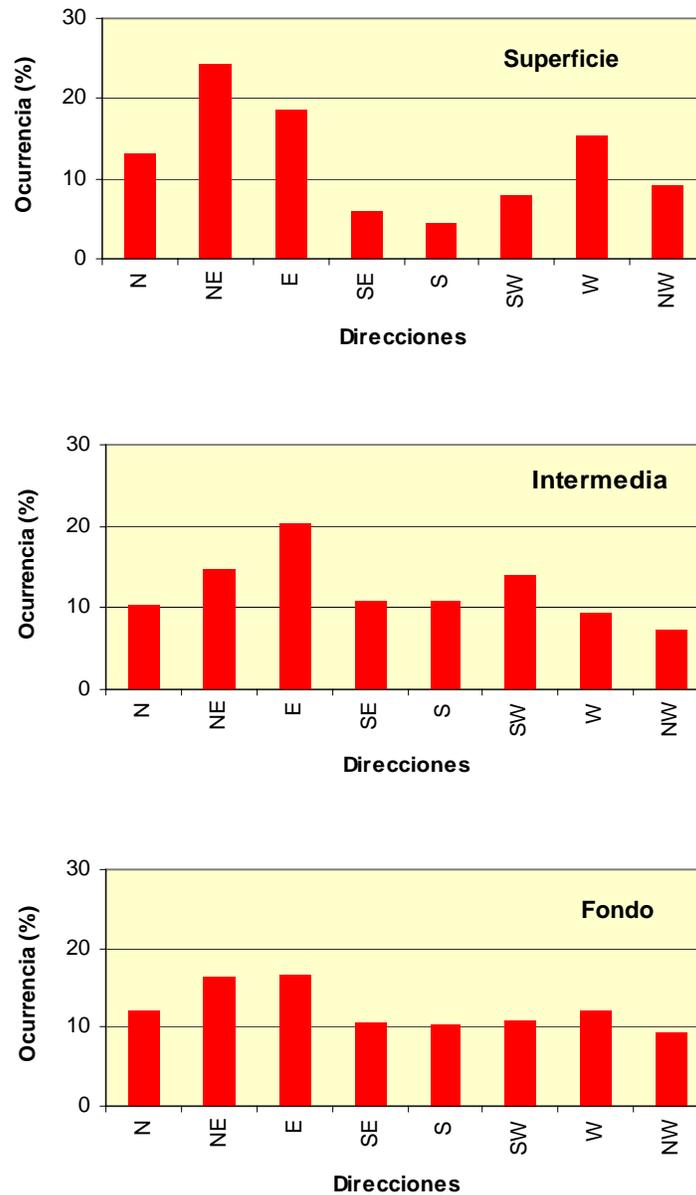


Figura 5.2.2.2. Histograma de direcciones de las corrientes por capa. Sector Isla Cima Cuadrada. Campaña de invierno.

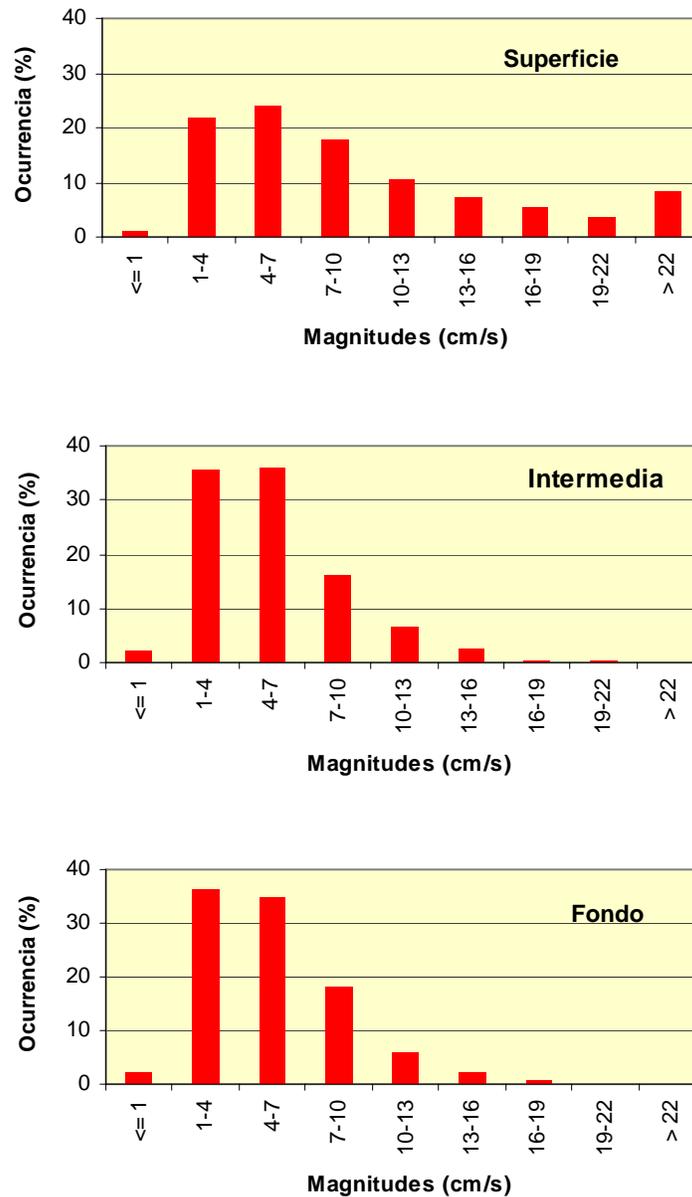


Figura 5.2.2.3. Histograma de magnitudes de las corrientes por capa. Sector Isla Cima Cuadrada. Campaña de invierno.

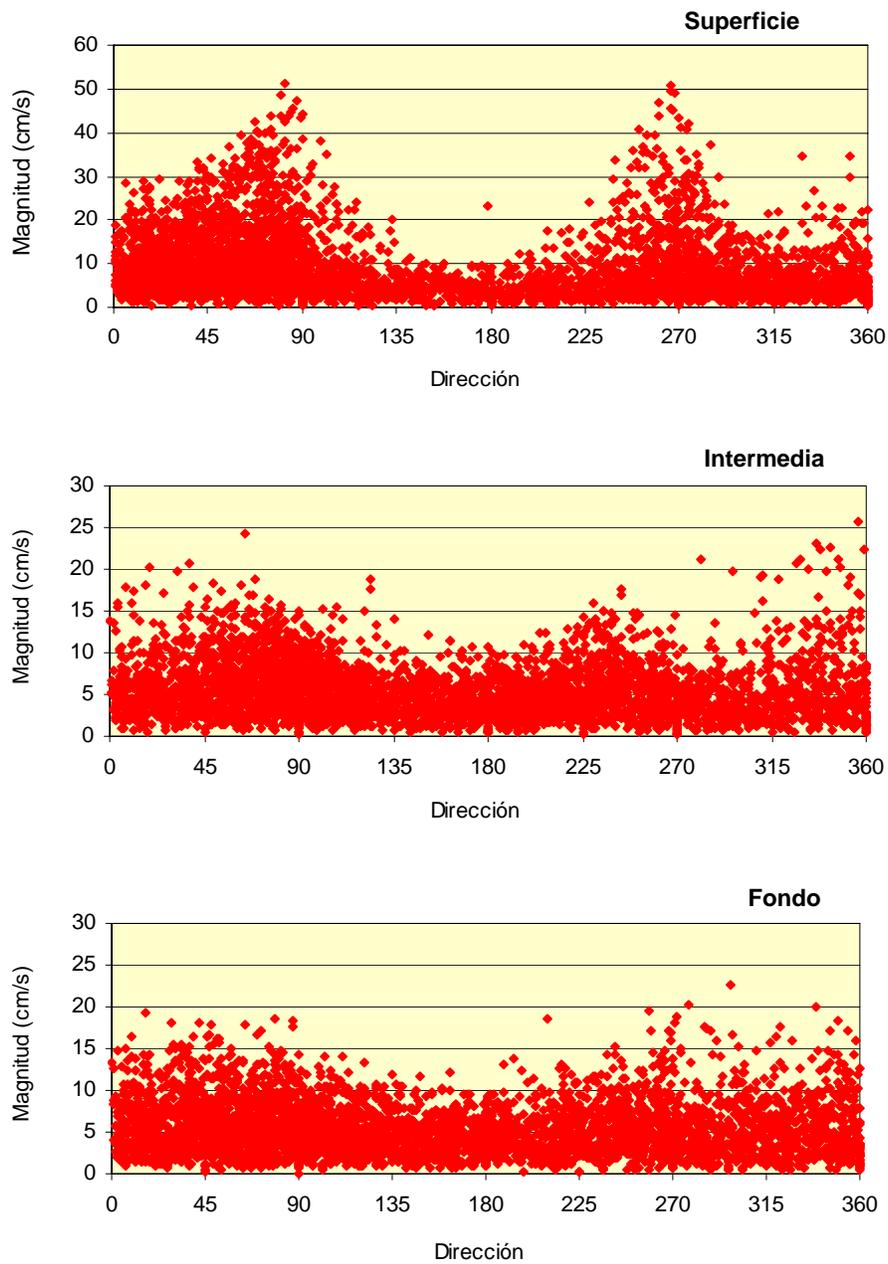


Figura 5.2.2.4. Diagramas de dispersión Magnitud – Dirección de las corrientes por capa. Sector Isla Cima Cuadrada. Campaña de invierno.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	78
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Corrientes Máximas**

La **Figura 5.2.2.5** muestra pulsos de corrientes con magnitudes superiores a 30 cm/s, que se registran en el estrato superficial de agua con una frecuencia variable de 1 a 7 días.

Comparativamente las magnitudes de las corrientes fueron inferiores en el período del 8 al 13 de agosto, en coincidencia con períodos de viento más calmo, por lo cual se sugiere que los pulsos de corrientes responderían al forzamiento del viento.

- **Diagrama de Vector Progresivo (DVP)**

Los diagramas de vector progresivo presentados en la **Figura 5.2.2.6** (sucesión temporal de vectores de corrientes), evidencian distintos patrones de circulación según el estrato de medición.

En la capa de agua superficial, el diagrama de vector progresivo, sugiere que la circulación marina fluye hacia el ENE la mayor parte del tiempo, existiendo episodios de corta duración, donde la circulación se invierte hacia el WSW. A pesar de esta variabilidad, se distingue un transporte residual hacia el NE. Al respecto, suponiendo que todo el cuerpo de agua presentara un comportamiento espacialmente homogéneo y similar al informado en el sitio de medición, se podría inferir que una partícula sería arrastrada en el largo plazo, en la dirección del flujo residual, es decir, hacia el NE, con una rapidez media de 3,7 cm/s.

En la capa de agua intermedia, el diagrama de vector progresivo muestra el comportamiento rotatorio de la corriente, con un transporte residual hacia el ENE de 1,0 cm/s, y en la capa de agua de fondo, hacia el NE de 0,9 cm/s.

Comparativamente, las tres capas de agua analizadas evidencian un transporte dirigido hacia el primer cuadrante, lo que representa un sentido coincidente con el forzamiento del viento reinante del tercer cuadrante, sin embargo, los estratos inferiores de la columna de agua registran un transporte residual con magnitudes relativamente bajas, debido al comportamiento oscilante de la corriente, y a la alta variabilidad direccional.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	79
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

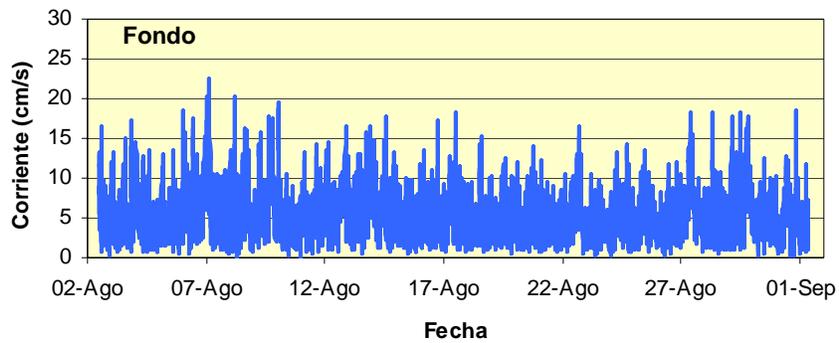
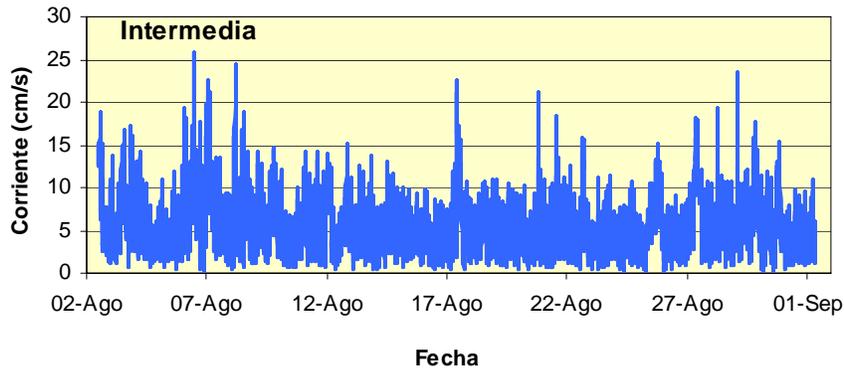
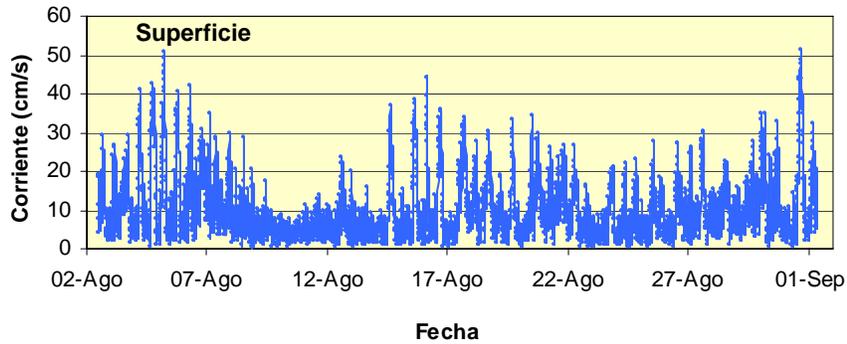


Figura 5.2.2.5. Régimen de corrientes. Magnitudes de las corrientes por capa. Sector Isla Cima Cuadrada. Campaña de invierno.

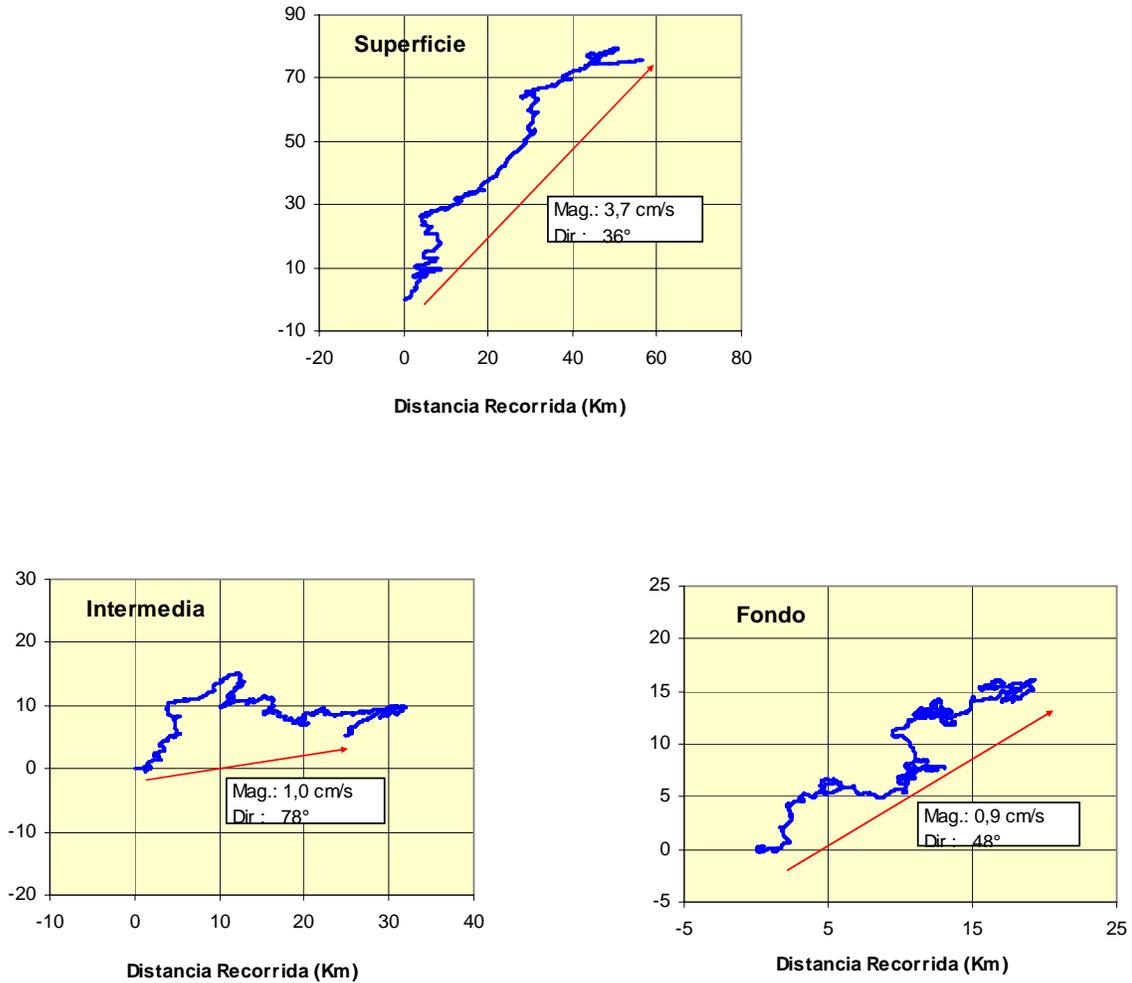


Figura 5.2.2.6. Diagramas de Vector Progresivo de las corrientes por capa. Sector Isla Cima Cuadrada. Campaña de invierno.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	81
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Análisis Espectral**

Los resultados del análisis espectral de las componentes V y U de la corriente se presentan en la **Figura 5.2.2.7**.

La componente U (E-W) muestra concentración de energía espectral (punta espectral) en la banda de frecuencia de 0,04 cph, por lo que se sugiere que la circulación marina experimenta ciclos con periodicidad diurna atribuible al forzamiento de la brisa marina. Por su parte, la componente V del viento (N-S), muestra aumento de energía espectral en bandas de frecuencia bajas e inferiores a 0,01 cph, asociada probablemente a fluctuaciones aperiodicas del régimen de vientos a escalas de tiempo de 3 días o superior.

Lo anterior, es más evidente para el estrato superficial, ya que los espectros de las capas de agua intermedia y de fondo, evidencian aumento de energía espectral en la banda de frecuencia semidiurna (0,08 cph), en respuesta a la marea.

- **Ciclo Diurno**

Al cotejar la distribución de direcciones para cada hora del día (**Figura 5.2.2.8**), se distingue que durante las horas de la tarde la corriente superficial se dirige mayoritariamente hacia el NE o E, en respuesta a la brisa marina con una frecuencia de 80% o superior, mientras que de noche y madrugada son registra alta variabilidad direccional, incluso la corriente se puede invertir hacia el tercer cuadrante (W).

En la capa de agua intermedia el forzamiento de la brisa marina se distingue levemente entre las 13 y 16 horas de cada día.

En la capa de agua fondo, se evidencia un patrón de distribución direccional relativamente homogéneo (**Figura 5.2.2.9**), e independiente de la hora del día.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	82
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Comparativamente, la circulación superficial se intensifica por la tarde, alcanzando magnitudes medias de 16 cm/s (**Figura 5.2.2.9**).

- **Ciclo Semidiurno**

La **Figura 5.2.2.10** muestra el forzamiento mareal. Se distingue que la corriente rota de acuerdo con la fase de la marea. En efecto, la corriente tiene una componente Sur en llenante, y hacia el Norte, en vaciante.

Lo anterior, es más evidente para los estratos inferiores de la columna de agua, ya que la capa superficial muestra un patrón de distribución direccional relativamente homogéneo (**Figura 5.2.2.11**), e independiente de la fase de marea, no observándose flujos y reflujos asociados a la marea. Por su parte, la circulación superficial se intensifica en bajamar, pero estos resultados no son concluyentes.

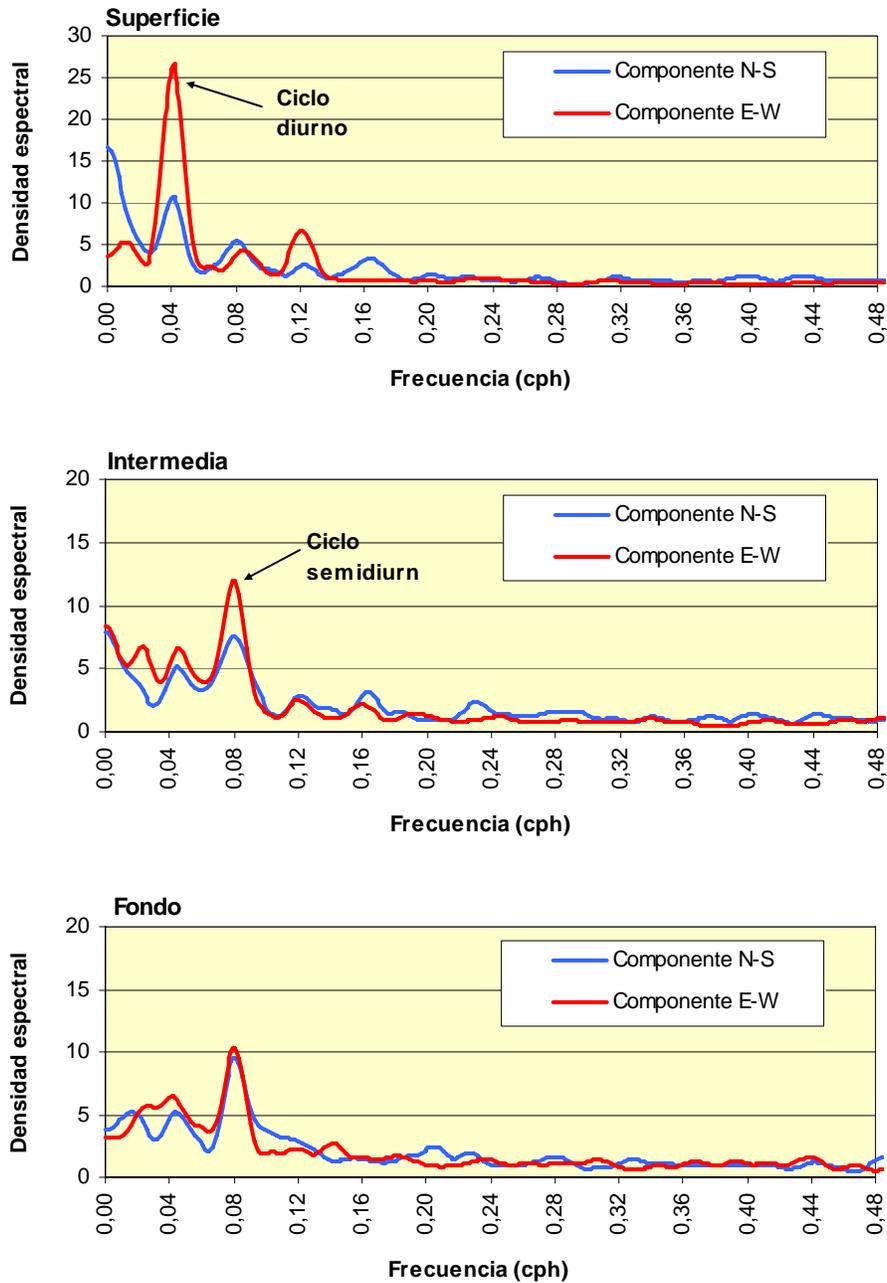


Figura 5.2.2.7. Análisis espectral componentes V y U de las corrientes por capa. Sector Isla Cima Cuadrada. Campaña de invierno.

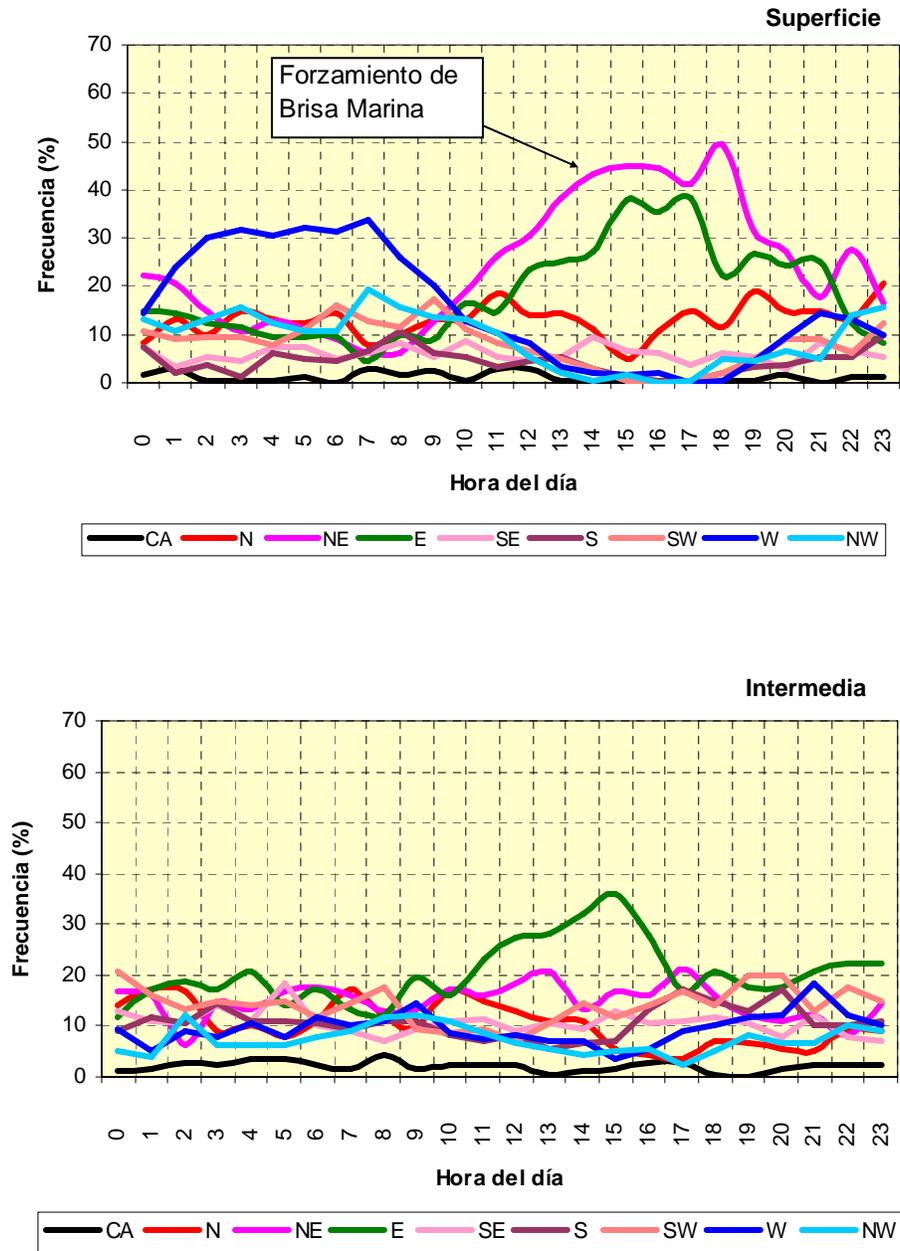


Figura 5.2.2.8. Ciclo diario – Incidencia de direcciones de las corrientes por capa. Sector Isla Cima Cuadrada. Campaña de invierno.

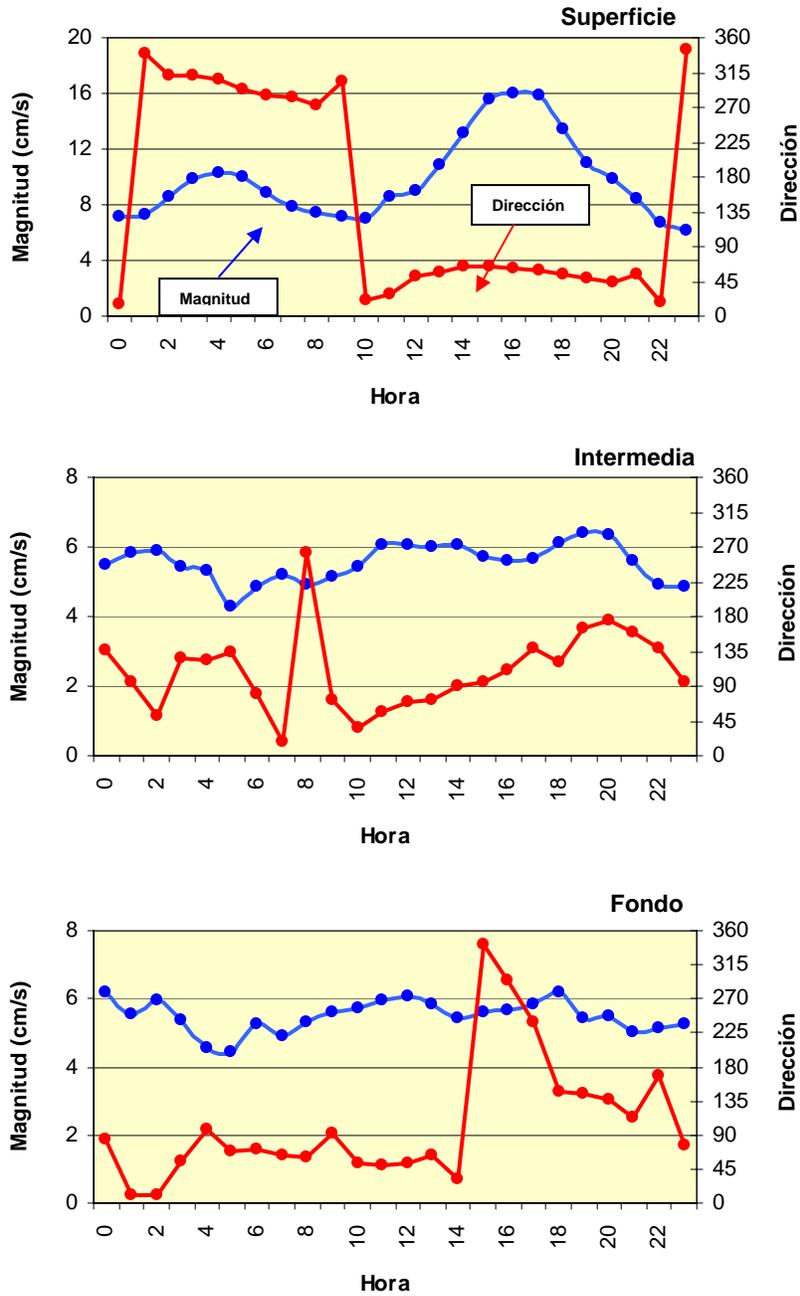


Figura 5.2.2.9. Ciclo diario de las corrientes por capa (valores medios).
Sector Isla Cima Cuadrada. Campaña de invierno.

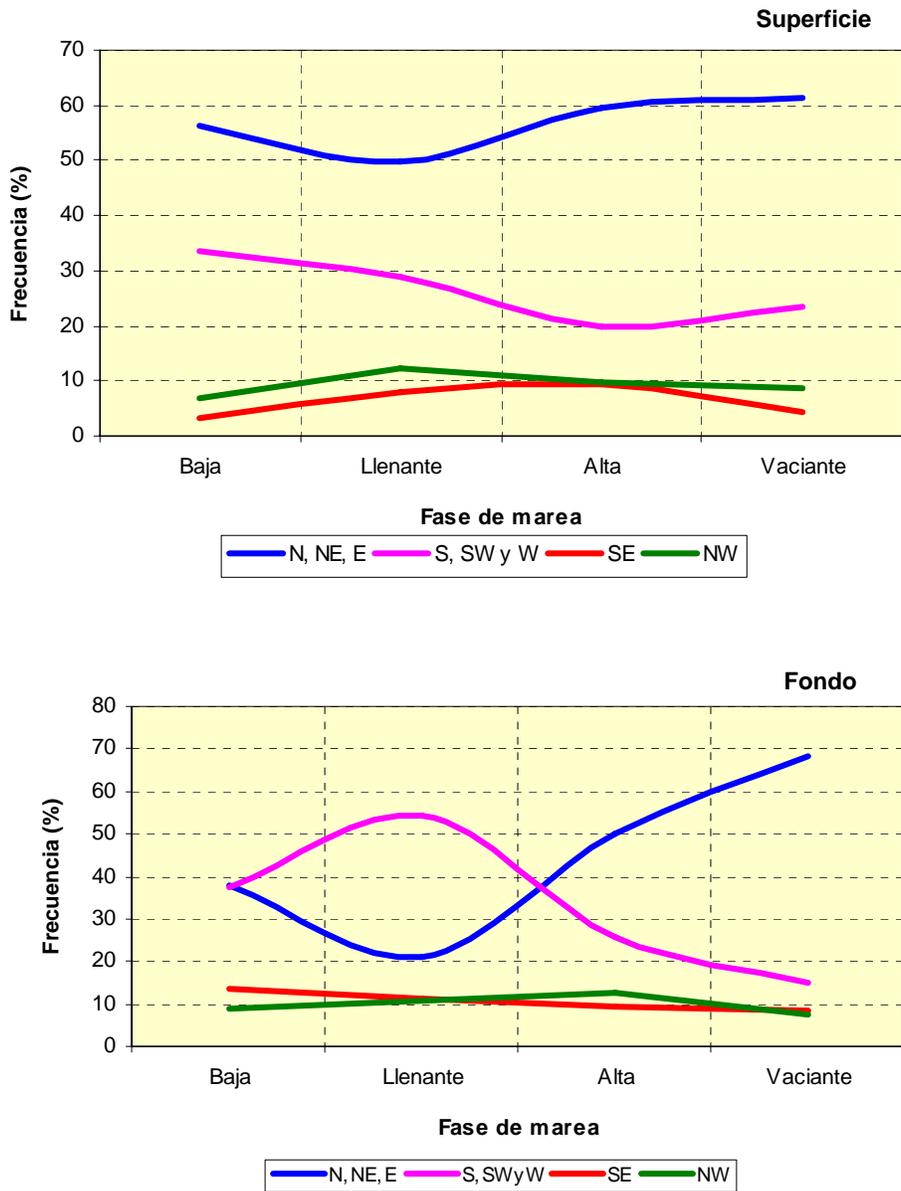


Figura 5.2.2.10. Ciclo semidiurno de las corrientes por capa. Incidencia de direcciones. Sector Isla Cima Cuadrada. Campaña de invierno.

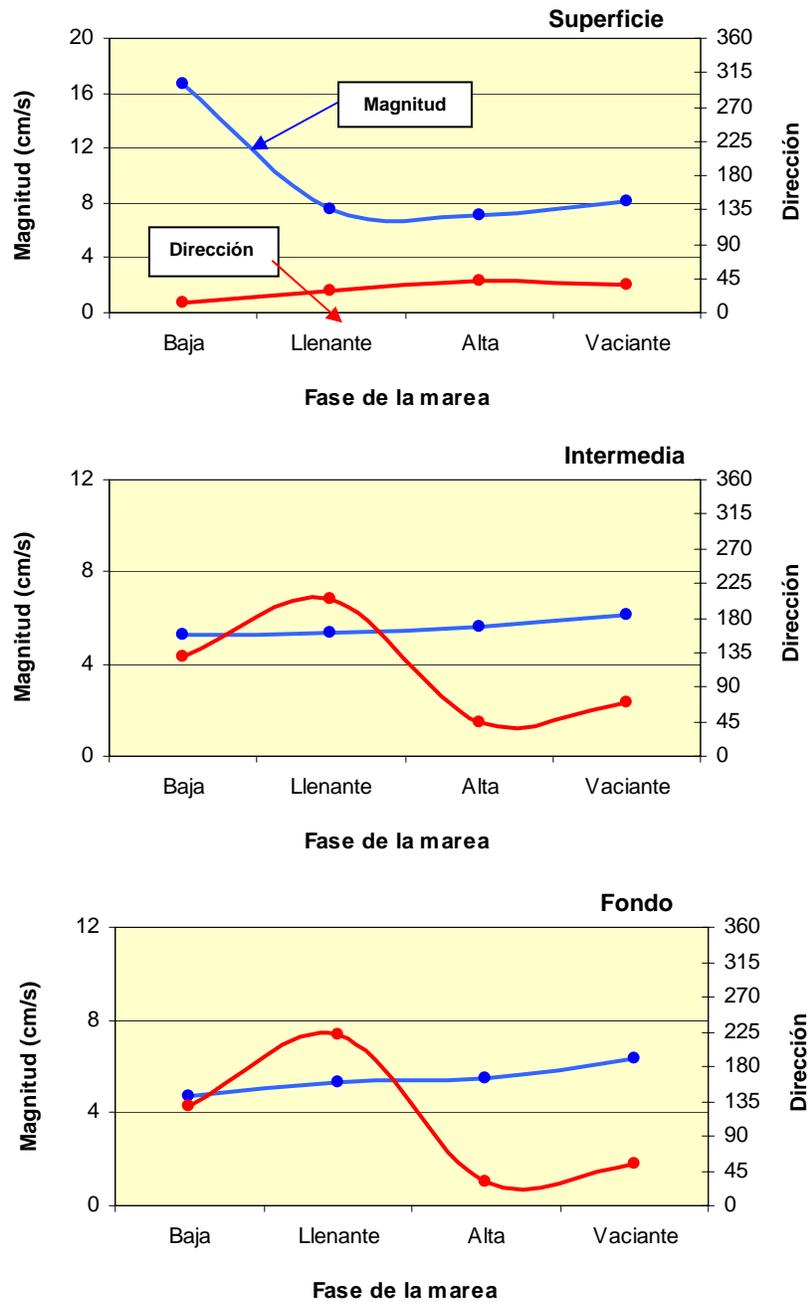


Figura 5.2.2.11. Ciclo semidiurno de las corrientes por capa (valores medios). Sector Isla Cima Cuadrada. Campaña de invierno.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	88
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

5.3 CORRENTOMETRÍA LAGRANGIANA (DERIVADORES)

5.3.1 Metodología de Estudio de Correntimetría Lagrangiana

Para determinar las líneas de flujo de las corrientes marinas en el sector de **I. Cima Cuadrada**, se realizaron siete campañas de mediciones con derivadores, cuatro en sicigia y tres en cuadratura. En cada campaña se realizaron estudios lagrangianos en seis sitios (D1, D2 y D3, sector norte de la isla), y D4, D5 y D6 (sector sur de la isla) (**Figura 2.1.1**), con marea llenante y vaciante. Estas tres últimas estaciones se adicionaron para tener mayor información de la correntimetría en el área de estudio.

Las fechas y puntos de lanzamiento fueron los siguientes:

13, 15 y 16 de agosto de 2008 (Sicigia Lunar); 23, 24 y 25 de agosto de 2008 (Cuadratura Lunar):

- D-1 : E 298.358,7 N 6.936.024,9
- D-2 : E 298.605,2 N 6.936.066,7
- D-3 : E 298.755,0 N 6.936.362,4
- D-4 : E 298.122,3 N 6.934.508,0
- D-5 : E 298.063,0 N 6.935.021,5
- D-6 : E 298.098,0 N 6.934.741,0

En cada sector de medición, se efectuaron lances de derivadores en dos niveles de profundidad de la columna de agua, a 1,0 y 5,0 m. Para este efecto, se utilizaron boyas de deriva tipo cruceta, de sección 60 x 85 cm, debidamente compensadas para flotabilidad



Fotografía 5.3.1. Detalle de elemento derivador utilizado en la zona de estudio.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	89
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

neutra, y diseñadas para minimizar el arrastre del viento sobre el elemento derivador (**Fotografía 5.3.1**). El recorrido de los derivadores fue seguido desde una embarcación y posicionado mediante sistema de DGPS diferencial. De esta manera, las posiciones de los derivadores fueron vinculadas a la red geodésica nacional en coordenadas UTM.

Con la información recolectada en terreno, se reconstruyeron las trayectorias seguidas por las boyas de deriva, y se determinó la dirección y rapidez de sus desplazamientos. Durante la ejecución de estas experiencias, se llevó un control del viento (*in situ*), con un anemógrafo portátil marca Extech.

Con la finalidad de determinar posibles relaciones causa efecto entre los distintos agentes forzantes de la circulación marina durante la ejecución de los estudios de corrientes se llevó un control del viento y de la marea.

Los resultados generales de estas experiencias son presentados en el **ANEXO VI**, Listado de Correntometría Lagrangiana (Derivadores).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	90
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

5.3.2 *Resultados del Estudio de Correntometría Lagrangiana*

➤ **SECTOR ISLA CIMA CUADRADA**

Las **Figuras 5.3.2.1 a 5.3.2.4** presentan las trayectorias seguidas por los elementos derivadores de cada experiencia realizada. En el **ANEXO VI**, Listado de Correntometría Lagrangiana (Derivadores), se entrega el listado completo de todas las mediciones.

A continuación se presenta el análisis de cada experiencia realizada.

- **Sector Norte de Isla Cima Cuadrada**

Primera Experiencia: Sicigia – Marea Vaciante (Figura 5.3.2.1)

Esta experiencia se realizó con vientos del S de 4 nudos.

En términos de dirección de avance, las boyas de deriva evidenciaron un patrón de circulación algo errático con direcciones variadas, no obstante, predomina el transporte hacia el primer cuadrante, lo que representa un desplazamiento en sentido coincidente con el viento.

Respecto de las velocidades de desplazamiento, las boyas se desplazaron con una rapidez media relativamente baja, con magnitudes inferiores o iguales a 5 cm/s.

Segunda Experiencia: Sicigia – Marea Llenante (Figura 5.3.2.2)

Durante el desarrollo de esta experiencia, el viento sopló del SW con magnitudes relativamente bajas e inferiores a 2 nudos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	91
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En términos de dirección de avance, las boyas de deriva se desplazaron con una tendencia general hacia fuera de la costa o hacia el S, con magnitudes medias fluctuando entre 2,3 cm/s y 8,1 cm/s.

Comparativamente, las boyas superficiales se desplazaron más rápido que las boyas lastradas a 5 m.

A diferencia de las experiencias anteriores, se evidencia un patrón de circulación general dirigido en sentido inverso al esfuerzo tangencial del viento.

Tercera Experiencia: Cuadratura – Marea Llenante (Figura 5.3.2.3)

En esta experiencia, el viento sopló del S con magnitudes de 10 nudos.

En términos de dirección de avance, las boyas de deriva lastradas en superficie se desplazaron con una tendencia general hacia el NE, en sentido coincidente al esfuerzo tangencial del viento (Figura 4-14), y con magnitudes medias fluctuando entre 6,1 cm/s y 8,4 cm/s. Por su parte, las boyas lastradas a 5 m de profundidad se desplazaron inicialmente hacia el Este, pero luego giraron hacia el Sur o SW.

Comparativamente, las boyas superficiales se desplazaron más rápido que las boyas lastradas a 5 m.

Cuarta Experiencia: Cuadratura – Marea Vaciante (Figura 5.3.2.4)

Esta experiencia, se desarrolló con vientos débiles del SE, con magnitudes inferiores a 2 nudos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	92
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Bajo estas condiciones ambientales, las boyas de deriva evidenciaron un patrón de circulación hacia el norte del área de estudio, en sentido coincidente con el esfuerzo tangencial del viento .

Respecto de las velocidades de desplazamiento, las boyas se desplazaron con una rapidez media relativamente baja, con magnitudes inferiores a 4 cm/s.

- **Sector Sur de Isla Cima Cuadrada**

Primera Experiencia: Sicigia – Marea Vaciente (Figura 5.3.2.1)

La primera experiencia se realizó con marea vaciante, y en condiciones de vientos del E y SE, con magnitudes medias de 4 nudos.

Bajo estas condiciones ambientales, todas las boyas de deriva evidenciaron líneas de flujos homogéneas hacia el NW, en sentido coincidente al esfuerzo tangencial del viento, con magnitudes fluctuando entre 11,8 y 17,6 cm/s.

Segunda Experiencia: Sicigia – Marea Llenante (Figura 5.3.2.2)

La segunda experiencia con derivadores lagrangianos se realizó en condiciones de vientos del SW y S, con magnitudes medias de 4 nudos.

En términos de dirección de avance, las boyas de deriva se desplazaron con una tendencia general hacia el norte, con magnitudes relativamente bajas e inferiores a 6 cm/s.

Comparativamente, las boyas superficiales se desplazaron más rápido que las boyas lastradas a 5 m, con excepción de la boya D4.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	93
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En términos generales, se evidencia un patrón de circulación general dirigido en sentido coincidente con el esfuerzo tangencial del viento.

Tercera Experiencia: Cuadratura – Marea Llenante (Figura 5.3.2.3)

Esta experiencia se realizó con vientos del NW o N de 3 nudos.

En términos de dirección de avance, las boyas de deriva se desplazaron con una tendencia general hacia la costa o al SE, con magnitudes relativamente bajas e inferiores o iguales a 6 cm/s.

Comparativamente, las boyas superficiales se desplazaron más rápido que las boyas lastradas a 5 m de profundidad.

En términos generales, se evidencia un patrón de circulación general dirigido aproximadamente en sentido coincidente con el esfuerzo tangencial del viento.

Cuarta Experiencia: Cuadratura – Marea Vaciante (Figura 5.3.2.4)

La cuarta experiencia se realizó con vientos del E rolando a N, de 7 nudos.

En términos de dirección de avance, las boyas de deriva lastradas en superficie se desplazaron con una tendencia general hacia fuera de la costa o hacia el S, con magnitudes medias fluctuando entre 5,5 cm/s y 7,4 cm/s. Por su parte, las boyas lastradas a 5 m de profundidad se desplazaron con una tendencia general hacia el tercer cuadrante con magnitudes medias inferiores o iguales a 5 cm/s.

Comparativamente, las boyas superficiales se desplazaron más rápido que las boyas lastradas a 5 m.

En términos generales, se evidencia un patrón de circulación general dirigido aproximadamente en sentido coincidente con el esfuerzo tangencial del viento.

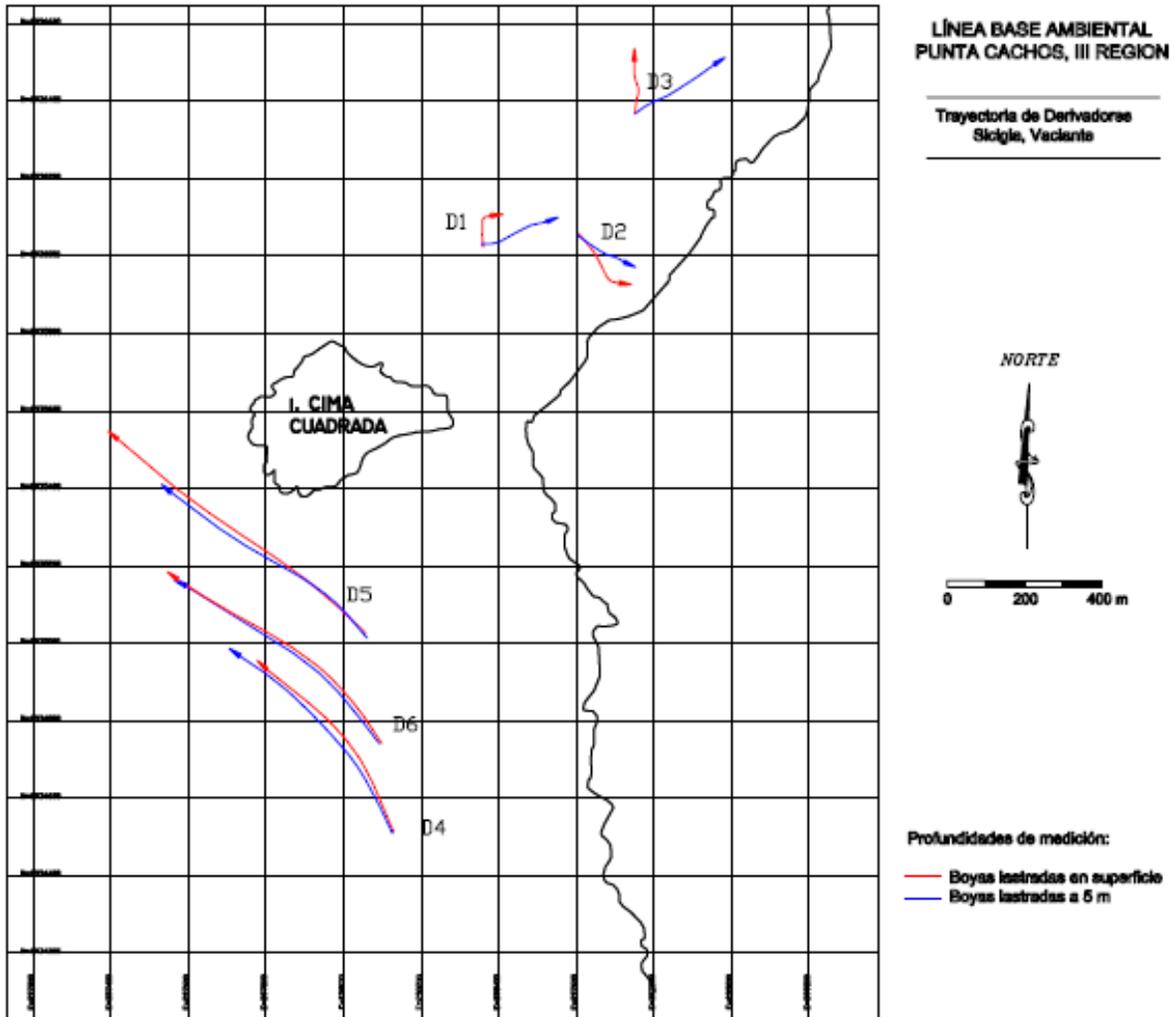


Figura 5.3.2.1. Trayectorias de los derivadores lanzados en Sicgia. Fase vaciante. Superficie y 5 metros de profundidad. Sector norte y sur de I. Cima Cuadrada.

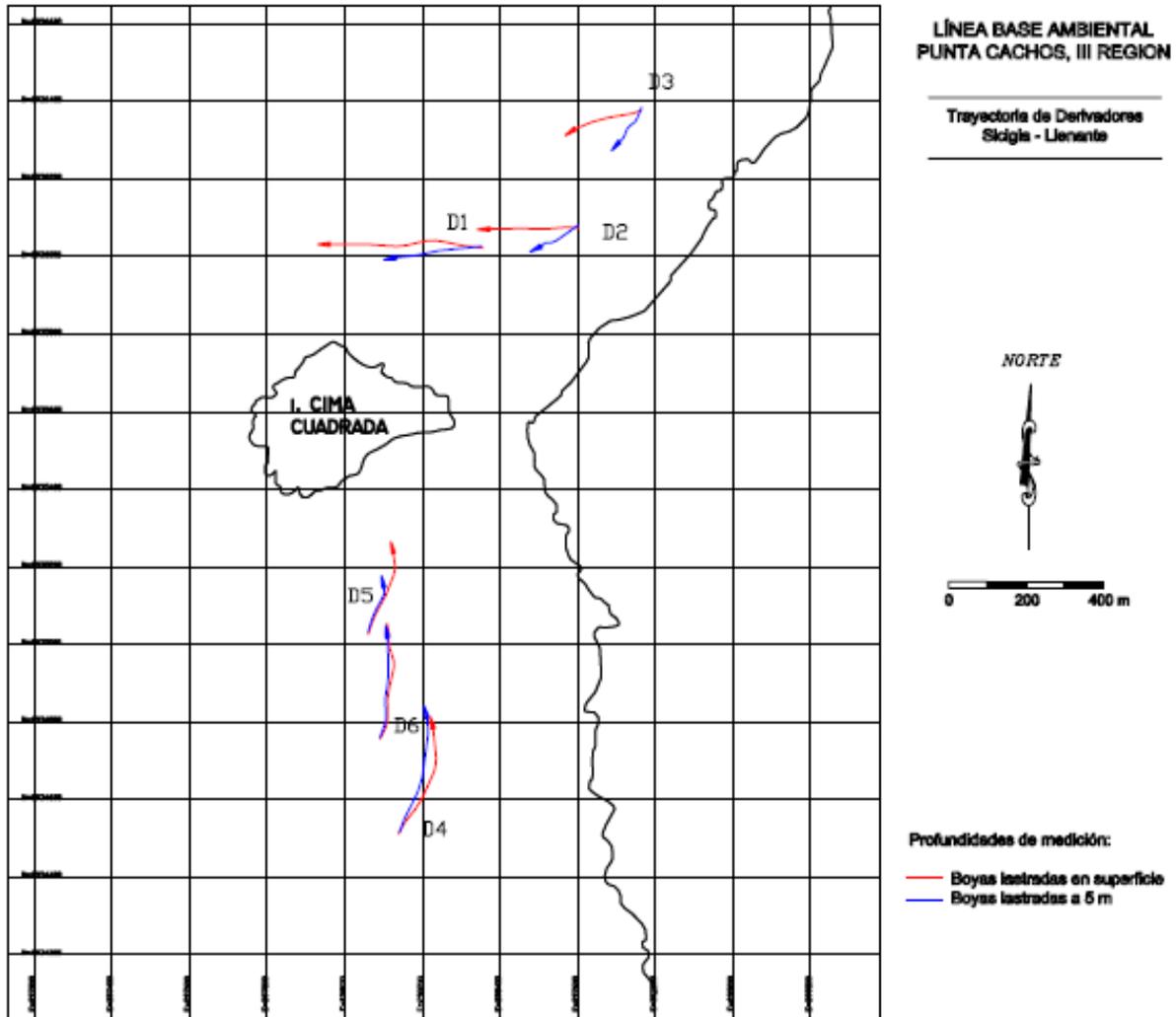


Figura 5.3.2.2. Trayectorias de los derivadores lanzados en Sicigia. Fase Llenante. Superficie y 5 metros de profundidad. Sector norte y sur de I. Cima Cuadrada.

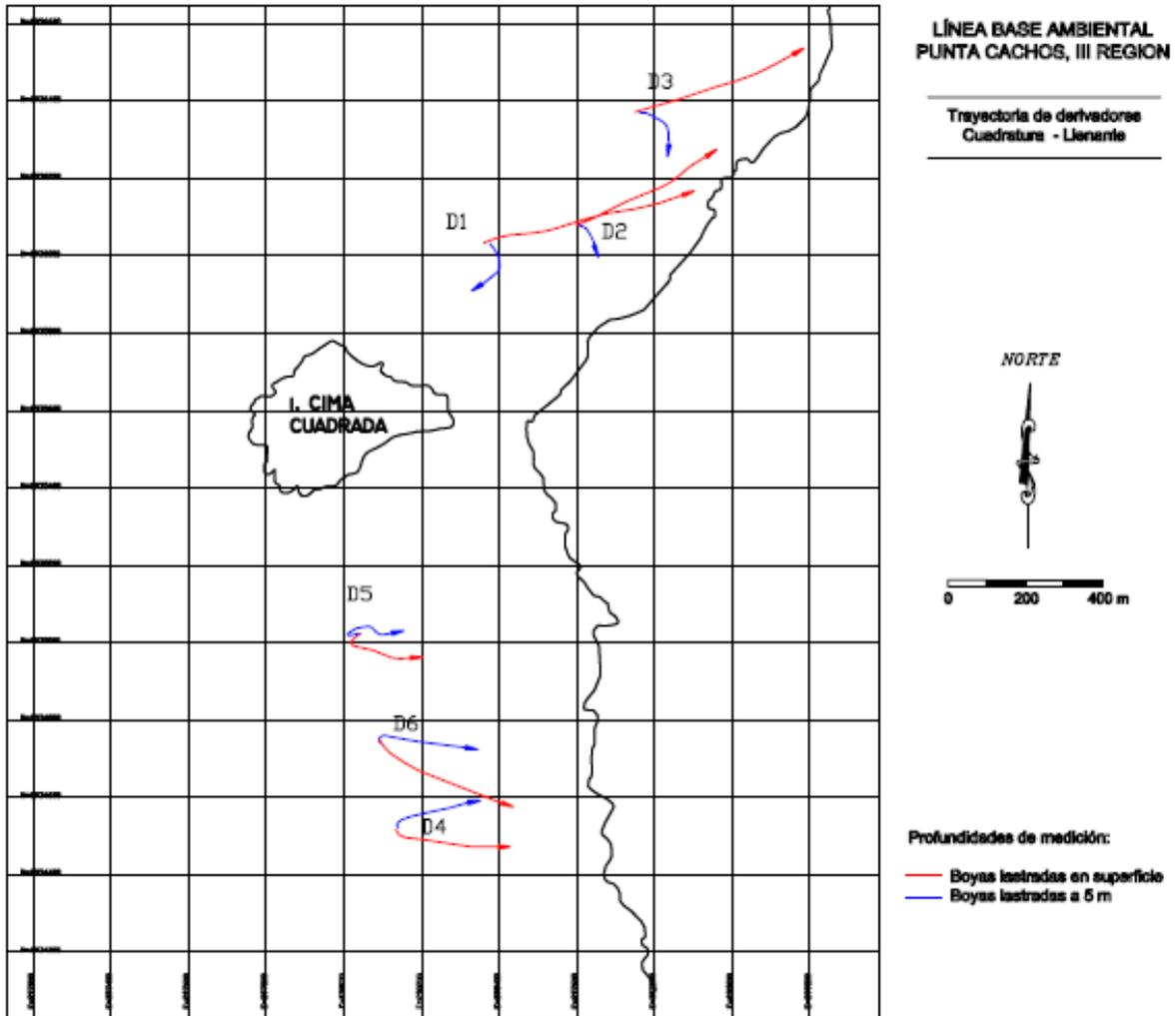


Figura 5.3.2.3. Trayectorias de los derivadores lanzados en Cuadratura. Fase Llenante. Superficie y 5 metros de profundidad. Sector norte y sur de I. Cima Cuadrada.

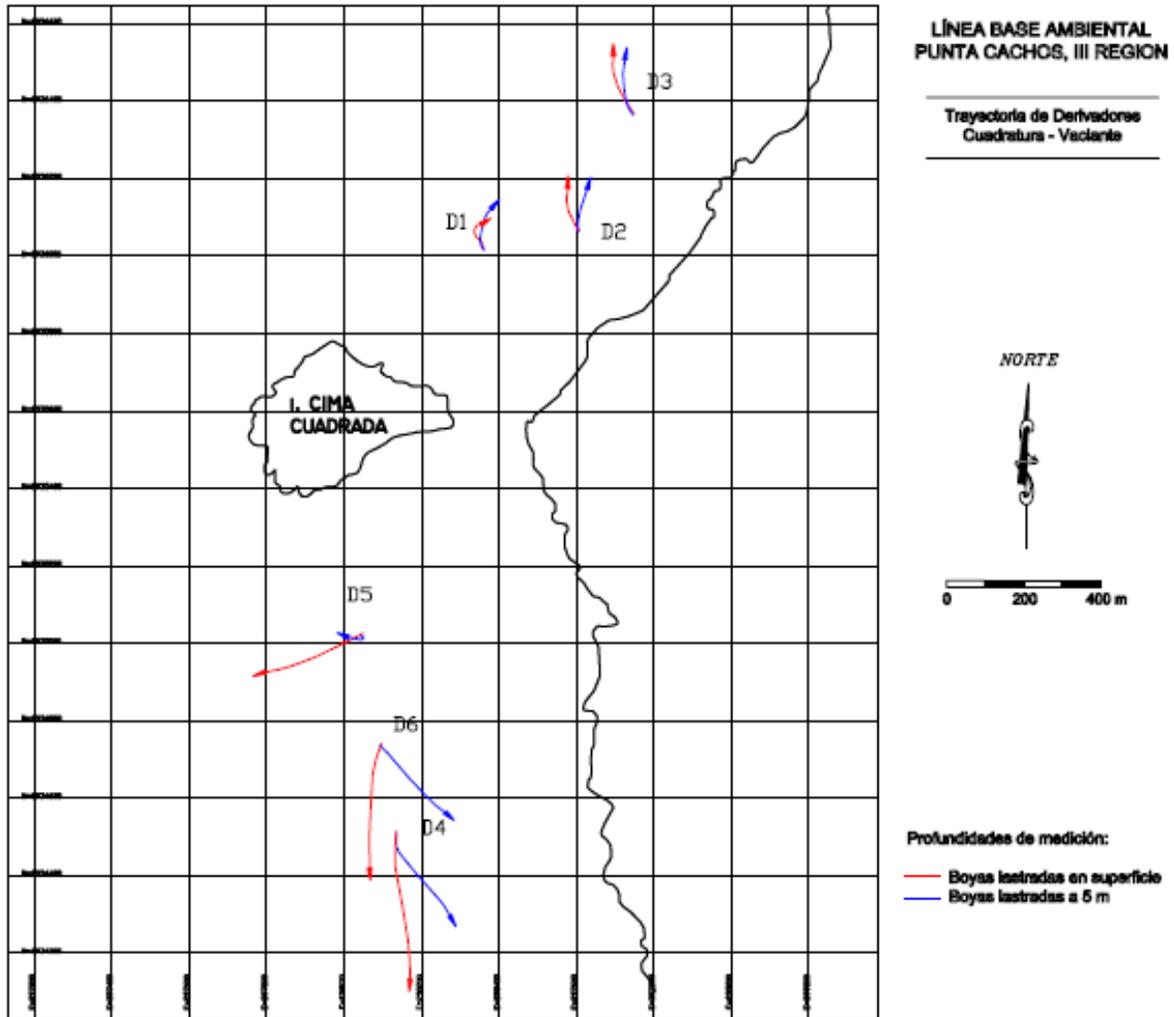


Figura 5.3.2.4. Trayectorias de los derivadores lanzados en Cuadratura. Fase vaciante. Superficie y 5 metros de profundidad. Sector norte y sur de I. Cima Cuadrada.

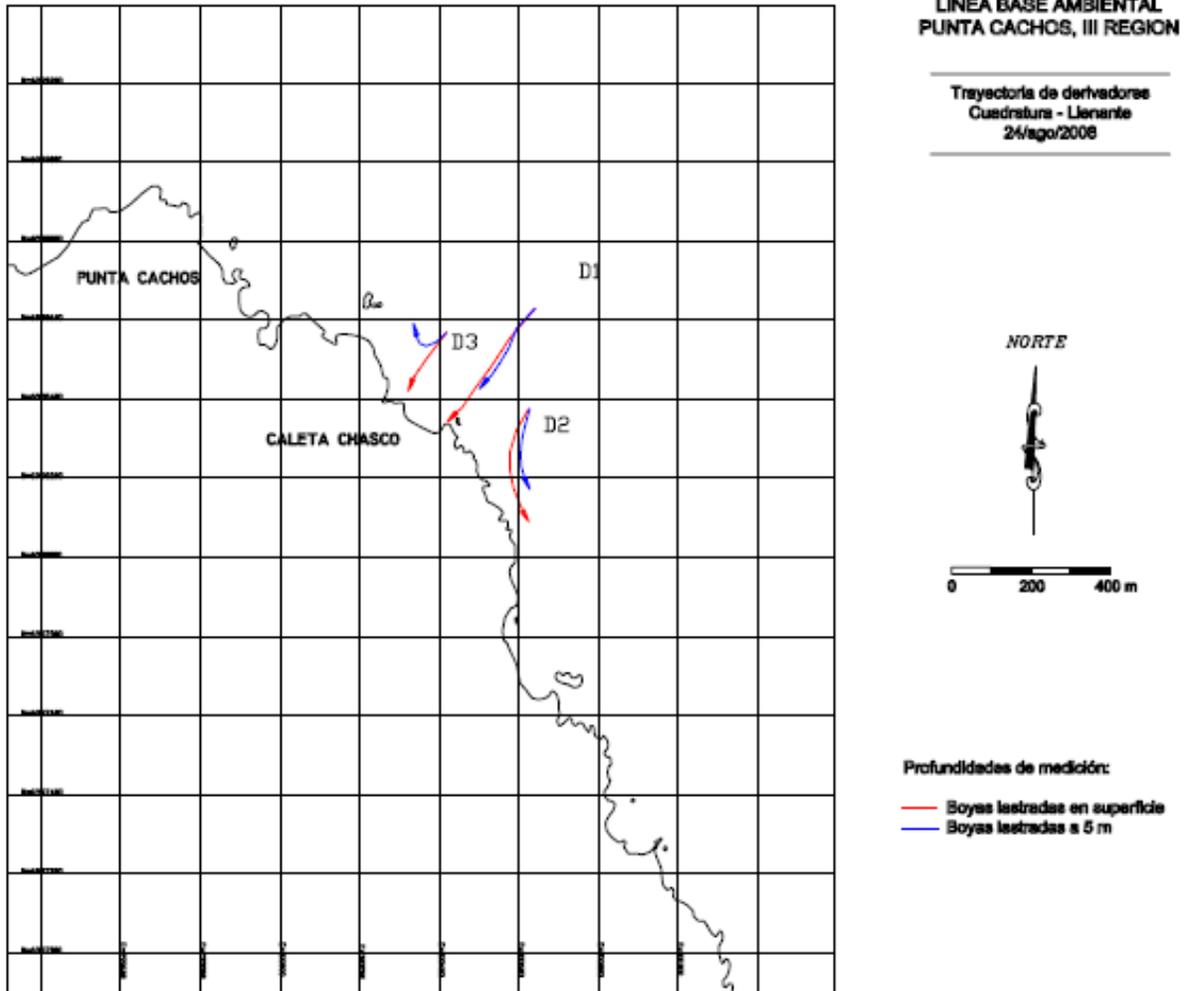


Figura 5.3.2.9. Trayectorias de los derivadores lanzados en Cuadratura. Fase Llenante. Superficie y 5 metros de profundidad. Sector E. San Pedro. 24 de Agosto de 2008.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	99
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

5.3.3 *Discusión del Estudio de Correntometría Lagrangiana*

Los resultados lagrangianos en el sector de I. Cima Cuadrada, campaña de invierno, sugieren la existencia de un patrón de circulación superficial dirigido mayoritariamente en sentido coincidente con el esfuerzo tangencial del viento, por lo que se sugiere una alta influencia de este en la dinámica superficial del sector, lo que concuerda con los resultados informados por el estudio euleriano.

Las magnitudes de las corrientes superficiales determinadas por el método lagrangiano, son relativamente bajas e inferiores 7 cm/s, la mayor parte del tiempo.

La capa de agua de 5 m de profundidad, evidenció magnitudes de corrientes inferiores respecto de la capa de agua superficial, siendo esto consistente con el menor efecto que ejerce el viento en las capas de agua más profundas.

En ocasiones, se registra en el sector norte de la Isla, un transporte hacia la costa, condicionado por los vientos reinantes del SW y probablemente por el oleaje. También con vientos del NW, se verifica un transporte hacia la costa, en los sectores ubicados al sur de la Isla.

En términos generales, la capa de agua de 5 m de profundidad evidencia un patrón direccional dirigido hacia el cuarto cuadrante, saliendo de la bahía.

La capa de agua superficial responde al esfuerzo del viento. En efecto, cuando el viento del SW se intensificó, los derivadores se desplazaron hacia el primer cuadrante, con un sentido coincidente al esfuerzo tangencial del viento, siendo esto consistente con lo informado por el estudio de correntometría euleriana para la capa de agua superficial.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	100
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

5.4 DERIVA LITORAL

5.4.1 Metodología de Estudio de Deriva Litoral

El estudio de corrientes litorales se realizó en los sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada (este último sector adicionado con el fin de obtener información adicional del área sur de la isla) :

➤ **Sector Norte I. Cima Cuadrada**

Estación L-1

Coordenada Este: 298.952,1
Coordenada Norte: 6.936.177,7
(Datum WGS - 84)

Estación L-2

Coordenada Este: 298.663,3
Coordenada Norte: 6.935.836,2
(Datum WGS - 84)

➤ **Sector Sur I. Cima Cuadrada**

Estación L-3

Coordenada Este: 298.498,0
Coordenada Norte: 6.935.566,0
(Datum WGS - 84)

Estación L-4

Coordenada Este: 298.646,0
Coordenada Norte: 6.935.182,0
(Datum WGS - 84)

El estudio de corrientes litorales en cada sector se realizó usando el trazador químico Rodamina B, el cual fue descargado en forma superficial en el borde costero, en el sitio del sector en estudio.

El desplazamiento de la mancha de rodamina fue monitoreado desde la costa, con lo cual

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	101
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

se pudo determinar la velocidad y dirección de la corriente litoral.

Las mediciones se realizaron los días 15 y 16 de agosto de 2008 (Sicigia Lunar) y 23 de agosto de 2008 (Cuadratura Lunar).

5.4.2 Resultados del Estudio de Deriva Litoral

➤ SECTOR ISLA CIMA CUADRADA

Los resultados de las experiencias de deriva litoral efectuadas en el sector de I. Cima Cuadrada se presentan en la **Tabla 5.4.2.1**.

Tabla 5.4.2.1
Magnitud y dirección de la deriva litoral del sector de I. Cima Cuadrada.
(S=Sicigia; C=Cuadratura; LL=Llenante; VAC:Vaciante).

Sector	Época	Marea	Fecha/Hora Lanzamiento	Fecha/Hora Final	Tiempo total	Distancia (m)	Rápidez (cm/s)	Dirección
L1	S	LL	15-Ago-08 07:42:03	15-Ago-08 07:58:36	0:16:33	26	2,6	NE
L2	S	LL	15-Ago-08 08:11:20	15-Ago-08 08:37:05	0:25:45	35	2,3	NE
L3	S	LL	16-Ago-08 07:23:13	16-Ago-08 07:46:06	0:22:53	60	4,4	NE
L4	S	LL	16-Ago-08 08:02:24	16-Ago-08 08:26:51	0:24:27	42	2,9	SE
L1	S	VAC	16-Ago-08 11:26:14	16-Ago-08 11:56:03	0:29:49	20	1,1	NE
L2	S	VAC	16-Ago-08 09:55:32	16-Ago-08 10:26:10	0:30:38	12	0,7	NE
L3	S	VAC	16-Ago-08 10:46:49	16-Ago-08 11:17:22	0:30:33	45	2,5	NE
L4	S	VAC	16-Ago-08 10:01:57	16-Ago-08 10:33:46	0:31:49	12	0,6	SE
L1	C	LL	23-Ago-08 10:11:11	23-Ago-08 10:42:01	0:30:50	40	2,2	NE
L2	C	LL	23-Ago-08 10:59:12	23-Ago-08 11:31:10	0:31:58	5	0,3	NE
L3	C	LL	23-Ago-08 09:29:50	23-Ago-08 10:01:03	0:31:13	60	3,2	NE
L4	C	LL	23-Ago-08 08:50:22	23-Ago-08 09:18:03	0:27:41	10	0,6	SE
L1	C	VAC	23-Ago-08 15:15:56	23-Ago-08 15:34:23	0:18:27	85	7,7	NE
L2	C	VAC	23-Ago-08 14:27:01	23-Ago-08 14:57:30	0:30:29	61	3,3	NE

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	102
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

L3	C	VAC	23-Ago-08 16:00:22	23-Ago-08 16:30:23	0:30:01	189	10,5	NE
L4	C	VAC	23-Ago-08 16:43:18	23-Ago-08 17:13:40	0:30:22	75	4,1	SE

Las magnitudes medidas para la deriva litoral fueron variables, fluctuando entre 0,2 cm/s y 11 cm/s.

En términos generales, la deriva litoral se verificó con un sentido general hacia el norte del área de estudio, sin embargo, en el sitio L4 se registró deriva hacia el Sur (SE).

Comparativamente la deriva litoral fue superior en la experiencia realizada en la tarde del día 23 de agosto, en coincidencia con mayores alturas de olas rompientes que ocurrieron en esa oportunidad. Por su parte, el sitio L4 registró magnitudes superiores respecto de los otros sitios de medición.

5.5 ESTUDIO DE DISPERSIÓN CON TRAZADORES QUÍMICOS (RODAMINA B)

El mecanismo que gobierna la dispersión en el mar es la turbulencia, que se define como el conjunto de movimientos o desviaciones que se establecen entre los valores medios y los efectivos. La agitación turbulenta depende a su vez de múltiples factores, desde las corrientes marinas hasta la acción del viento, presencia de olas, entre otros.

Para evaluar el destino que puede tener un contaminante introducido a un cuerpo de agua es necesario estimar la capacidad de dispersión de éste. Estas características dependen del transporte de masa (volumen de agua) y el grado difusión (gradientes de concentración), asumiendo un comportamiento conservativo. Esto quiere decir que su distribución sólo depende de procesos físicos y no reacciona con el agua o es utilizado por organismos. Con este fin se utilizan tinciones inertes altamente concentradas, que al ser derramadas en el cuerpo de agua en estudio, simulan el comportamiento de un contaminante y permiten estimar la capacidad de dispersión propia de ese lugar.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	103
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Metodología de Estudio de Dispersión**

La capacidad de dispersión de la columna de agua en la zona de estudio en la campaña de invierno se evaluó mediante el trazador químico Rodamina B. Este trazador fue elegido por ser una sustancia química, que disuelta en alcohol y agua de mar, presenta un destacado color anaranjado fácil de identificar y monitorear (**Fotografía 5.5.1**). A ello se agrega su carácter no tóxico sobre la biota acuática.



Fotografía 5.5.1. Mancha de rodamina.

Se realizaron un total de 8 experiencias con Rodamina en 2 estaciones o puntos de muestreo en los alrededores de I. Cima Cuadrada. Las estaciones de lance de rodamina corresponden al siguiente detalle (**Figuras 2.1.1**):

- **Sector Norte I. Cima Cuadrada**

Estación R1: E 298.605,3 ; N 6.936.066,8

Estación R2: E 298.755,0 ; N 6.936.177,7

- **Sector Sur I. Cima Cuadrada** (adicionadas para este esta campaña)

Estación R1: E 298.605,3 ; N 6.936.066,8

Estación R2: E 298.755,0 ; N 6.936.177,7

En cada punto o estación, se realizaron un total de 4 experiencias con rodamina (2 en vaciante y 2 en llenante) los días 13, 15 y 16 de agosto de 2008 (Sicigia Lunar) y 23, 24 y 25 de agosto de 2008 (Cuadratura Lunar) en los sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada. Preliminarmente, se preparó una solución de 80 gramos de rodamina disuelta en 1 litro de alcohol. Esta solución fue posteriormente diluida en 10 litros de agua de mar, y descargada en forma superficial en el mar.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	104
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

La forma y dirección de la mancha de rodamina, es decir, su expansión lateral y el desplazamiento de su centroide, fue monitoreado desde la costa y posicionada mediante un sistema de posicionamiento global DGPS. El control de las posiciones perimetrales y centro de la mancha de rodamina, se realizó con apoyo de una embarcación, y con lecturas cada 5 a 20 minutos. Lo anterior, permitió seguir el desplazamiento y expansión de la rodamina por un período de 30 a 80 minutos, antes que la mancha visible comenzara a dispersarse por disminución de la concentración bajo el umbral de visión.

Con la información recolectada en terreno, se reconstruyeron las posiciones de la mancha de rodamina B, estimándose la velocidad promedio, superficies y coeficientes de dispersión horizontal (Kh), de acuerdo a la siguiente relación:

$$Kh = \frac{dA}{dt} \text{ (m}^2\text{/s)}$$

donde:

A: Superficie de la mancha
t: Unidad de tiempo.

5.5.2 Resultados del Estudio de Dispersión

➤ **SECTOR ISLA CIMA CUADRADA**

En el **ANEXO VII** se entrega el detalle de la dirección y magnitud del desplazamiento del centroide de la mancha de rodamina y los coeficientes de dispersión horizontal, que cuantifican el grado dispersivo del cuerpo de agua receptor de los sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada. En tanto, en las **Figuras 5.5.2.1 a 5.5.2.4** se muestra la evolución de la mancha de rodamina de cada experiencia realizada.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	105
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

A continuación se presenta un análisis de cada experiencia realizada.

- **Sector Norte de I. Cima Cuadrada**

Primera Experiencia: Sicigia – Marea Vaciante (Figura 5.5.2.1)

Las experiencias con rodamina se realizaron de manera simultánea en ambos sectores, con vientos del SW y S de 5 nudos.

En términos de dirección de avance, las manchas de rodamina se desplazaron hacia el NE, con un sentido coincidente al esfuerzo tangencial del viento.

Las velocidades medias de desplazamiento de la mancha fluctuaron entre 3,0 cm/s (lance R1) y 4,6 cm/s (lance R2).

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal obtenidos en este ejercicio, la mancha de rodamina creció con una tasa promedio de 1,9 m²/s (lance R1) y 1,5 m²/s (lance R2).

En ambas experiencias, la mancha de rodamina se dispersó en torno a su centroide, formando un ovoide alargado orientado en sentido NW-SE.

Segunda Experiencia: Sicigia – Marea Llenante (Figura 5.5.2.2)

Las experiencias con rodamina de ambos sectores se realizaron de manera simultánea, con vientos del SW de 6 nudos.

En términos de dirección de avance, el centroide de la mancha de rodamina del lance R1 se desplazó hacia el W, con una rapidez media de 2,1 cm/s. Por su parte, la mancha de rodamina del lance R2 experimentó un desplazamiento hacia el SW, con una rapidez

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	106
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

media de 3,7 cm/s, lo que representa un avance contrario al esfuerzo tangencial del viento.

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal obtenidos en este ejercicio, la mancha de rodamina creció con una tasa promedio de 0,8 m²/s (lance R1) y 1,2 m²/s (lance R2).

En términos generales, la mancha de rodamina se dispersó en torno a su centroide, formando un ovoide alargado orientado en sentido E-W.

Tercera Experiencia: Cuadratura – Marea Llenante (Figura 5.5.2.3)

El lance R1 se realizó el día 23 de agosto con vientos del S de 11 nudos, y el lance R2, el 24 de agosto con vientos del N de 3 nudos.

En términos de dirección de avance, el centroide de la mancha de rodamina del lance R1 se desplazó hacia la costa con una rapidez media de 5,7 cm/s, lo que representa un avance coincidente al esfuerzo tangencial del viento.

Por su parte, la mancha de rodamina del lance R2 experimentó un desplazamiento general hacia el NW, con una rapidez media de 1,7 cm/s, lo que representa un avance contrario al esfuerzo tangencial del viento.

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal obtenidos en este ejercicio, la mancha de rodamina creció con una tasa promedio de 1,9 m²/s (lance R1) y 0,7 m²/s (lance R2).

En ambas experiencias, la mancha de rodamina se dispersó en torno a su centroide, formando una figura fusiforme orientada en sentido aproximadamente coincidente con la dirección del viento.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	107
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Cuarta Experiencia: Sicigia – Marea Llenante (Figura 5.5.2.4)

Las experiencias con rodamina de ambos sectores se realizaron de manera simultánea, con vientos del SE de 2 nudos.

En términos de dirección de avance, las manchas de rodamina se desplazaron hacia el N, con un sentido aproximadamente coincidente al esfuerzo tangencial del viento.

Las velocidades medias de desplazamiento de la mancha fluctuaron entre 1,7 cm/s (lance R1) y 3,0 cm/s (lance R2).

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal obtenidos en este ejercicio, la mancha de rodamina creció con una tasa promedio de 0,7 m²/s (lance R1) y 0,8 m²/s (lance R2).

En ambas experiencias, la mancha de rodamina se dispersó en torno a su centroide, formando un ovoide.

- **Sector Norte de I. Cima Cuadrada**

Quinta Experiencia: Sicigia – Marea Vaciente (Figura 5.5.2.1)

La primera experiencia se realizó con marea vaciante, y en condiciones de vientos del NE rolando a N, con magnitudes medias de 4 nudos.

En términos de dirección de avance, las manchas de rodamina se desplazaron hacia el NW, con un sentido contrario al esfuerzo tangencial del viento.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	108
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Las velocidades medias de desplazamiento de la mancha fluctuaron entre 9,2 cm/s (lance R3) y 8,7 cm/s (lance R4).

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal obtenidos en este ejercicio, la mancha de rodamina creció con una tasa promedio de 1,4 m²/s (lance R3) y 0,6 m²/s (lance R4).

En ambas experiencias, la mancha de rodamina se dispersó en torno a su centroide, adoptando la forma de un ovoide alargado, con su eje mayor orientado aproximadamente en la dirección de desplazamiento de su centroide.

Sexta Experiencia: Sicigia – Marea Llenante (Figura 5.5.2.2)

Las experiencias con rodamina de ambos sectores se realizaron de manera simultánea, con vientos del SW rolando a S, de 4 nudos.

En términos de dirección de avance, el centroide de la mancha de rodamina del lance R3 se desplazó hacia el E, con una rapidez media de 2,0 cm/s. Por su parte, la mancha de rodamina del lance R4 experimentó un desplazamiento hacia el NE, con una rapidez media de 1,9 cm/s, lo que representa un avance coincidente al esfuerzo tangencial del viento.

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal obtenidos en este ejercicio, la mancha de rodamina creció con una tasa promedio de 0,8 m²/s (lance R3) y 0,5 m²/s (lance R4).

En términos generales, la mancha de rodamina se dispersó en torno a su centroide, adoptando una forma irregular (lance R3) o la de un ovoide (lance R4).

Séptima Experiencia: Cuadratura – Marea Llenante (Figura 5.5.2.3)

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	109
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Las experiencias con rodamina se realizaron de manera simultánea en ambos sectores, con vientos del NW de 4 nudos.

En términos de dirección de avance, las manchas de rodamina se desplazaron hacia el SW, con un sentido coincidente al esfuerzo tangencial del viento.

Las velocidades medias de desplazamiento de la mancha fluctuaron entre 1,8 cm/s (lance R3) y 3,4 cm/s (lance R4).

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal obtenidos en este ejercicio, la mancha de rodamina creció con una tasa promedio de 0,8 m²/s (lance R3) y 0,6 m²/s (lance R4).

En ambas experiencias, la mancha de rodamina se dispersó con un sentido coincidente con la dirección del viento. En efecto, la mancha de rodamina adoptó la forma de un ovoide alargado, con su eje mayor orientado aproximadamente en sentido NW-SE, lo que confirma lo anteriormente expuesto.

Octava Experiencia: Sicigia – Marea Llenante (Figura 5.5.2.4)

La cuarta experiencia se realizó con vientos del E rolando a N, de 7 nudos.

En términos de dirección de avance, el centroide de la mancha de rodamina del lance R3 se desplazó hacia el W, con una rapidez media de 4,7 cm/s. Por su parte, la mancha de rodamina del lance R4 experimentó un desplazamiento hacia el S, con una rapidez media de 4,9 cm/s.

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal obtenidos en este ejercicio, la mancha de rodamina creció con una tasa promedio de 1,2 m²/s (lance R3) y 1,0 m²/s (lance R4).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	110
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En ambas experiencias, la mancha de rodamina se dispersó en torno a su centroide, formando una figura fusiforme orientada en sentido SW-NE lo que representa un sentido coincidente con la dirección del viento.

La principal conclusión que se desprende de este ejercicio, es que la mancha de rodamina se alejó del sitio de lanzamiento hacia el E o S, lo que representa un sentido coincidente al esfuerzo tangencial del viento.

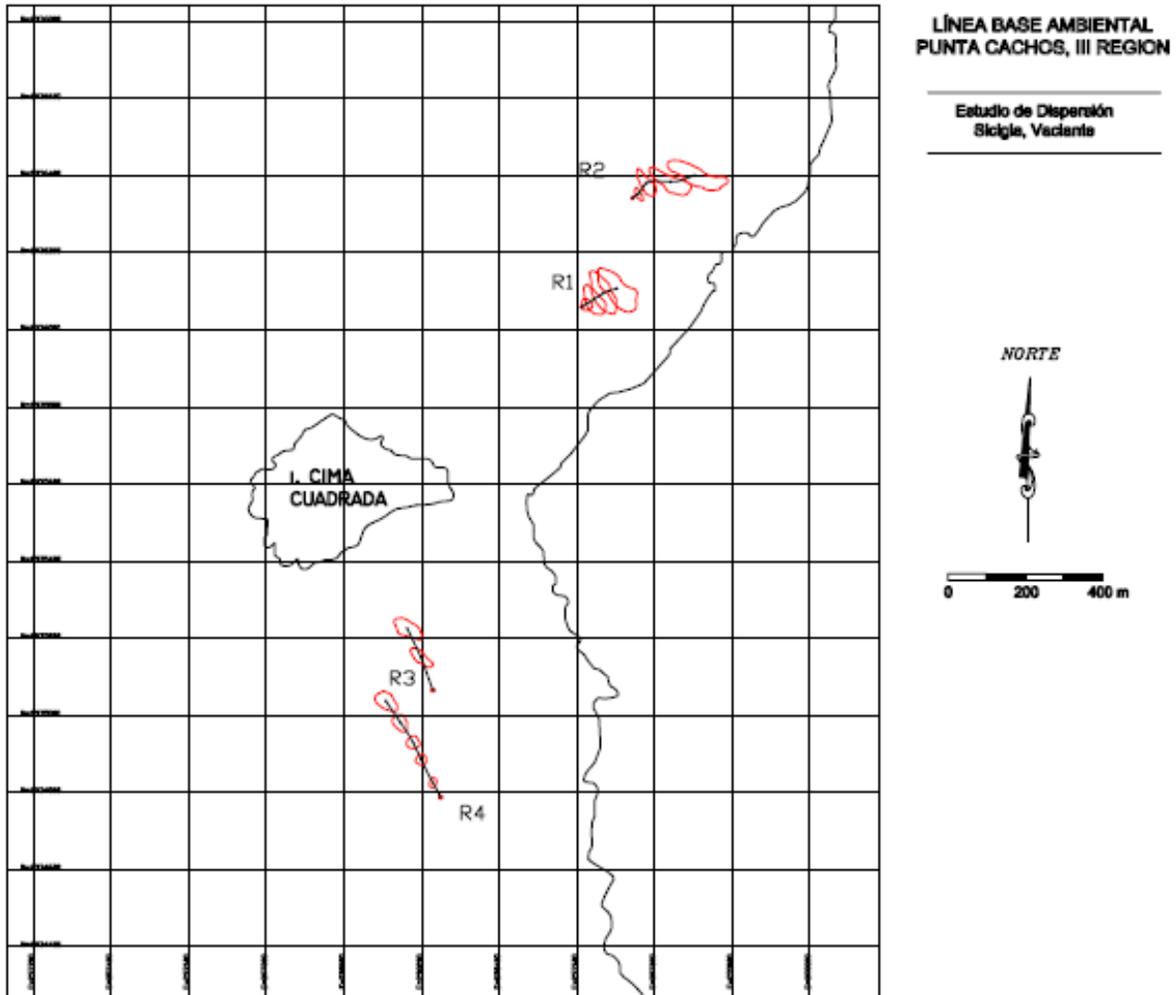


Figura 5.5.2.1. Dispersión con rodamina. Marea vaciante, sicigia. Sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada, campaña de invierno.

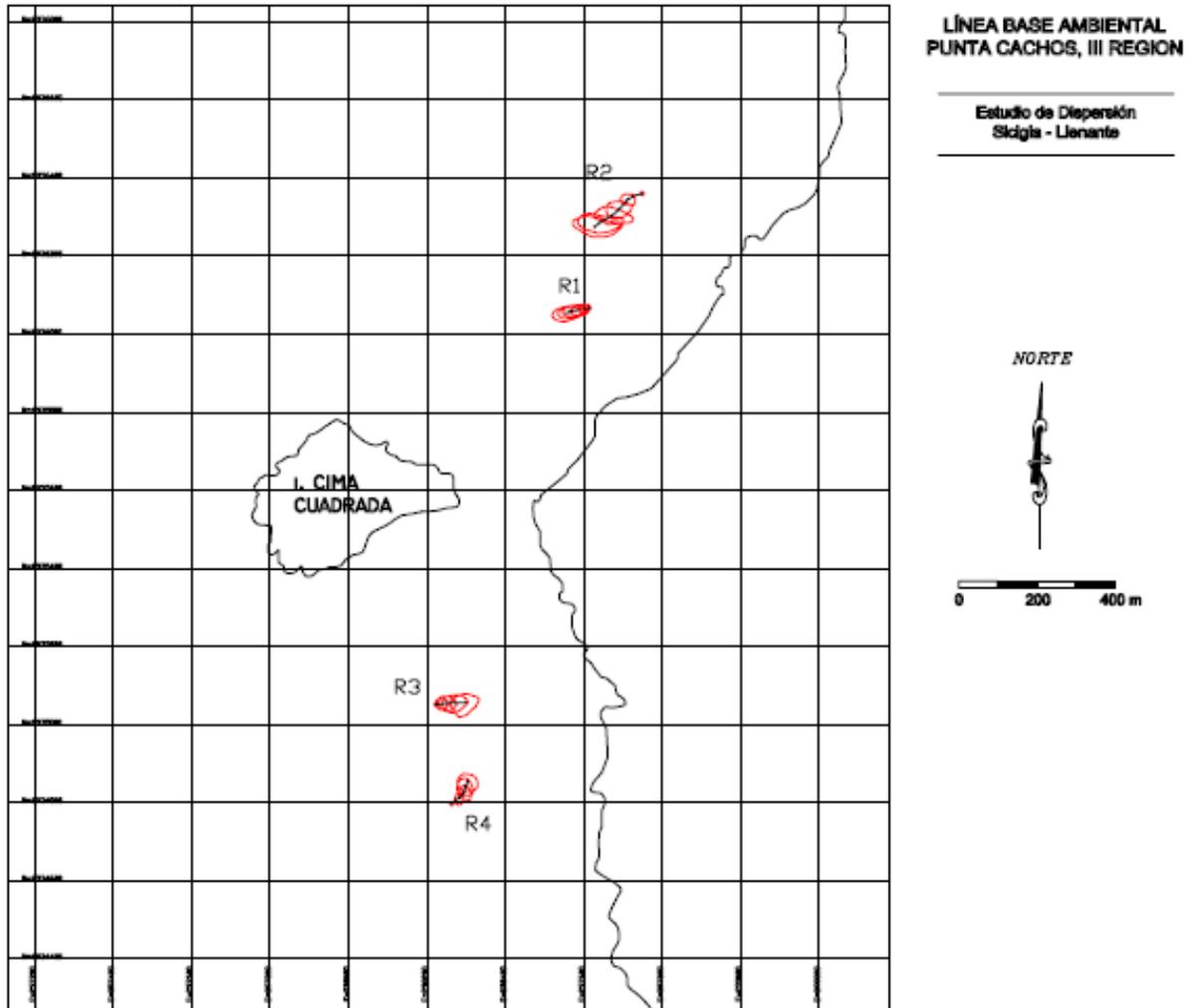


Figura 5.5.2.2. Dispersión con rodamina. Marea Llenante, sicgia. Sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada, campaña de invierno.

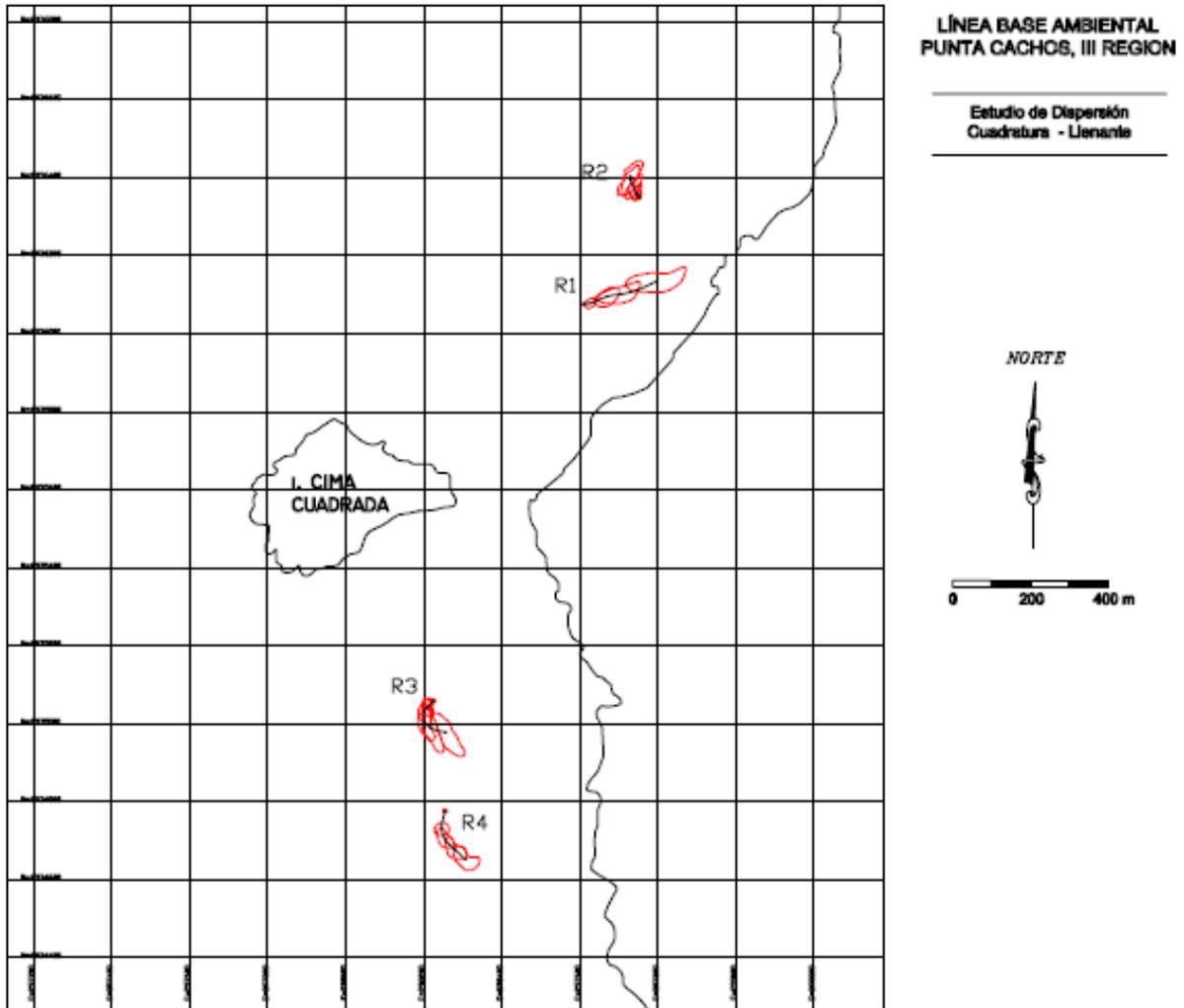


Figura 5.5.2.3. Dispersión con rodamina. Marea llenante, cuadratura. Sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada, campaña de invierno.

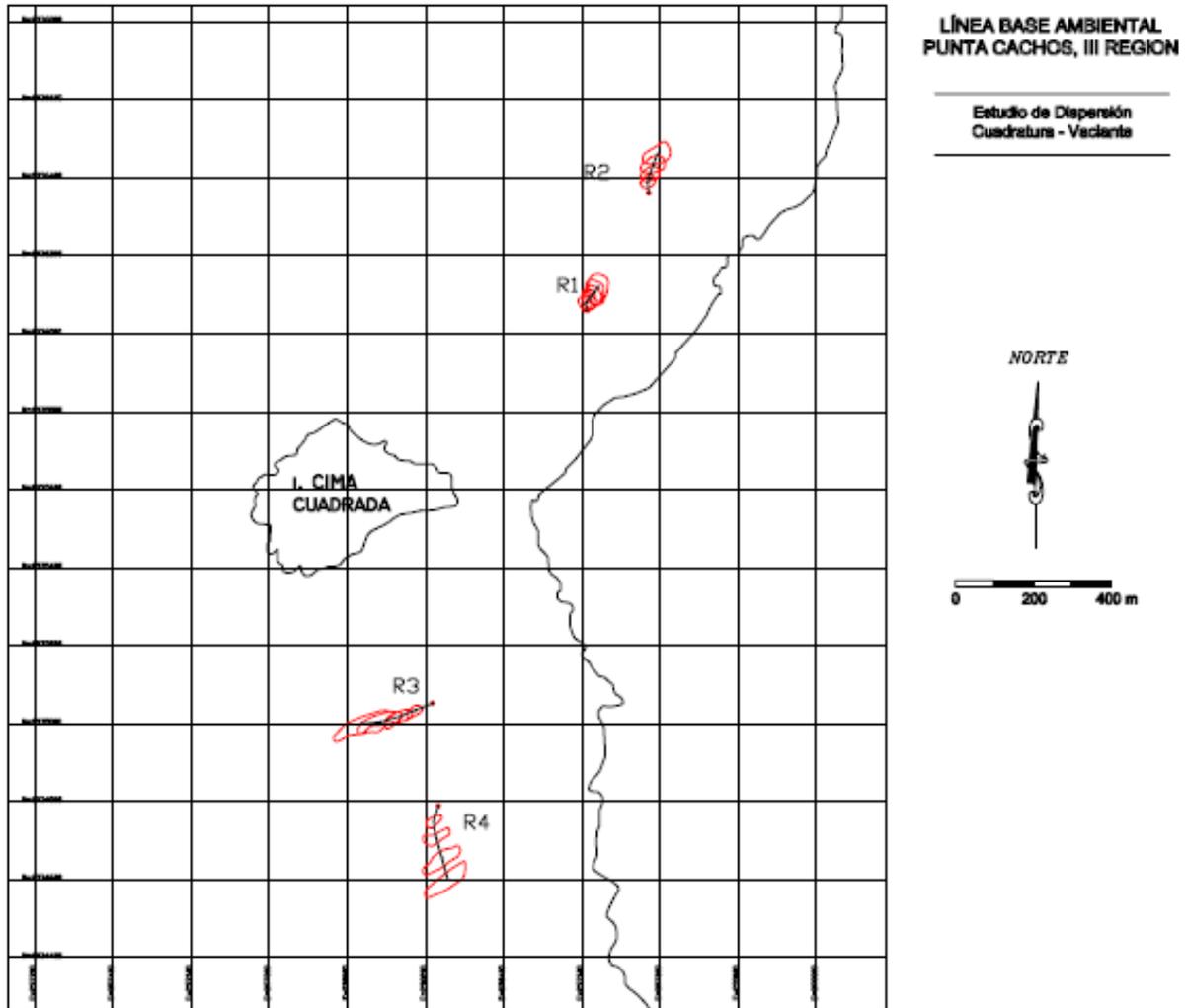


Figura 5.5.2.4. Dispersión con rodamina. Marea vaciante, cuadratura. Sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada, campaña de invierno.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	115
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

5.5.3 *Discusión del Estudio de Dispersión*

El mecanismo que gobierna la “dispersión superficial” en el mar es la turbulencia, que se define como el conjunto de movimientos o desviaciones que se establecen entre los valores medios y los efectivos. La agitación turbulenta depende, a su vez, de múltiples factores, desde las corrientes marinas, hasta la acción del viento y oleaje.

Los coeficientes de dispersión horizontal se definen como el aumento de superficie cubierta por el trazador por unidad de tiempo. En este contexto, en los sectores de I. Cima Cuadrada, los coeficientes de dispersión evidenciaron magnitudes variables, fluctuando entre 0,5 m²/s y 1,9 m²/s.

En términos generales, el desplazamiento de la mancha mostró relación directa con la dirección del viento, ya que en la mayoría de las experiencias realizadas la tendencia de la mancha de rodamina fue desplazarse con un sentido coincidente al esfuerzo tangencial del viento, por lo que se sugiere una alta influencia de este en el destino final de las manchas. No obstante, en las experiencias Nº 2 y 5, las manchas de rodamina se desplazaron de manera opuesta al viento.

Puede diferenciarse entre coeficiente de dispersión en la dirección del desplazamiento de la mancha y perpendicular a ésta. Tal como se aprecia en las figuras anteriores, en la mayoría de las experiencias realizadas, la mancha de rodamina adoptó la forma de un ovoide o de un “huso” alargado.

Cabe consignar, que la mancha de rodamina no se dispersó siempre en la dirección de desplazamiento de su centroide, sino que también lo hizo de manera perpendicular a este, o en sentido coincidente con la dirección del viento. En efecto, en varias ocasiones la mancha de rodamina formó una figura fusiforme orientada en dirección del viento.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	116
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

5.5.4 Conclusiones del Estudio de Dispersión

Las experiencias de dispersión realizadas en los alrededores de I. Cima Cuadrada, campaña de invierno, evidenciaron una capacidad dispersiva del medio acuático, con magnitudes entre 0,5 m²/s y 1,9 m²/s.

La dispersión se manifiesta por una mancha con forma fusiforme o de un ovoide, que se expande generalmente en sentido aproximadamente coincidente con la dirección del viento, por lo que se sugiere una alta influencia de éste sobre el mecanismo de la dispersión superficial.

En términos de dirección de avance, la mancha de rodamina generalmente se desplazó siguiendo al viento, por lo cual se prevé que la descarga de agua cálida que se proyecta, será dispersada en dirección norte, de acuerdo a los resultados obtenidos en esta campaña de invierno.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	117
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6. ESTUDIOS DE ECOLOGÍA DE COMUNIDADES BIOLÓGICAS

6.1 ESTUDIO DE COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS SUBMAREALES

6.1.1 Metodología de Estudio de Comunidades Macrobentónicas Submareales

El estudio de comunidades bentónicas submareales se efectuó en esta campaña de invierno en el sector Isla Cima Cuadrada.

El muestreo de las comunidades macrobentónicas de fondos blandos submareales de los alrededores del sector de **I. Cima Cuadrada** se realizó el 31 de julio de 2008, extrayendo muestras en siete estaciones, cada una con respectivas réplicas. Como en la campaña de verano, la estación control fue ubicada al norte del área de influencia del futuro proyecto, siendo considerada como referencia. La localización de las estaciones resultó ser la detallada en la **Figura 2.1.1**.

Es importante mencionar que el criterio de ubicación de las estaciones control se basó en lo estipulado por Striplin *et al.* (1992), esto es: área con similar hidrografía, profundidad de la columna de agua, y similar granulometría. Esto permite minimizar la variabilidad natural en la composición de las comunidades bentónicas que pueden ser atribuidas a estos factores.

La metodología para determinar el número total de estaciones a caracterizar, se detalla en el Informe Técnico, campaña de verano.

La extracción de las muestras se llevó a cabo por medio de buceo autónomo en todos los sectores, utilizando un muestreador estándar conformado por un tubo de PVC de 8 pulgadas de diámetro y 49 cm de largo; el cual, usándolo a modo de pala, permite extraer un área de 0.1 m² (**Fotografía 6.1.1.1**).



	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	118
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Fotografía 6.1.1.1. Buzo con muestreador (corer PVC) de sedimentos submareales.

Este muestreador tiene una eficiencia de muestreo de entre 88,10 y 94,40%, muy superior a una draga de muestreo de sedimento estándar como una Van Veen (27,3 – 87,3% eficiencia; Gallardo, 1963). Cada muestra obtenida fue trasvasada a bolsas de polietileno, debidamente etiquetadas, para posteriormente ser transportada a las instalaciones de EcoTecnos en Viña del Mar, en donde se realizó su análisis.

La macrofauna presente en el sedimento fue separada haciendo escurrir a través de él un chorro de agua dulce, para recogerla posteriormente en un tamiz de 1,0 mm de abertura de malla (**Fotografía 6.1.1.2**).

Todo el material biológico retenido fue fijado en una solución de formalina diluida en agua de mar al 4% (**Fotografía 6.1.1.3**), para su posterior identificación, recuento y pesaje de especies.



Fotografía 6.1.1.2. Proceso de cernido de las muestras de sedimento.

Con los datos obtenidos, se calculó la *abundancia* promedio de cada especie, expresado en individuos por metro cúbico (ind/m^3) y la *biomasa* promedio, expresada en gramos por metro cúbico (g/m^3). Para este efecto, los organismos fueron mantenidos en alcohol, para luego secarlos a temperatura ambiente y calcinarlos en un horno de mufla a 500°C por 30 minutos (peso seco libre de ceniza).

El análisis faunístico se realizó considerando toda la fauna retenida en el tamiz. Sobre esta base, se calcularon los índices que de acuerdo a Pielou (1966), Gray (1981) y Lie (1969), describen mejor las características estructurales de una comunidad y que son los recomendados por la Autoridad Marítima: *Diversidad Específica* (H' de Shannon-Weaver,



Fotografía 6.1.1.3. Proceso de fijación de las muestras de sedimento.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	119
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

1963, modificado por Lloyd *et al.*, 1968), *Uniformidad Específica* (J de Pielou, 1966) y *Riqueza Específica* (S de Margalef, 1968). Además se realizó el análisis de las comunidades bentónicas conocido como método de las curvas ABC (Abundance Biomass Comparison plots), de acuerdo a Warwick (1986).

Para el análisis multidimensional, se transformaron los datos de abundancia de cada una de las especies a la forma $Y = \log_{10}(X + 1)$ (Cassie & Michael, 1968), confeccionándose una matriz de doble entrada entre las estaciones y las diferentes especies. A partir de ésta, se aplicó un análisis conglomerativo de clasificación (Cluster Análisis) modo Q de distancias euclidianas. Para construir los conglomerados se utilizó la técnica de agrupación jerárquica de la media ponderada (Legendre & Legendre, 1979), obteniendo el correspondiente dendrograma para estimar el grado de similitud entre las estaciones. Para este fin se usó el paquete estadístico STATISTICA versión 6.0 Edición 97 para Windows®. Del mismo modo se efectuó el análisis de ordenación de escalamiento no-métrico multidimensional (ENM), recomendado por Warwick & Clarke (1993) para las estaciones, a partir de la matriz de similitud obtenida del análisis de conglomerados.

Se estableció, también, la distribución del número de individuos en clases geométricas de manera similar a lo efectuado por Pearson *et al.* (1983), seleccionando las especies indicadoras de cambios en las comunidades bentónicas mediante el método propuesto por Gray & Pearson (1982), Pearson *et al.* (1983) y Pearson & Blacktock (1983).

6.1.2 Resultados del Estudio de Comunidades Macrobentónicas Submareales

➤ **SECTOR ISLA CIMA CUADRADA**

- **Análisis Faunístico del Área de Estudio**

El análisis faunístico detallado del sector de Isla Cima Cuadrada arrojó un total de 47 taxa (especies) en la campaña de invierno. De acuerdo a la **Figura 6.1.2.1**, 15 especies

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	120
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

pertenecen al grupo de los moluscos (equivalentes al 31,91% del total de especies encontradas), 14 al grupo de los poliquetos (29,79% del total de taxa), 13 al grupo de los crustáceos (27,65% del total) y 5 al ítem otros (10,64% del total, constituido por los Phylla Chordata, Cnidaria, Nematoda y Nemertea y por la Clase Clitellata. La **Tabla 6.1.2.1** muestra el listado de especies encontradas en cada una de las estaciones estudiadas. En general, se puede visualizar un número similar de especies en las distintas estaciones, donde la mayor riqueza se observó en la estación 6 y las menores se registraron en las estaciones 1 y 7 (Control). En cuanto a las restantes estaciones la riqueza registrada fue similar, sin apreciarse relación con la cercanía a la costa o las profundidades de las mismas.

En tanto, no se observa en las estaciones la presencia dominante de una especie en particular para todas ellas. Sin embargo, el crustáceo *Metharpina longirostris*, el molusco gasterópodo *Oliva peruviana* y el molusco bivalvo *Crenella* sp, se presentaron en el 85,7% de las estaciones muestreadas. Así también los crustáceos *Macrochiridothea setifer* y Phoxocephalidae 2, el molusco gasterópodo *Turritella cingulata* y el poliqueto *Spiophanes bombyx* se registraron en el 71,43% de las estaciones. En tanto, al observar la situación particular de cada estación se puede determinar que, en general, la distribución de las abundancias de las especies es relativamente similar, por lo que el índice de uniformidad es relativamente alto en la mayoría de las estaciones estudiadas. Sin embargo, en el caso particular de las estaciones 2 y 6, se aprecian altas dominancias de los moluscos gasterópodos *Turritella cingulata* y *Rissonia inca*, respectivamente, lo que produce una disminución, como se verá más adelante, en el cálculo de la uniformidad específica de estas estaciones.

En cuanto al grupo más representativo del macrobentos de fondos blandos de I. Cima Cuadrada, en esta campaña de invierno, los moluscos se presentaron en esta ocasión en un porcentaje relativamente alto, representando un 31,91% de la abundancia promedio total, seguidos por el grupo de gusanos poliquetos que representaron el 29,79% de la abundancia promedio total. En relación a este último grupo, la situación coincide, por ejemplo, con el estudio de Zuñiga *et al.* (1983), realizado en la Bahía de Mejillones del Sur, donde

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	121
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

encontraron en sedimentos tipo arena que los poliquetos representaban un 33,4% de la abundancia promedio (valor bastante superior al registrado en este estudio), en tanto en arena fangosa este porcentaje se elevaba a 55,6%, mientras que en fango este alcanzaba al 76.7%. Es decir, aumentando el contenido de sedimento fino (fango-limoso) y, por lo tanto, el porcentaje de materia orgánica, aumenta el número de poliquetos y viceversa. Esto se debe al tipo alimentario dominante entre estas especies, las cuales suelen ser detritívoras, es decir, obtienen su alimento desde el sedimento mismo (a diferencia de los suspensívoros que se alimentan de las partículas en suspensión, como los moluscos filtradores). En este caso, el grupo dominante de moluscos está conformado mayoritariamente por el grupo gasterópodos cuyos hábitos alimenticios son carnívoros, ramoneadores y algunos detritívoros.

Asimismo, para esta campaña de invierno se observó que el tipo sedimentario predominante en las estaciones varió entre arenas media a gránulo, según la ubicación de las estaciones, donde aquellas con mayor predominio de sedimento fino se ubicaron más alejadas de la costa. Además, el sedimento de las estaciones tiene un contenido bajo de materia orgánica para la mayoría de las estaciones, todo lo cual explicaría el relativamente bajo porcentaje de poliquetos registrados en esta oportunidad y el predominio de los moluscos.

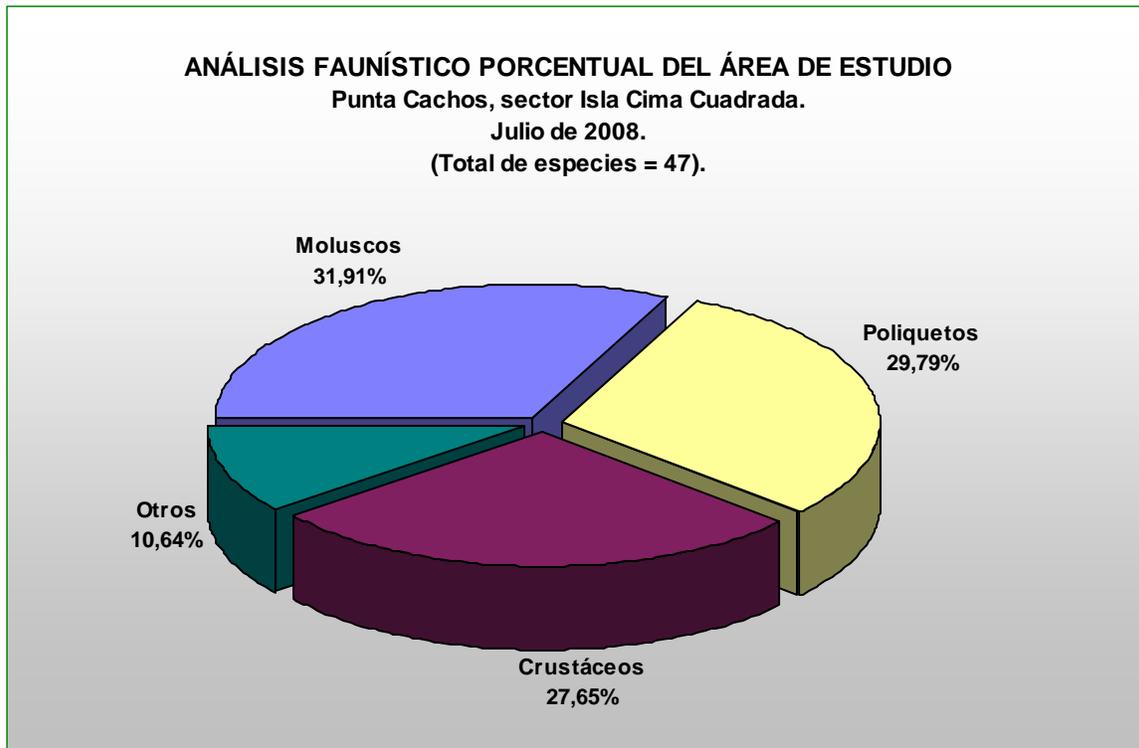


Figura 6.1.2.1. Análisis faunístico porcentual del área de estudio. Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

Desde el punto de vista de la composición especie-específico (**Tabla 6.1.2.2**), alrededor del 25% de las especies presentó una frecuencia de aparición mayor al 42,86% (presentes en 3 o más estaciones), lo que indica una baja homogeneidad en la distribución de las especies, lo que se correlaciona con la disimilitud en las condiciones físico-químicas de los sedimentos. Ninguna de las especies presenta una frecuencia de aparición del 100%. Asimismo, la mayor frecuencia de aparición es para aquellas presentes en 6 estaciones, correspondientes a un 25% de las especies (3 taxa), representados por especies de hábitos suspensívoros como es el crustáceo *Metharpina longirostris* y el molusco bivalvo *Crenella* sp.; y carnívoros, como es el molusco gasterópodo *Oliva peruviana*.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	123
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Comparativamente, se ha incorporado en la **Tabla 6.1.2.3** el análisis por grupos zoológicos de sedimentos submareales de otras áreas del litoral nacional. En ésta se puede observar una variación en el aporte porcentual de cada grupo, lo que se relaciona con los tipos sedimentarios predominantes en cada área, las características químicas de los mismos y las profundidades de las distintas estaciones analizadas. Por ejemplo, en el Canal Chiguao predominaron los sedimentos tipo arena fina, siendo los porcentajes de cada grupo zoológico similares a los hallados en este estudio. Sin embargo, es diferente a lo encontrado en Antofagasta, donde los sedimentos se encontraban conformados principalmente por arena fina y fango.

Además, es claro que el número total de especies varía de forma importante entre los sectores estudiados, lo que se relaciona tanto con la dinámica del fondo marino (corrientes y disturbancias), como con las características físico-químicas de los sedimentos, entre otros factores. No obstante, el número de especies hallado en esta campaña es similar al registrado en los otros estudios efectuados en el litoral a nivel nacional.

Cabe destacar que gran parte de las especies halladas en el área de estudio poseen hábitos detritívoros, altamente consumidores de materia orgánica sedimentada, lo que explicaría que las concentraciones de MOT en los sedimentos fuera relativamente baja, puesto que sería utilizada por la fauna macrobentónica del fondo marino. Lo anterior es importante de considerar puesto que podrán ser fácilmente evaluadas posibles descargas de materia orgánica al medio ya que es conocido que frente a aportes importantes de estos componentes que superen la capacidad de carga del medio, la macrofauna bentónica responde claramente mediante respuestas como el aumento en la densidad de ciertas especies (Pearson & Rosenberg, 1978), especialmente de miembros de las familias Capitellidae y Lumbrineridae (poliqueto). Lo mismo se puede evaluar frente a impactos de descargas accidentales de petróleo, puesto que se sabe cómo la fauna bentónica reacciona frente a estos fenómenos (Clifton *et al.*, 1984).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	124
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.1.2.1

Listado de especies encontradas en el área de estudio, por estación. Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008. Se incluyen entre paréntesis las desviaciones estándar.

ESTACIÓN 1			
	ABUNDANCIA (ind/m³)	BIOMASA (g/m³)	H'
Phyllum Mollusca			
Clase Bivalvia			
<i>Crenella</i> sp.	67	0,127	0,137
<i>Cyamiomactra chilensis</i>	33	0,040	0,081
<i>Protothaca thaca</i>	100	7,417	0,182
Clase Gasteropoda			
<i>Oliva peruviana</i>	133	13,663	0,222
<i>Turritella cingulata</i>	67	0,233	0,137
Phyllum Artrópoda			
Subphyllum Crustácea			
<i>Macrochiridothea setifer</i>	333	0,207	0,382
<i>Metharpinia longirostri</i>	300	0,450	0,362
<i>Ostracoda</i> 1	100	0,007	0,182
<i>Ostracoda</i> 2	67	0,003	0,137
Phoxocephalidae 1	133	0,017	0,222
Phoxocephalidae 2	1167	0,290	0,517
Phyllum Annelida			
Clase Polychaeta			
Ophelliidae	67	1,337	0,137
TOTAL	2.567	23,790	
		H'	2,698 (0,540)
		J'	0,753 (0,056)
		S	12

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	125
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.1.2.1 (continuación).

ESTACIÓN 2			
	ABUNDANCIA (ind/m³)	BIOMASA (g/m³)	H'
Phyllum Mollusca			
Clase Bivalvia			
<i>Crenella sp.</i>	333	333,333	0,240
<i>Protothaca thaca</i>	33	0,493	0,043
Clase Gasteropoda			
<i>Bittium sp.</i>	267	0,800	0,207
<i>Oliva peruviana</i>	33	1,260	0,043
<i>Rissoina inca</i>	100	0,400	0,102
<i>Tricolia umbilicata</i>	233	1,377	0,189
<i>Turritella cingulata</i>	4100	117,823	0,342
Phyllum Artrópoda			
Subphyllum Crustácea			
<i>Cirolana sp.</i>	67	0,160	0,075
<i>Pagurus delsolari</i>	100	1,127	0,102
Phoxocephalidae 1	167	0,020	0,149
Phyllum Annelida			
Clase Polychaeta			
<i>Aglaophamus sp.</i>	33	8,313	0,043
Opheliidae	33	5,600	0,043
Paraonidae	33	0,027	0,043
<i>Scoloplos sp.</i>	33	0,043	0,043
<i>Spiophanes bombyx</i>	100	100,000	0,102
Syllidae	33	0,003	0,043
TOTAL	5700	570,78	
		H'	1,812 (0,096)
		J'	0,453 (0,014)
		S	16

Tabla 6.1.2.1 (continuación).

ESTACIÓN 3			
	ABUNDANCIA (ind/m³)	BIOMASA (g/m³)	H'
Phyllum Mollusca			
Clase Bivalvia			
<i>Crenella</i> sp.	2667	5,777	0,531
<i>Cyamiomactra chilensis</i>	333	0,910	0,209
Clase Gasteropoda			
<i>Bittium</i> sp.	33	0,083	0,037
<i>Oliva peruviana</i>	167	57,660	0,128
<i>Turritella cingulata</i>	233	2,427	0,163
Phyllum Artrópoda			
Subphyllum Crustácea			
<i>Cirolana</i> sp.	33	0,047	0,037
Gammaridea	33	0,010	0,037
<i>Macrochiridothea setifer</i>	233	0,390	0,163
<i>Metharpinia longirostri</i>	1467	1,187	0,472
<i>Pagurus villosus</i>	133	0,270	0,108
Ostracoda 1	33	0,003	0,037
Phoxocephalidae 1	567	0,220	0,293
Phoxocephalidae 2	967	0,220	0,394
Phyllum Chordata			
<i>Branchiostoma</i> sp.	33	0,003	0,037
Phyllum Annelida			
Clase Polychaeta			
Ophelliidae	100	1,937	0,087
TOTAL	7033	71,143	
		H'	2,730 (0,748)
		J'	0,699 (0,019)
		S	15

 EcoTecnos	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	127
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.1.2.1 (continuación).

ESTACIÓN 4			
	ABUNDANCIA (ind/m ³)	BIOMASA (g/m ³)	H'
Phyllum Mollusca			
Clase Bivalvia			
<i>Chione peruviana</i>	67	1,343	0,110
<i>Crenella</i> sp.	33	0,063	0,064
<i>Nucula pisum</i>	100	0,217	0,148
Clase Gasteropoda			
<i>Salitra radwini</i>	100	0,590	0,148
Phyllum Artrópoda			
Subphyllum Crustácea			
Caprellidea	67	0,017	0,110
Cumacea	33	0,007	0,064
<i>Macrochiridothea setifer</i>	867	866,667	0,500
<i>Metharpinia longirostri</i>	733	0,340	0,474
Ostracoda 1	100	0,017	0,148
Phoxocephalidae 2	667	0,107	0,457
Phyllum Cnidaria			
Anthozoa	33	0,023	0,064
Clase Clitellata			
Hirudinea	33	0,177	0,064
Phyllum Annelida			
Clase Polychaeta			
<i>Nainereis chilensis</i>	33	0,030	0,064
<i>Nephtys</i> sp.	67	0,470	0,110
<i>Notomastus</i> sp.	67	1,377	0,110
Paraonidae	33	0,003	0,064
<i>Spiophanes bombyx</i>	400	1,340	0,360
Syllidae	33	0,017	0,064
TOTAL	3.467	872,803	
		H'	3,123 (0,557)
		J'	0,749 (0,116)
		S	18

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	128
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.1.2.1 (continuación).

ESTACIÓN 5			
	ABUNDANCIA (ind/m³)	BIOMASA (g/m³)	H'
Phyllum Mollusca			
Clase Bivalvia			
<i>Chione peruviana</i>	33	0,290	0,094
<i>Crenella</i> sp.	67	0,157	0,156
<i>Nucula pisum</i>	267	0,857	0,375
Clase Gasteropoda			
<i>Agathotoma ordinaria</i>	33	0,323	0,094
<i>Oliva peruviana</i>	133	23,477	0,250
<i>Tegula luctuosa</i>	33	0,220	0,094
<i>Tricolia umbilicata</i>	33	0,013	0,094
<i>Turritella cingulata</i>	100	0,367	0,207
Phyllum Artrópoda			
Subphyllum Crustácea			
<i>Macrochiridothea setifer</i>	67	0,057	0,156
<i>Metharpinia longirostri</i>	533	0,237	0,500
Ostracoda 1	367	0,930	0,437
Phoxocephalidae 2	233	0,040	0,349
Phyllum Nematoda			
Nematoda	33	0,003	0,094
Phyllum Annelida			
Clase Polychaeta			
Capitellidae	67	1,507	0,156
Sigalionidae	33	0,727	0,094
<i>Spiophanes bombyx</i>	100	0,313	0,207
TOTAL	2.133	29,517	
		H'	3,356 /0,065)
		J'	0,839 (0,044)
		S	16

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	129
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.1.2.1 (continuación).

ESTACIÓN 6			
	ABUNDANCIA (ind/m³)	BIOMASA (g/m³)	H'
Phyllum Mollusca			
Clase Bivalvia			
<i>Crenella</i> sp.	2867	4,210	0,528
<i>Nucula pisum</i>	2900	11,700	0,529
Clase Gasteropoda			
<i>Agathothoma ordinaria</i>	33	0,653	0,031
<i>Nassarius gayi</i>	33	0,207	0,031
<i>Oliva peruviana</i>	67	4,037	0,054
<i>Polinices uber</i>	33	6,650	0,031
<i>Salitra radwini</i>	67	0,523	0,054
<i>Turritella cingulata</i>	267	0,653	0,155
Phyllum Artrópoda			
Subphyllum Crustácea			
<i>Metharpinia longirostri</i>	767	0,380	0,311
Ostracoda 1	600	1,140	0,268
Ostracoda 2	33	0,003	0,031
Phoxocephalidae 1	67	0,007	0,054
Phoxocephalidae 2	267	0,043	0,155
Pinnixa sp.	33	3,843	0,031
Phyllum Nematoda			
Nematoda	100	0,007	0,075
Phyllum Annelida			
Clase Polychaeta			
Capitellidae	33	3,803	0,031
Onuphidae	67	0,083	0,054
Sigalionidae	67	2,030	0,054
<i>Spiophanes bombyx</i>	300	1,900	0,169
TOTAL	8.600	41,873	
		H'	2,649 (0,137)
		J'	0,623 (0,012)
		S	19

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	130
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.1.2.1 (continuación).

ESTACIÓN 7			
	ABUNDANCIA (ind/m³)	BIOMASA (g/m³)	H'
Phyllum Mollusca			
Clase Gasteropoda			
<i>Bittium</i> sp.	33	0,133	0,050
<i>Oliva peruviana</i>	33	1,557	0,050
<i>Rissoina inca</i>	4000	31,027	0,205
Phyllum Artrópoda			
Subphyllum Crustacea			
Gammaridea	200	0,077	0,193
<i>Macrochiridothea setifer</i>	100	0,733	0,118
<i>Metharpinia longirostri</i>	133	0,283	0,145
Phyllum Nemertea			
Nemertea	33	8,107	0,050
Phyllum Annelida			
Clase Polychaeta			
<i>Aglaophamus</i> sp.	33	3,543	0,050
Amphinomidae	33	0,003	0,050
<i>Nephtys</i> sp.	33	0,037	0,050
Ophelliidae	67	16,260	0,087
Pisionidae	33	0,003	0,050
TOTAL	4.733	61,763	
		H'	1,100 (0,404)
		J'	0,307 (0,197)
		S	12

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	131
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.1.2.2

Listado de especies presentes en el área de estudio con una frecuencia de aparición mayor o igual a 42,86% (presentes en 3 o más estaciones, de un total de 7).
Punta cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

ESPECIE	FRECUENCIA DE APARICIÓN (%)
<i>Metharpinia longirostri</i>	85,71%
<i>Oliva peruviana</i>	85,71%
<i>Crenella</i> sp.	85,71%
Ostracoda 1	71,43%
Phoxocephalidae 2	71,43%
Macrochiridothea setifer	71,43%
<i>Turritella cingulata</i>	71,43%
<i>Spiophanes bombyx</i>	57,14%
Phoxocephalidae 1	57,14%
<i>Nucula pisum</i>	42,86%
<i>Bittium</i> sp.	42,86%
Ophelliidae	42,86%

Tabla 6.1.2.3

Comparación de los aportes porcentuales por grupos zoológicos del área de estudio en relación a diversos estudios efectuados a nivel nacional.

TAXA	Este Estudio	Puerto Antofagasta (1)	Canal Chiguao (2)	Las Salinas (3)	Isla Taucolón (4)
Poliquetos	30% (14)	17% (4)	38% (14)	26% (9)	23% (11)
Crustáceos	28% (13)	22% (5)	32% (12)	29% (10)	23% (11)
Moluscos	32% (15)	61% (14)	22% (8)	36% (13)	41% (19)
Otros	10% (5)	-	8% (3)	9% (3)	13% (6)
Total de Especies	47	23	37	34	47

(1) EPA. (2003)

(2) Alimentos Pacific Star S.A. (2000)

(3) EcoTecnos Ltda. (2003)

(4) Silob Chile (2002)

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	132
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Índices Ecológicos**

La **Tabla 6.1.2.4** resume los resultados obtenidos del cálculo de los parámetros ecológicos de diversidad específica (H'), uniformidad específica (J') y riqueza específica (S, número de especies) en el área de estudio.

Tabla 6.1.2.4

Resumen de los índices ecológicos calculados en este estudio, para cada una de las estaciones analizadas. Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008. Se incluyen entre paréntesis las desviaciones estándar.

ESTACIÓN	DIVERSIDAD (H')	UNIFORMIDAD (J')	RIQUEZA (S)
1	2,698 (0,54)	0,753 (0,056)	12
2	1,812 (0,096)	0,453 (0,014)	16
3	2,730 (0,748)	0,699 (0,018)	15
4	3,123 (0,557)	0,749 (0,116)	18
5	3,356 (0,065)	0,839 (0,044)	16
6	2,649 (0,137)	0,623 (0,012)	19
7 (Control)	1,100 (0,404)	0,307 (0,197)	12
Prom. incluyendo Est. Control	2,495 (0,364)	0,632 (0,065)	15
Prom. excluyendo Est. Control	2,728 (0,357)	0,686 (0,043)	16

- *Diversidad Específica*

Para comprender lo que significan los números arrojados por el índice de **Diversidad Específica**, es importante explicar que este índice, también denominado “Heterogeneidad Específica”, es una característica típica del nivel de la comunidad en la organización biológica de un ecosistema, considerándose como una expresión de la estructura de la comunidad. Se dice que una comunidad tiene diversidad específica alta, si muchas especies presentes son iguales o semejantes en cuanto a su abundancia; por otra parte, cuando la comunidad está compuesta por muy pocas especies, o si únicamente muy pocas especies

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	133
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

son abundantes, la diversidad específica es baja. En síntesis, una diversidad alta indica una comunidad compleja porque una gran variedad de especies permite mayor número de interacciones específicas que involucran transferencia de energía, depredación, competencia, etc.

El índice de diversidad utilizado en esta oportunidad es el de Shannon-Weaver, el más utilizado en estudios de ecología bentónica. Como se observa en la Tabla antes señalada, el índice H' promedio para toda el área de estudio es igual a **2,495 ± 0,364 ind/bits**, en esta campaña de invierno. En tanto, si se excluye la estación control (estación 7) este valor aumenta levemente a **2,728 ± 0,357 ind/bits**. Lo anterior indica que el número de especies hallados en la estación de referencia y el aporte de una nueva especie, genera cambios poco significativos en la diversidad específica global promedio del área. Dado que se está evaluando la calidad de las comunidades frente a las futuras instalaciones de la Central, es importante considerar el índice arrojado para las 6 estaciones excluyendo la Control. El valor de $2,495 \pm 0,364$ ind/bits, comparado con estudios realizados en otras áreas del país, representa comunidades con una diversidad media. Sin embargo, también se debe destacar que los índices de diversidad sólo dan cuenta de la estructura comunitaria, y no son un buen parámetro para ser utilizado como indicadores de efectos de la contaminación sobre las comunidades bióticas. Al respecto, se han realizado categorizaciones de comunidades en base al índice de Shannon, determinando la siguiente clasificación (Hendey, 1977):

- H' de 0-1 = Polución severa
- H' de 1-2 = Polución moderada
- H' de 2-3 = Polución ligera
- H' de 3-4 = Polución no detectable.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	134
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En este contexto, el promedio de diversidad del área estudiada indicaría comunidades con polución ligera. Debe hacerse el alcance que Lobo & Kobayasi (1990) han comprobado, estudiando comunidades de diatomeas de agua dulce, que un biotopo puede estar contaminado, sin manifestarse tal situación en el índice de diversidad. Por tanto, para fines de análisis, los índices de diversidad sólo se comentarán considerando su variación en la estructura comunitaria.

No obstante lo anterior, es claro que algunas de las estaciones estudiadas presentan altos índices de diversidad específica (**Figura 6.1.2.2**), como se observa en este caso para las estaciones 4 y 5. Esto estaría dado principalmente por la alta uniformidad en la distribución de las abundancias relativas entre las especies y el número relativamente alto de especies. El más bajo H' obtenido en la estación Control 7 ($H' = 1,100 \pm 0,404$ bits), estaría determinado por la alta dominancia del molusco gasterópodo *Rissonia inca*, que representa el 84,5% de la abundancia total de la estación. Una situación similar presenta la estación 2, que presentan una alta dominancia de *Turritella cingulata*, correspondiente 71,9% de la abundancia total de la estación. Esto explicaría la disminución de H' , así como también la disminución de la uniformidad específica (como se verá a continuación). De esta forma, las estaciones 1, 3 y 6 se clasificarían con *Polución Ligera*, las estaciones 4 y 5 se clasificarían con *Polución No Detectable* y las estaciones 2 y 7 se clasificarían como con *Polución Moderada*.

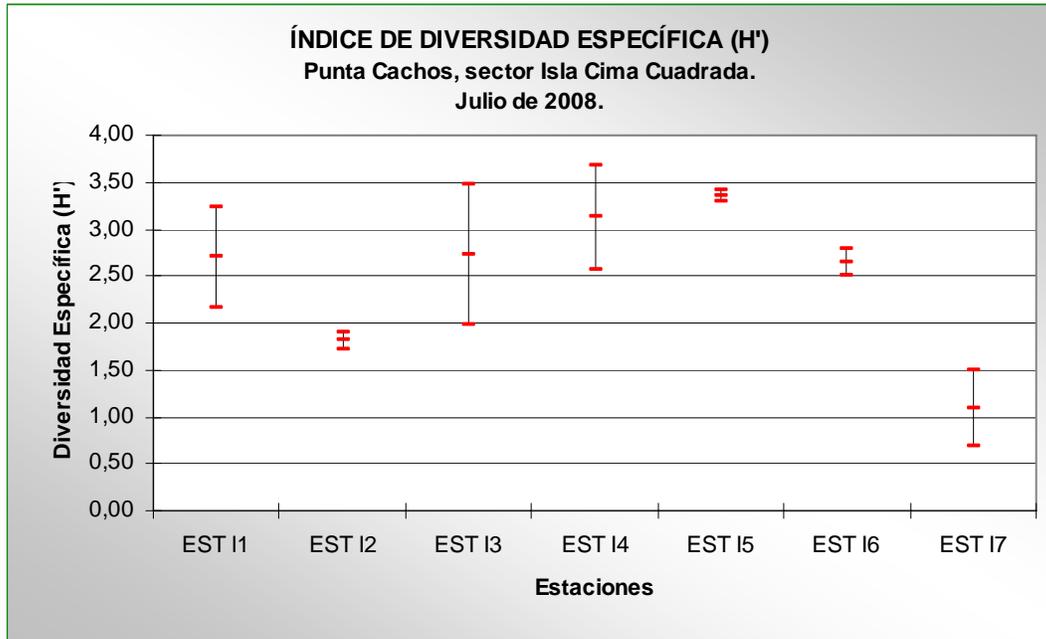


Figura 6.1.2.2. Variación del índice de diversidad específica (H') por estación. Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

- *Uniformidad Específica*

Por otra parte, es importante considerar que la diversidad específica es un índice que varía bastante de acuerdo a la presencia de especies con un número mayor de individuos, y es casi independiente de las especies con un pequeño número de individuos. Por lo tanto, es importante considerar el concepto de **Uniformidad Específica (J')**. Este índice, junto a la diversidad H' permiten describir la riqueza de especies y la uniformidad de la distribución de los individuos entre las especies en una comunidad. De manera que un cambio en la relación entre H' y J resulta no sólo de una fluctuación en el número de especies, sino que también en cambios en las especies dominantes (Gray, 1981).

En resumen, este índice arroja información acerca de la distribución de un individuo de una especie dentro de un área específica; es decir, si existe equilibrio entre el número de individuos de una especie con respecto a las otras. El valor máximo posible para este índice

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	136
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

es 1.0, que indicaría que existe una gran uniformidad o equilibrio en la distribución de los individuos de las diferentes especies en un área específica de estudio.

Los resultados de la **Tabla 6.1.2.4** y la **Figura 6.1.2.3** permiten afirmar que existe una buena distribución de las abundancias de los organismos en las comunidades de las estaciones estudiadas, considerando que el promedio del área (sin considerar la estación Control) es de $J' = 0,686 \pm 0,043$. Igualmente, existen diferencias importantes entre las uniformidades específicas de las estaciones analizadas, especialmente respecto a las ya comentadas dominancias de *T. cingulata* en la estación 2 y de *Rissoina inca* en la estación 7, que representan el 84,5% y 71,9% de la abundancia total de cada estación respectivamente.

En general, se puede observar, en forma similar a lo obtenido por Carrasco *et al.* (1996) en comunidades de bahía San Vicente, que existe una buena correlación entre la diversidad específica de Shannon (H') y la uniformidad específica de Pielou (J') (a mayor diversidad mayor uniformidad y viceversa), lo que sugiere que la adición de especies a la comunidad tendría poco efecto en la diversidad mientras que la dominancia tiene un efecto mayor. Estas relaciones son las típicas de las comunidades del meio y macrobentos sublitoral.

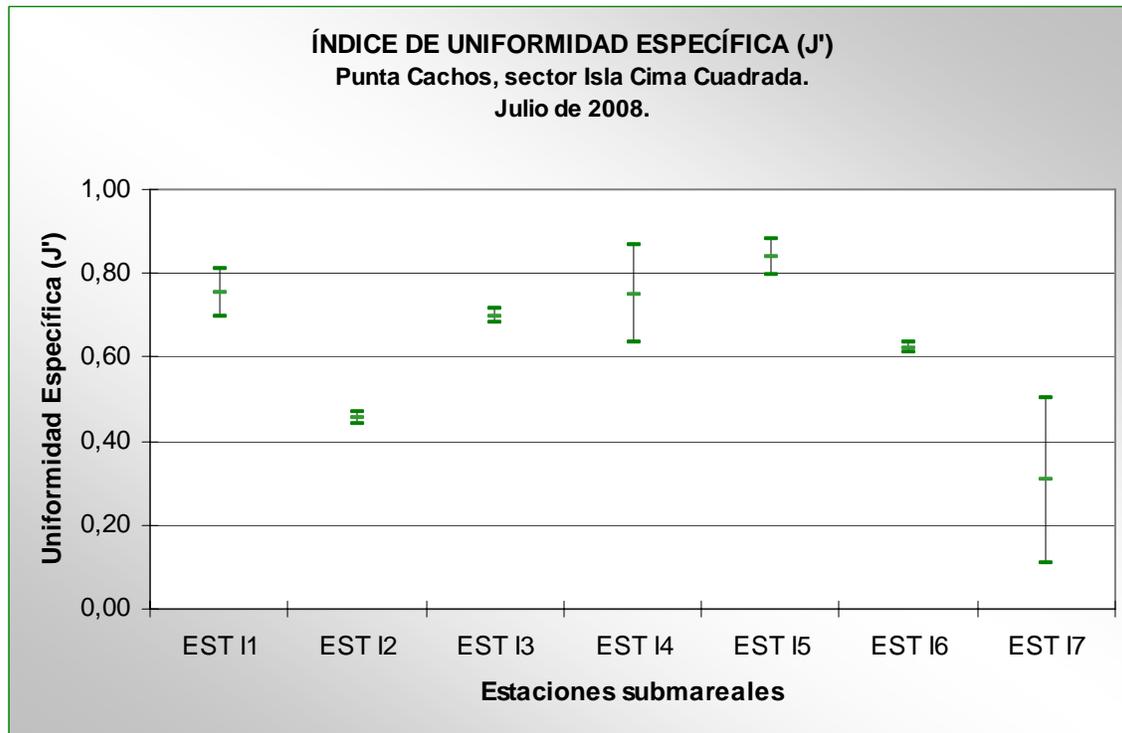


Figura 6.1.2.3. Variación del índice de uniformidad específica (J') por estación. Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

- *Riqueza Específica*

En cuanto a los valores de **Riqueza Específica** (número de especies encontradas en cada estación), se visualizan ciertas diferencias entre las estaciones (**Figura 6.1.2.4** y **Tabla 6.1.2.4**). El número promedio de especies del área de estudio fue de 15 especies considerando la estación Control y de 16 al excluir dicha estación, mientras que el número total fue de **47 especies**, lo que es bajo si se compara con los estudios de Pearson & Rosenberg (1978) quienes citan un número de 150 especies para una comunidad bentónica típica. Sin embargo, en estos estudios se consideró también la meiofauna, mientras que el estudio presente sólo consideró la macrofauna (que es la que se pide evaluar en los estudios de impacto ambiental). Cabe destacar que la macrofauna considera especies mayores a 1,0 mm, en tanto la meiofauna considera los organismos con un tamaño superior a 0,062 mm,

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	138
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

por lo que incluye un número mayor de especies. Por otra parte, hay que considerar otra realidad oceanográfica local que no necesariamente puede ser aplicada a la realidad nacional. En tanto, al relacionar el presente estudio con otros realizados en el litoral nacional (**Tabla 6.1.2.3**), se observa que los registros para la zona son similares a todos aquellos citados en el resto del país, respaldando la tesis de que el número de especies de la zona de estudio se encuentra acorde a las condiciones físico-químicas de los sedimentos analizados.

Correlacionando los resultados de los análisis físicos y químicos de los sedimentos con los resultados de los índices ecológicos de las comunidades macrobentónicas submareales, se desprende que éstas presentan una estructura comunitaria diversa, con comunidades que evidencian signos de alteración y otras en buen estado. Esto será corroborado en los siguientes análisis.

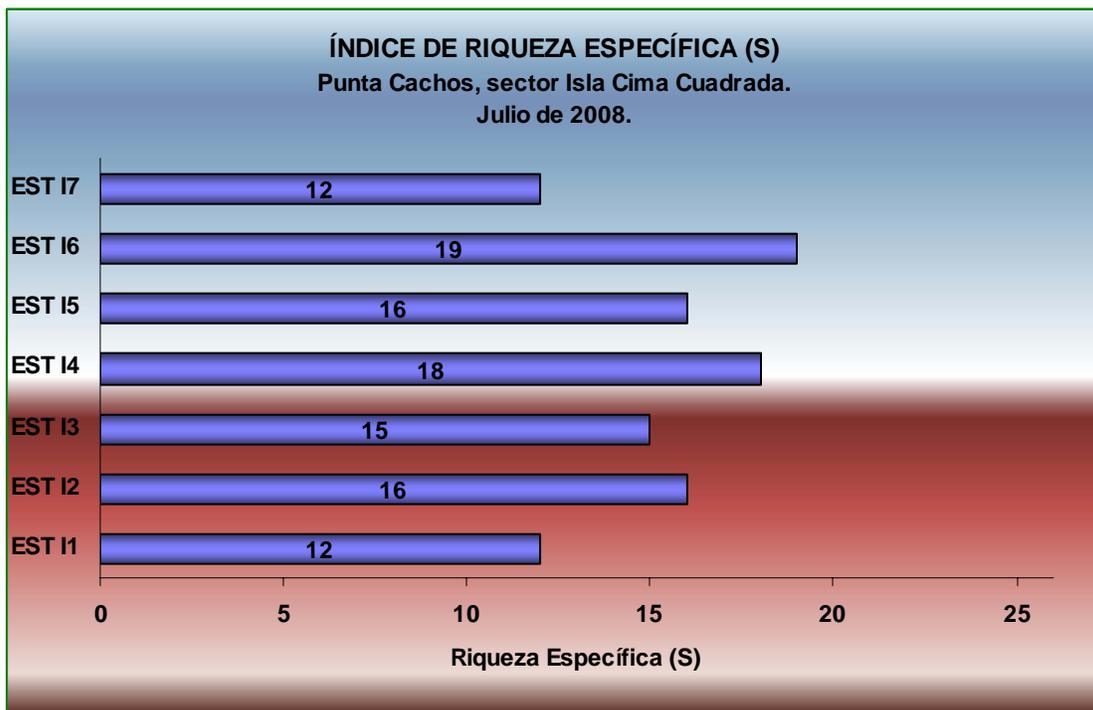


Figura 6.1.2.4. Variación del índice de riqueza específica (S) por estación. Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	139
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Relación Abundancia/Biomasa: Curvas ABC**

Se realizó un análisis que complementa lo antes expuesto, correspondiente al método de comparación de las curvas de abundancia y biomasa. Conocido como el método de las curvas ABC o k-dominancia, esta técnica consiste en comparar en un mismo gráfico las curvas de abundancia y biomasa; jerarquizando, para ello, las especies en un orden de importancia sobre el eje x (escala logarítmica) con el % de dominancia en el eje y (escala acumulativa). En comunidades bentónicas no contaminadas, la curva de dominancia para la biomasa yace sobre la de abundancia; en comunidades moderadamente contaminadas, las 2 curvas aproximadamente coinciden; mientras que en comunidades muy contaminadas, la curva de biomasa se ubica bajo la de abundancia (Warwick, 1986). Este método tiene la ventaja de poder evaluar las condiciones medioambientales de las comunidades bentónicas afectadas por polución sin tener que disponer necesariamente de datos históricos de éstas (Warwick, 1986; Tie & Haijing, 1993). Para utilizar este análisis, de acuerdo a Carrasco *et al.* (1996), sólo tiene validez estadística al ser aplicada en estaciones con un número igual o mayor a 8 especies; menor a este número de taxa se considera semidesfaunado y, por tanto, las estaciones se clasificarían como Muy Contaminadas.

En este contexto, todas las estaciones arrojaron una riqueza mayor a lo antes señalado, pudiendo apreciarse los gráficos de abundancia/biomasa a continuación (**Figura 6.1.2.5 a Figura 6.1.2.8**). Por lo tanto, las estaciones se podrían clasificar de la siguiente manera:

Estaciones con Comunidades No Alteradas : 1, 3, 4, 5
Estaciones con Comunidades Moderadamente Alteradas : 2, 6 y 7
Estaciones con Comunidades Muy Alteradas : --

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	140
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Estos resultados denotan que las comunidades estudiadas en I. Cima Cuadrada varían desde No Alteradas a Moderadamente Alteradas. Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos de los diferentes índices ecológicos, toda vez que las estaciones que fueron clasificadas como con Polución No detectable y Polución Ligera (estaciones 1, 3, 4, 6 y 7) caen todas en el rango de No Alteradas de acuerdo a las curvas ABC, con la sola excepción de la estación 6.

Asimismo, es necesario hacer algunos alcances teóricos respecto a las curvas ABC. Pese a ser esta metodología una herramienta bastante utilizada en la literatura, ésta ha sido objeto de una serie de críticas (Beukema, 1988; Burd *et al.*, 1990; Aderlini & Wear, 1992; entre otros), las cuales se han radicado en que muchas veces no funcionan, llegando a indicar situaciones de perturbación o buen estado en ambiente en donde ello es evidentemente lo contrario. Beukema (1988) indica que las inconsistencias del método se verifican cuando se presenta una gran dominancia numérica ecológica de especies o formas de pequeño tamaño relativo y de vidas cortas como también reclutas. Inconsistencias de este tipo han sido mencionadas también por Carrasco & Gallardo (1989). En tanto, Burd *et al.* (1990) se ha referido al método indicando que éste presenta dos limitantes: por un lado asume que el conjunto faunístico analizado estaba inicialmente en una condición estable o de equilibrio, condición que raramente es efectiva o real en hábitat que son controlados ambientalmente. La otra limitante que mencionan los autores se refiere a que las estaciones moderadamente contaminadas, las cuales son a menudo muy interesantes, producen los resultados más ambiguos, siendo un problema común con la mayoría de los índices de contaminación (este sería el caso de las estaciones 2, 6 y 7 en esta campaña).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	141
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

De lo anterior se desprende que, si bien los resultados de las curvas ABC denotan comunidades en que varían entre no alteradas y muy alteradas, lo cual coincide parcialmente con los índices bioecológicos, el análisis de las curvas ABC debe ser realizado, como lo sugiere Aderlini & Wear (1992) repetidamente en el tiempo, de manera de suministrar una evaluación más exacta de la contaminación inducida y/o disturbios físicos y biológicos naturales y su variación dependiendo también de las diferentes estaciones del año.

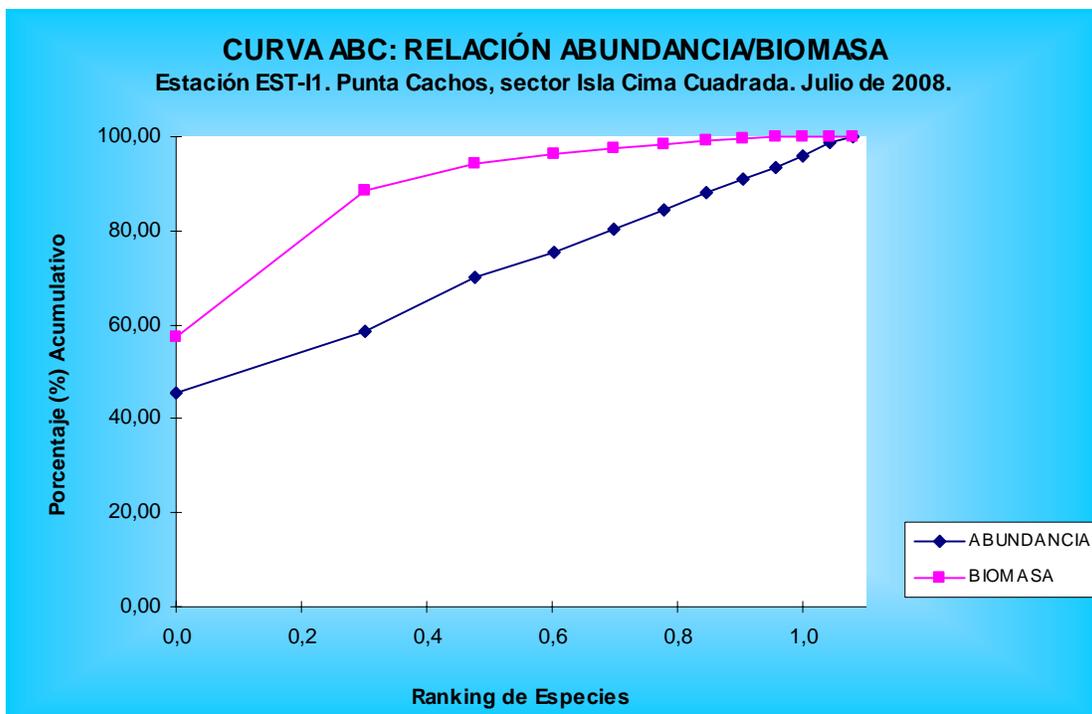


Figura 6.1.2.5. Curvas de relación abundancia/biomasa de la estación 1. Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

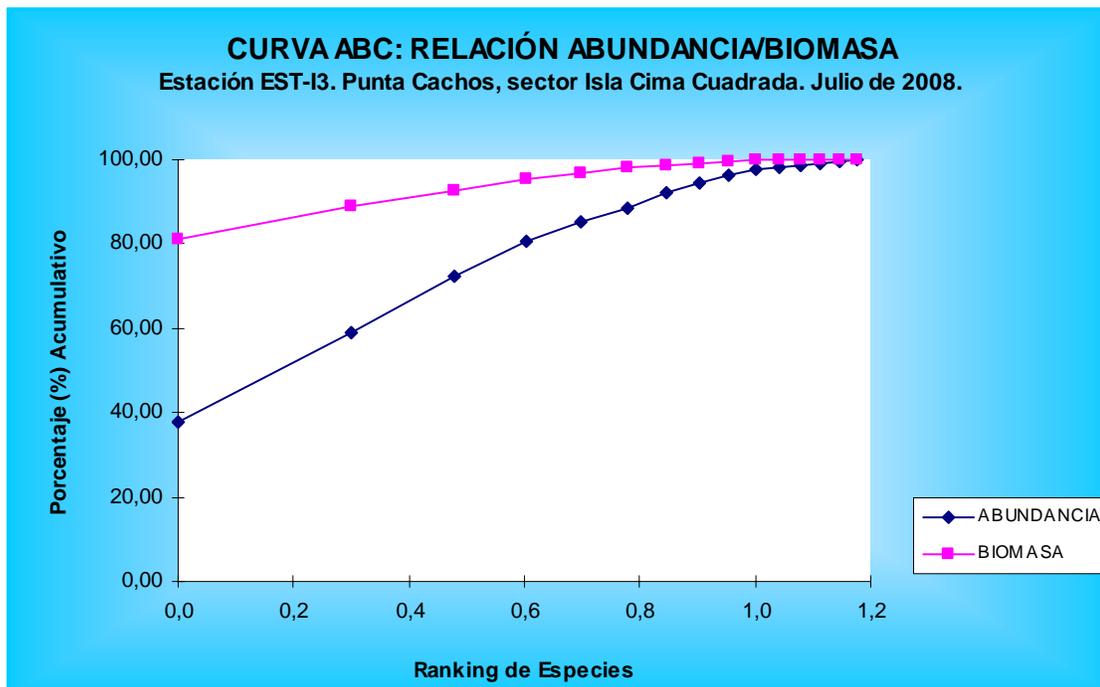
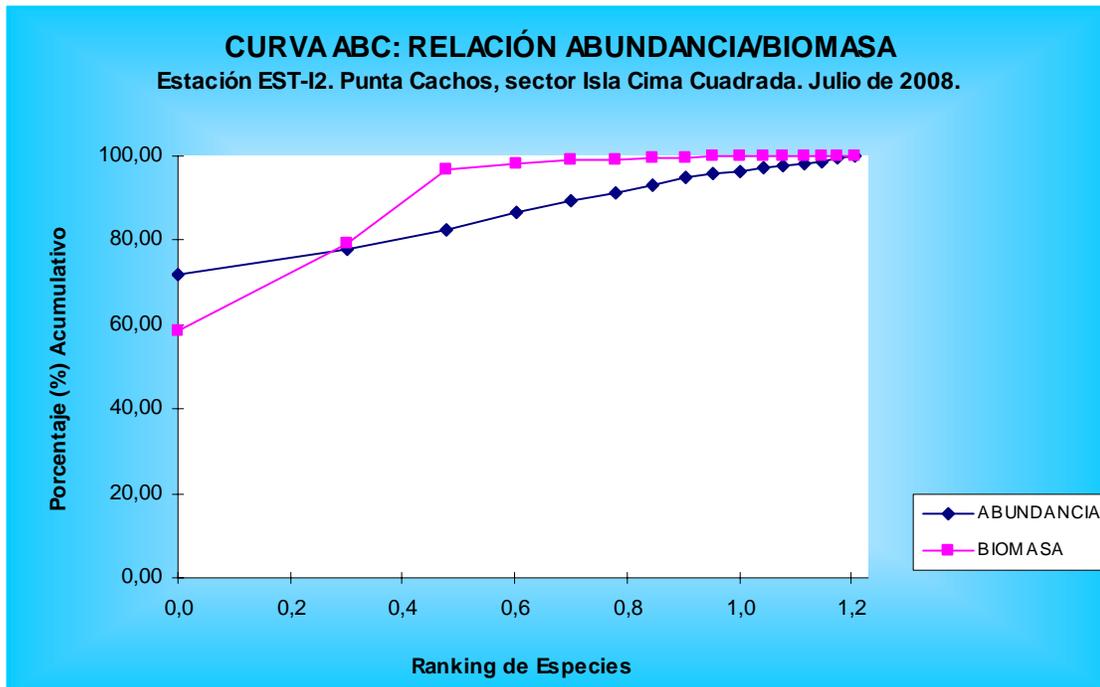


Figura 6.1.2.6. Curvas de relación abundancia/biomasa de las estaciones 2 y 3. Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

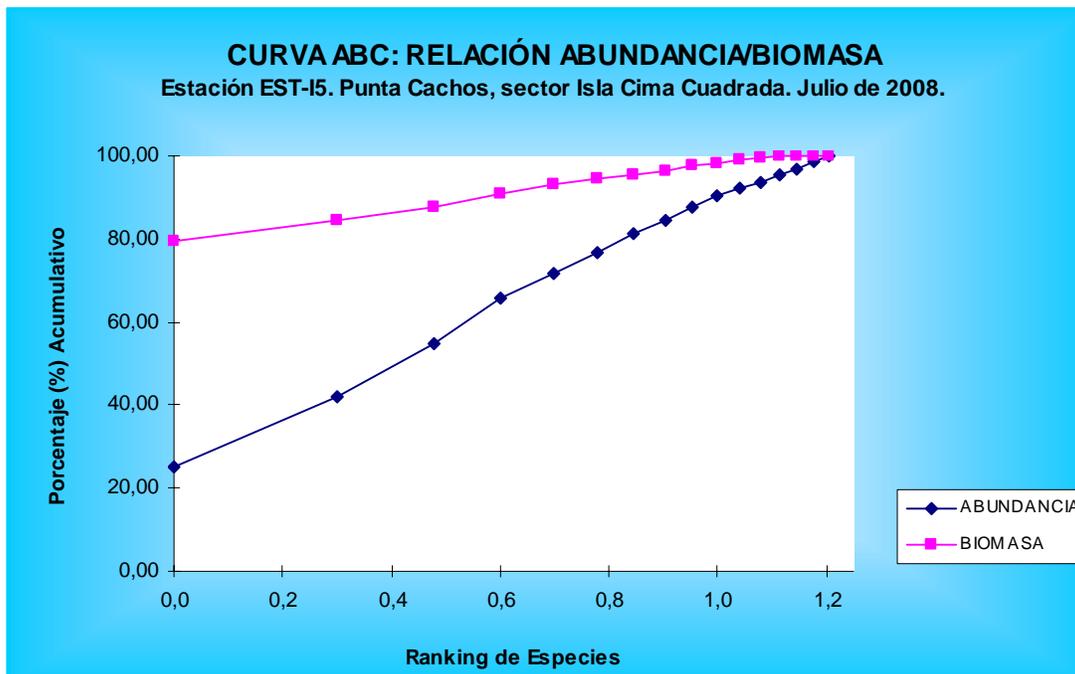
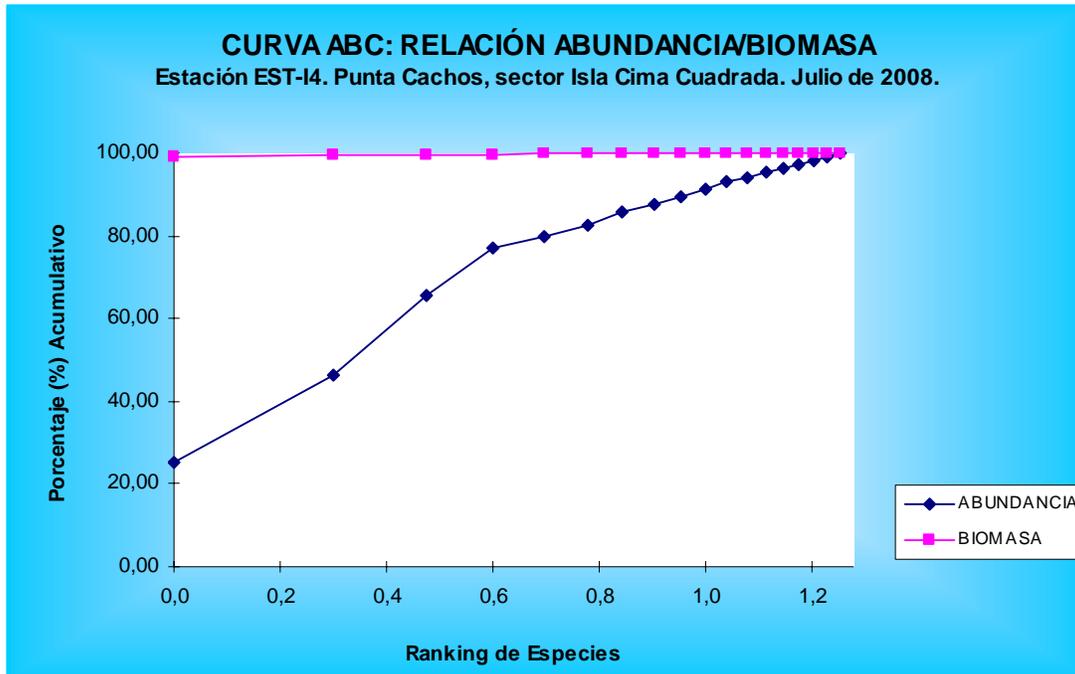


Figura 6.1.2.7. Curvas de relación abundancia/biomasa de las estaciones 4 y 5. Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

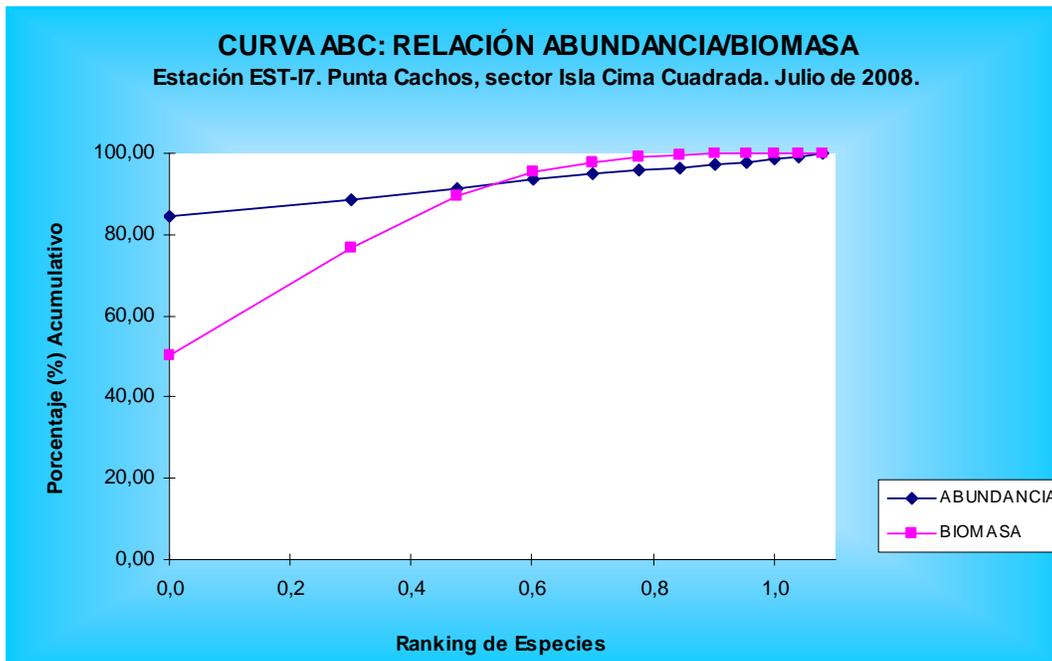
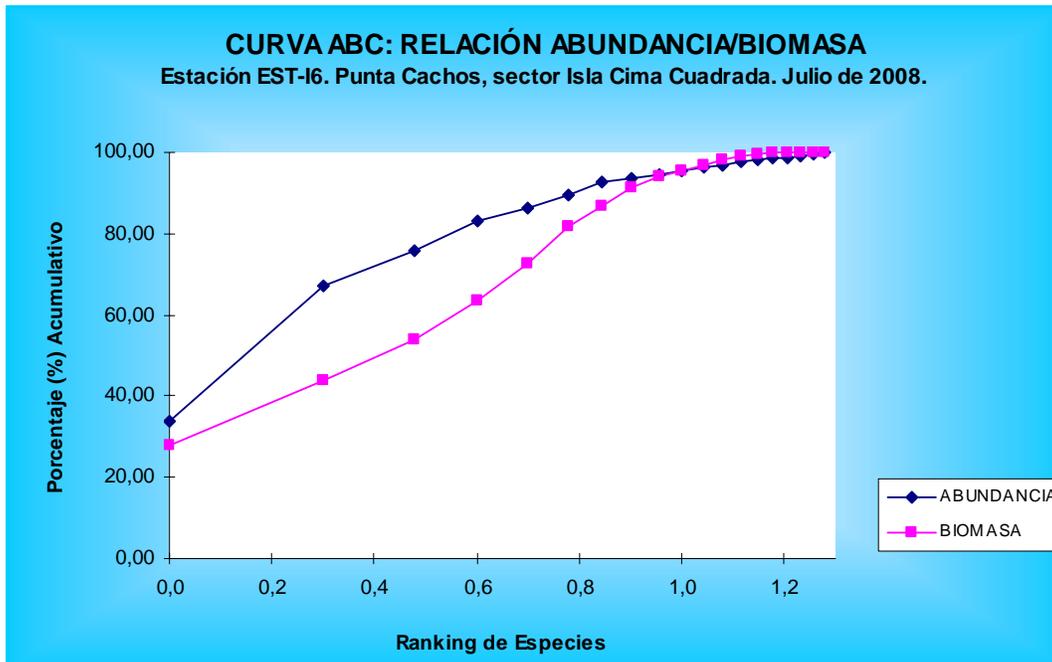


Figura 6.1.2.8. Curvas de relación abundancia/biomasa de las estaciones 6 y 7. Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	145
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Análisis de Clasificación: Dendrogramas**

Esta técnica denominada Análisis de Clasificación Numérica o de Conglomerados permite separar los efectos de los contaminantes (“estresores”) de la variabilidad ambiental natural de las comunidades en estudio, delimitando grupos de muestras biológicamente similares. Esta metodología consiste, en primer lugar, en el cálculo de similitudes o distancias (disimilitudes) entre muestras o estaciones (o bien sobre especies) a partir de los índices apropiados (de similitud o disimilitud, como la distancia Euclidiana), para conformar enseguida una matriz asimétrica de similitudes o distancias. Involucra a continuación pareos sucesivos de las muestras o grupos de muestras similares (o de las más disímiles) hasta que todas las muestras o grupos de muestras están en un grupo mayor. El proceso culmina en una estructura tipo árbol o *dendrograma*.

En este estudio se ha estimado importante agrupar las estaciones de acuerdo a esta técnica, utilizando como atributo la abundancia de las especies en cada estación y como índice de disimilitudes la distancia Euclidiana, ampliamente usado en estudios de fauna macrobentónica de fondos blandos.

El resultado puede observarse en la **Figura 6.1.2.9**. Si se considera un nivel de decisión del 75% de disimilitud para separar grupos (Palma *et al.*, 1982), se podría determinar la presencia de dos grupos: uno conformado por las duplas de estaciones 1 y 3 y las estaciones 5 y 6, y otro por las restantes estaciones. El aislamiento de las estaciones 2 y 7, en particular, respondería básicamente a las altas dominancias de las ya mencionados *Turritella cingulata* y *Rissonia inca*. Sin embargo, el nivel de similitud entre las estaciones, en general, es bajo (nótese que la gráfica comienza en 4 en el eje Y). Esta baja similitud entre las estaciones se relacionaría con las características físico-químicas de los sedimentos.

Lo anterior demuestra que para fijar el grado de polución de las comunidades, es imposible ignorar la textura de los sedimentos, puesto que es posible obtener inferencias erróneas, como lo ha demostrado Maurer & Haydock (1989).

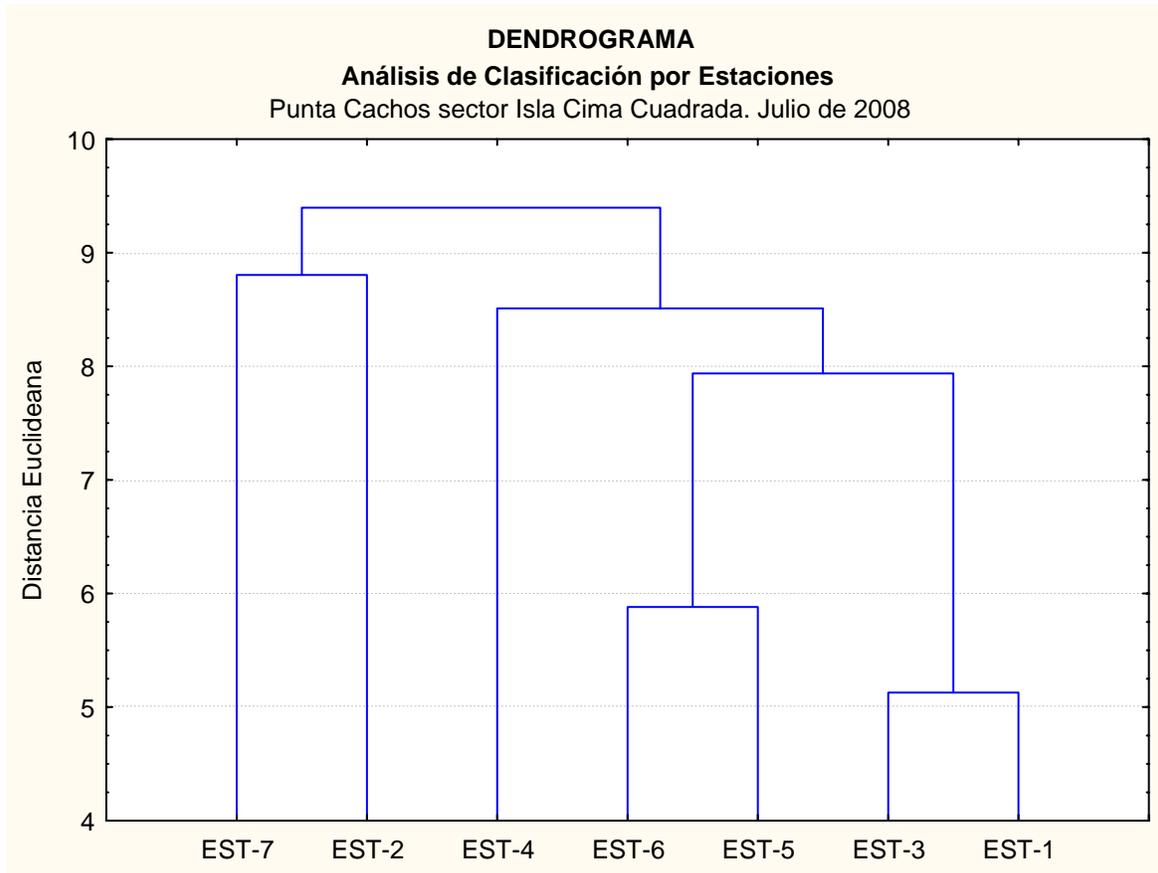


Figura 6.1.2.9. Dendrograma clasificadorio de las estaciones de comunidades bentónicas submareales. Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

- **Escalamiento No-métrico Multidimensional**

Esta metodología de estudio de variables multivariadas pertenece al grupo de los análisis de Ordenación. Esta técnica utiliza sólo los rangos (ordenados) de la información de una matriz de disimilitud (o similitud) calculada de la matriz de datos originales. Básicamente, la ENM intenta ubicar las muestras o especies en un espacio de ordenación de baja dimensión, de modo que las distancias entre los puntos en la ordenación tengan el mismo rango de orden que los puntos de disimilitud en la matriz de disimilitud (o similitud). Dado que el ENM utiliza solamente los rangos, es un método no-paramétrico (no-métrico). Este método fue diseñado

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	147
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

para proporcionar una alternativa al, a menudo, problemático supuesto de la existencia de una respuesta lineal de las especies, utilizadas en las otras técnicas de ordenación como el Análisis de componentes Principales. El ENM supone que la curva respuesta es no lineal y monotónica. De acuerdo a Warwick & Clarke (1993), esta técnica multivariada sería la mejor para estudios de bentos, debido a su gran sensibilidad y generalidad de respuesta.

En la **Figura 6.1.2.10** se observa el resultado de este análisis.

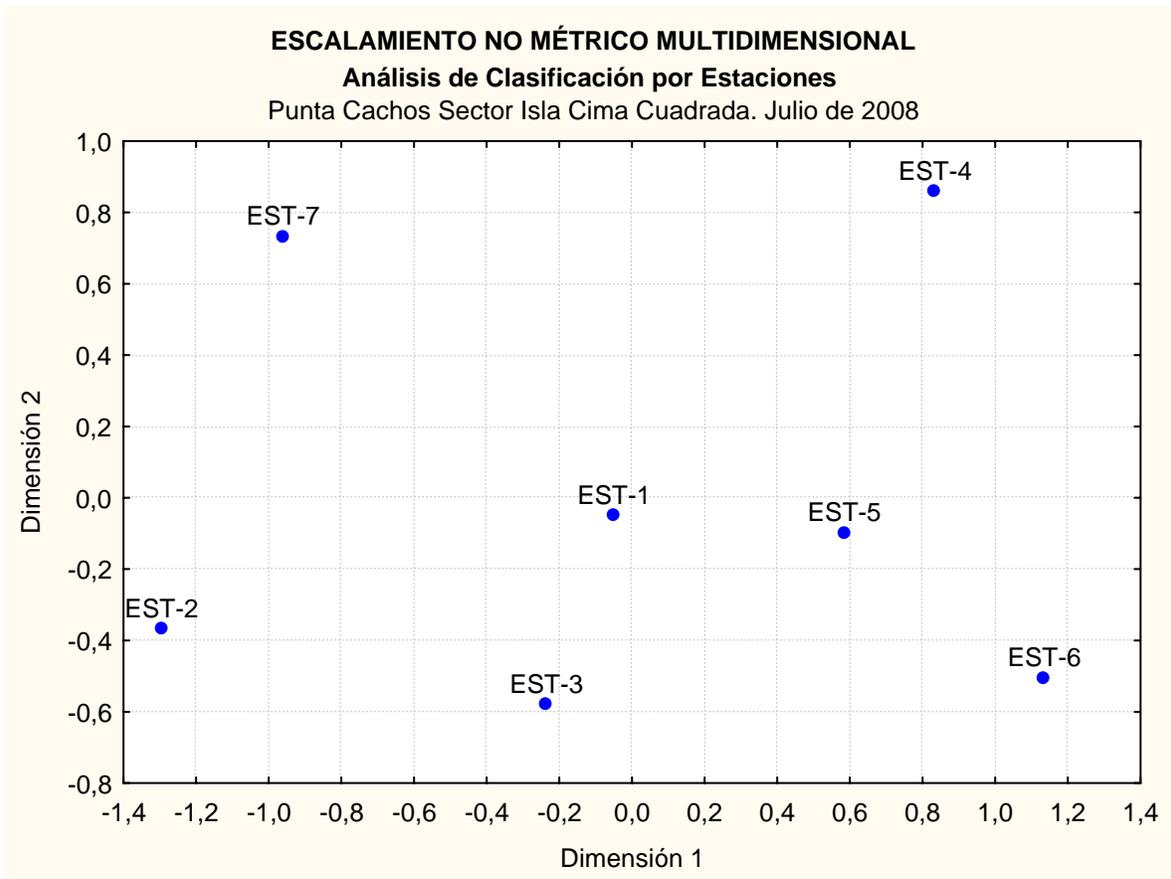


Figura 6.1.2.10. Análisis de Escalamiento No-métrico Multidimensional (ENM) por de las estaciones de comunidades bentónicas submareales. Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	148
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Básicamente el resultado del ENM coincide con lo obtenido con el análisis de clasificación aplicado a las estaciones, en donde cada estación se encuentra más bien posicionada en forma aislada dentro de la campo vectorial del ENM, lo que daría cuenta de la baja similitud entre las comunidades de la estaciones analizas.

- **Especies Indicadoras**

Junto con los análisis anteriores, se realizó un acercamiento de aquellas especies que pueden ser susceptibles a monitoreos. La relativa sensibilidad de las diversas especies a los contaminantes tóxicos (o de otra índole) forma la base del concepto de especie indicadora.

La metodología se basa en la distribución de los individuos entre las diferentes especies de acuerdo con lo propuesto por Gray & Pearson (1982), Pearson *et al.* (1983) y Pearson & Blacktock (1983). De esta manera, el grupo de especies resultantes de abundancias moderadas, comprendido entre las Clases Geométricas V y VI (entre 16 y 63 individuos por metro cuadrado) corresponderían a las especies sensitivas indicadoras de los cambios producidos por la contaminación y son características para cada área en particular.

En la **Tabla 6.1.2.5** se señalan las especies correspondientes a las clases geométricas de abundancia V y VI para las diferentes estaciones de la presente campaña de invierno, sector de I. Cima Cuadrada. Las especies que aquí se señalan serían entonces una aproximación de las formas sensitivas o indicadoras de contaminación, que deben ser consideradas en posteriores evaluaciones.

Cabe mencionar que algunos autores señalan diferencias entre los conceptos de especie indicadora y especie sensitiva. *Especies indicadoras* serían aquellas especies que habitan en aguas costeras enriquecidas orgánicamente, que dominan numéricamente las muestras obtenidas en zonas con alto contenido orgánico y que tienen una relativa susceptibilidad a los diferentes contaminantes de origen orgánico (Reisch, 1972; Pearson & Rosenberg, 1978; Gray, 1979; Gaston & Edds, 1994). En tanto, el concepto de *especie sensitiva* se refiere a aquellas especies que pueden o no encontrarse en el área contaminada, pero

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	149
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

ocurren solamente en bajas densidades en comparación con las densidades normales en el mismo ambiente, previo a la introducción de contaminantes, o en un ambiente ecológicamente comparable. Este último concepto sería más globalizante, puesto que el primero, que es el que habitualmente se utiliza, se encuentra más ligado a la contaminación orgánica. Esto se debe a que los mayores avances en utilización de la macrofauna bentónica como indicadora de contaminación se han vinculado con los emisarios submarinos y su descarga de materia orgánica sin tratar.

Tabla 6.1.2.5

Listado de posibles especies indicadoras de contaminación (Clase Geométrica V y VI) para las estaciones muestreadas en el presente estudio. Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Noviembre de 2007.

(Clase Geométrica V = 16 a 31 ind/m²; Clase Geométrica VI = 32 a 63 ind/m²).

ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3
<i>Cyamiomactra chilensis</i>	<i>Aglaophamus</i> sp. <i>Oliva peruviana</i> Ophelliidae Paraonidae <i>Protothaca thaca</i> <i>Scoloplos</i> sp. Syllidae	<i>Bittium</i> sp. <i>Branchiostoma</i> sp. <i>Cirolana</i> sp. Gammaridea Ostracoda 1
ESTACIÓN 4	ESTACIÓN 5	ESTACIÓN 6
Anthozoa <i>Crenella</i> sp. Cumacea Hirudinea <i>Nainereis chilensis</i> Paraonidae Syllidae	<i>Agathothoma ordinaria</i> <i>Chione peruviana</i> Nematoda Sigalionidae <i>Tegula luctuosa</i> <i>Tricolia umbilicata</i>	<i>Agathothoma ordinaria</i> Capitellidae <i>Nassarius gayi</i> Ostracoda 1 <i>Pinnixa</i> sp. <i>Polinices uber</i>
ESTACIÓN 7		
<i>Aglaophamus</i> sp. Amphinomidae <i>Bittium</i> sp. Nemertea <i>Nephtys</i> sp. <i>Oliva peruviana</i> Pisionidae		

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	150
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.1.3 Conclusiones del Estudio de Comunidades Macrobentónicas Submareales

Los resultados antes expuestos permiten desprender que *las comunidades macrobentónicas submareales de los sedimentos de las estaciones ubicadas en forma adyacente a las futuras instalaciones del proyecto en Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada, presentan una condición diversa, que fluctúa entre un buen estado y moderadamente alteradas en esta campaña de invierno.* El análisis de los diversos índices ecológicos junto con el análisis de las curvas ABC, permite desprender que la alta dominancia de la abundancia de algunas especies, genera diferentes efectos en la estructura comunitaria, lo que se puede observar con gran claridad en las estaciones 2 y 7, donde se observó una gran dominancia del gasterópodo *Turritella cingulata* (estación 2) y de *Rissoina inca* (estación 7), lo que disminuyó considerablemente los índices de Uniformidad J' y Diversidad H'.

Asimismo, pese a que las estaciones se encuentran relativamente cercanas unas de otras, la distribución tipo “parches” que presentan las comunidades bentónicas submareales afecta los índices ecológicos, disminuyendo así la diversidad y la uniformidad específica. A su vez, los análisis clasificatorios y de ordenación de las estaciones indican una baja similitud entre las estaciones, sin mostrar un patrón claro relacionado, por ejemplo, con la cercanía a la costa o la profundidad de las estaciones. Esto sería un reflejo de las condiciones físico-químicas propias de cada una de las estaciones analizadas.

Respecto de otros estudios realizados en las costas de Chile, los resultados obtenidos indican una riqueza de especies dentro de lo registrado en otras áreas del país, pero con una estructura porcentual diferente, en el que destaca el alto porcentaje de moluscos y bajo de crustáceos.

En tanto, los resultados antes expuestos permiten concluir que *las comunidades macrobentónicas submareales de los sedimentos de las estaciones ubicadas en Punta Cachos, sector Ensenada San Pedro, también presentan una condición diversa, que fluctúa entre un buen estado y moderadamente alteradas en esta campaña de invierno.* El análisis

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	151
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

de los diversos índices ecológicos junto con el análisis de las curvas ABC, muestran la buena a moderadamente alterada condición de las comunidades de este sector. Sólo en algunos casos, la alta dominancia de algunas especies produce algunas disminuciones en los índices ecológicos esperados. Es el caso de la estación 3, donde la dominancia ejercida por los taxa *T. cingulata* y Amphinomidae, con cerca del 76% de la abundancia total, produce una disminución en los índices ecológicos de diversidad y uniformidad.

En tanto, los análisis clasificatorios y de ordenación de las estaciones indican más bien una escasa similitud entre las estaciones, sin mostrar un patrón claro relacionado, por ejemplo, con la cercanía a la costa o la profundidad de las estaciones, lo que da cuenta de la particularidad de las estructura comunitaria de cada una de las estaciones analizadas..

Respecto de otros estudios realizados en las costas de Chile, los resultados indican para E. San Pedro, campaña de invierno, una riqueza de especies comparativamente alta, con una estructura porcentual en el que destaca el alto porcentaje de poliquetos, lo que se relacionaría con el alto contenido de materia orgánica de los sedimentos.

6.1.4 Bibliografía del Estudio de Comunidades Macrobentónicas Submareales

Alimentos Pacific Star S.A. 2000. Caracterización de Riles y Monitoreo Ambiental Marítimo, Canal Chiguao, Quellón, X Región.

Anderlini, V.C. & R.G. Wear. 1992. The effect of sewage and natural seasonal disturbances on benthic macrofaunal communities in Fitzroy Bay, Wellington, New Zealand. *Marine Pollution Bulletin*, 24: 21-26.

Beukema, J.J. 1988. An evaluation of the ABC-method (abundance / biomass comparison) as applied to macrozoobenthic communities living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Marine Biology*, 99: 425-433.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	152
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Burd, B.J.; Nemeč, A. & R.O. Brinkhurst. 1990. The development and application of analytical methods in benthic marine infaunal studies. *Adv. Mar. Biol.*, 26: 162-247.

Carrasco, F.D. & V. Gallardo. 1989. La contaminación marina y el valor de la macroinfauna bentónica en su evaluación y vigilancia: casos de estudio en el litoral de Concepción, Chile. *Biología Pesquera*, 18: 15-27.

Carrasco, F.; Carbajal, W. & M. Palma. 1996. El macrobentos del sublitoral de bahía San Vicente, Chile: dominancia ecológica y diversidad específica en un gradiente de enriquecimiento orgánico. *Gayana Oceanológica*, 4(2): 195-211.

Cassie, R.M. & A.D. Michael. 1968. Fauna and sediment of an intertidal mudflat: a multivariate analysis. *Journal of experimental marine biology and ecology* 2: 1-23.

EcoTecnos Ltda. 2003. Estudio de Línea Base Marina de los Terminales Marítimos de Copec S.A., Copec Mobil, Shell Chile y Esso Chile en el Sector Las Salinas de Viña del Mar. Informe Técnico INF-PETROL/092003. 129 pp.

Elliot, J. M. 1977. Some Methods for the Statistical Analysis of Samples of Benthic Invertebrates. FBA Scientific Publication N° 25. 2nd Edition. 155 pp.

Gallardo, V. 1963. Notas sobre densidad de la fauna bentónica en el sublitoral del norte de Chile. *Gayana Zoología* 10: 1-15.

Gaston, G. & K. Edds. 1994. Long-term study of benthic communities on the continental shelf off Cameron, Louisiana: A review of Brine Effects and hipoxya. *Gulf Research Report*, 9(1): 57-64.

 EcoTECNOS	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	153
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- Gerlach, S.A.** 1972. Die Produktionleistung des Benthos in der Helgoländer Bucht. Verhandlungsbericht der Deutschen Zoologischen Gesellschaft, 65: 1 – 13.
- Gray, J.S.** 1979. The development of a monitoring programme for Norway's coastal marine fauna. *Ambio* 8: 176-179.
- Gray, J.S.** 1981. The ecology of marine sediments. An introduction to the structure and function of benthic communities. Cambridge University Press. 185 p.
- Gray, J.S. & F.B. Mirza.** 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. *Mar. Poll. Bull.* 10: 142-146.
- Gray, J.S. & T.H. Pearson.** 1982. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. *Marine Ecology Progress Series*: 111-119.
- Hendey, N.I.** 1977. The species diversity index of some inshore diatom communities and its use in assessing the degree of pollution insult on parts of the North Coast of Cornwall. *Nova Hedwigia Beih.* 54: 355-358.
- Legendre, L. & P. Legendre.** 1979. *Ecologie numérique, Volume 2: la structure des données écologiques.* Masson, Paris et Press de l'Université du Québec, 254 p.
- Lie, U.** 1969. Standing crop of benthic infauna in puget sound and off the coast of Washington. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 26: 55-62.
- Lobo, E. & H. Kobayasi.** 1990. Shannon's diversity index to some freshwater diatom assemblages in the Sakawa River System (Kanagawa Pref., Japan) and its use as indicator of water quality. *Jpn. J. Phycol. (Sôuri)*, 38: 229-243.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	154
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- Loyd, M.; J. Zar & J. Karr.** 1968. On the calculation of information-theoretical measures of diversity. *The Am. Midl. Nat.*, 79(2): 257-272.
- Maurer, D. & I. Haydock.** 1989. Coefficient of Pollution: Palos Verde California Shelf 1973 – 1984. *Mar. Poll. Bull.*, 20(5): 219-222.
- McArthur, R.H.** 1969. Patterns of communities in the tropics. *Biol. J. Linn. Soc.*, 1: 19-30.
- Margalef, R.** 1968. *Perspective en ecological theory*. Chicago, University of Chicago Press. 111 p. (Chicago Series in Biology).
- Palma, W., F. Carrasco, O. Aracena & I. Perez.** 1982. Macroinfauna de playa arenosas de la Bahía Concepción, Chile. *Ciec. Y Tec. del Mar, CONA* 6: 101-115.
- Pearson, T. & J. Blacktock.** 1983. Selection on indicator species: a coordinated ecological and biochemical approach to the assesment of pollution. *Oceanology Acta* 6: 147-151.
- Pearson, T., Gray, J.S. & P.J. Johannsen.** 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution – induced change in benthic communities 2. Data analysis. *Marine Ecology Progress Series*: 12: 234-255.
- Pearson, T.H. & R. Rosemberg.** 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*. 16: 229-311.
- Pielou, E.C.** 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal Theoretical Biology*, 13: 131-144.
- Reisch, D.J.** 1972. The use of marine vertebrate as indicators of varying degrees of marine pollution. *Marine pollution an sea life*. Ed. Fishing new (Book) Ltda. England, 203-207.

 EcoTECNOS	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	155
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Shannon, C. & W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana. 117 p.

Silob Chile. 2002. Declaración de Impacto Ambiental para el Proyecto Crianza y Engorde de Salmones, Isla Taucolón, Chiloé, Xª Región. Elaborado para el Sr. Claudio Pérez G.

Striplin, B.; G. Braun & G. Bilyard. 1992. Marine Benthic Community Structure Assessment. In: Sediment Classification Methods Compendium. Chapter 9. EPA 823-R-92-006.

Tie, Y & Lu Haijing. 1993. Benthic Fauna an Marine Pollution Monitoring: A Review of Ecological Monitoring Methods. Collected Oceanic Works, 16 (2): 65-74.

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

Warwick, R.M. & K.R. Clarke. 1993. A comparison of some methods for analyzing changes in benthic community structure. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 71(1): 225-244.

Zuñiga, O.; Baeza, H. & R. Castro. 1983. Análisis de la macrofauna bentónica del sublitoral de la bahía de Mejillones del Sur. Estudios Oceanológicos, 3(1):41-62.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	156
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.2 ESTUDIO DE COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS INTERMAREALES

6.2.1 Metodología de Estudio de Comunidades Macrobentónicas Intermareales

El día 30 de julio de 2008 se efectuó el muestreo de las comunidades macrobentónicas de fondos duros intermareales del área de estudio, campaña de invierno, emplazada en el sector suroeste de Punta Cachos, frente a **Isla Cima Cuadrada**. Para este fin se trazaron 6 transectas perpendiculares a la línea de costa, localizadas desde los 27°41'08,9" S; 71°02'22,7" W hasta los 27°41'37,4" S; 71°02'32,2" W (**Fotografías 6.2.1.1 a) a f)**). Las transectas se denominaron como T-1 a T-6.

En cada transecta se efectuó un recorrido, identificando en detalle las especies de flora y fauna macrobentónicas visibles, haciendo uso de una grilla o cuadrante de 50x50 cm (**Fotografía 6.2.1.2**).

En cada transecta se considerarán 10 puntos o estaciones de muestreo equidistantes entre sí. En cada punto donde se colocó la grilla, se contabilizaron las especies presentes en la intersección de la grilla, identificando las especies presentes. Para el registro de ellas, se utilizaron



Fotografía 6.2.1.2. Detalle de la grilla utilizada en el estudio de comunidades intermareales rocosas.

tablas de acrílico y, en caso que sea necesario, se fotografiaron las especies y/o se obtuvieron ejemplares para su identificación en las instalaciones de EcoTecnos en Viña del Mar. En el caso de extraer muestras de ejemplares, todo el material biológico fue fijado en una solución de formalina diluida en agua de mar al 4%. Con los datos obtenidos se calculó la *cobertura* promedio de cada especie expresada en porcentaje.



Fotografía 6.2.1.1. Detalle de las transectas intermareales del sector de I. Cima Cuadrada. a) T-1, b) T-2, c) T-3, d) T-4, e) T-5, f) T-6.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	158
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

El análisis faunístico se realizó considerando toda la fauna y flora identificada. Sobre esta base, se calcularon los índices que de acuerdo a Pielou (1966), Gray (1981) y Lie (1969), describen mejor las características estructurales de una comunidad y que son los recomendados por la Autoridad Marítima: *Diversidad Específica* (H' de Shannon-Weaver, 1963, modificado por Lloyd *et al.*, 1968), *Uniformidad Específica* (J de Pielou, 1966) y *Riqueza Específica* (S de Margalef, 1968).

En tanto, el día 31 de julio de 2008 se efectuó el muestreo de las comunidades macrobentónicas de fondos duros intermareales del área emplazada en el sector noreste de Punta Cachos, al noroeste de Caleta Chascos en la **Ensenada San Pedro**, desde los 27°40'0,55' S; 71°01'19,09' W hasta los 27°39'41,47' S; 71°01'42,97' W (**Fotografía 6.2.1.3 a) a f)**). Las transectas se denominaron como T-1 a T-6.

Tanto la metodología utilizada en el levantamiento de las comunidades bentónicas intermareales, como los parámetros y análisis de éstos utilizados en el caso de I. Cima Cuadrada, fueron replicados en el caso del sector de E. San Pedro.



Fotografía 6.2.1.3. Detalle de las transectas intermareales del sector de E. San Pedro.

a) T-1, b) T-2, c) T-3, d) T-4, e) T-5, f) T-6.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	160
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.2.2 Resultados del Estudio de Comunidades Macrobentónicas Intermareales

➤ **SECTOR ISLA CIMA CUADRADA**

- **Características Físicas del Intermareal de Fondo Duro (Rocoso)**

Como se observa en la **Fotografía 6.2.2.1**, al igual que lo observado en la campaña de verano, en esta de invierno la zona del intermareal rocoso de I. Cima Cuadrada sólo queda totalmente al descubierto en fase de marea vaciante (marea baja). Ésta está constituida por una serie de promontorios rocosos y cantos rodados. Esta zona de rocas se encuentra a lo largo de toda el área de las futuras instalaciones de la Central Termoeléctrica. De acuerdo a McArdle & MaLachlan (1992), esta zona rocosa se clasificaría desde el punto de vista morfodinámico como *intermedia*, es decir, playa de característica intermedia entre disipativa y reflectiva.



Fotografía 6.2.2.1. Vista general del intermareal rocoso.

- **Características Biológicas del Intermareal de Fondo Duro (Rocoso)**

Los resultados del análisis de estas comunidades se entregan considerando el total de especies y sus coberturas halladas en cada transecta, así como su zonación clásica (zona expuesta, media y alta). Debe recordarse que esta área intermareal no está constituida por un cordón rocoso, sino por una serie de rocas y promontorios que han sido colonizados por macroorganismos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	161
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En la **Tabla 6.2.2.1** se muestran los resultados obtenidos del análisis biológico de las transectas intermareales de fondo duro estudiadas en I. Cima Cuadrada, campaña de invierno. En ésta se observa que se pudo identificar un total de **13 especies**, siendo el grupo predominante el de los moluscos, con 5 representantes (38% del total de especies), seguido por la algas con un 31% del total de especies (4 taxa). En la **Figura 6.2.2.1** se observa la distribución porcentual de los grupos hallados en el intermareal.

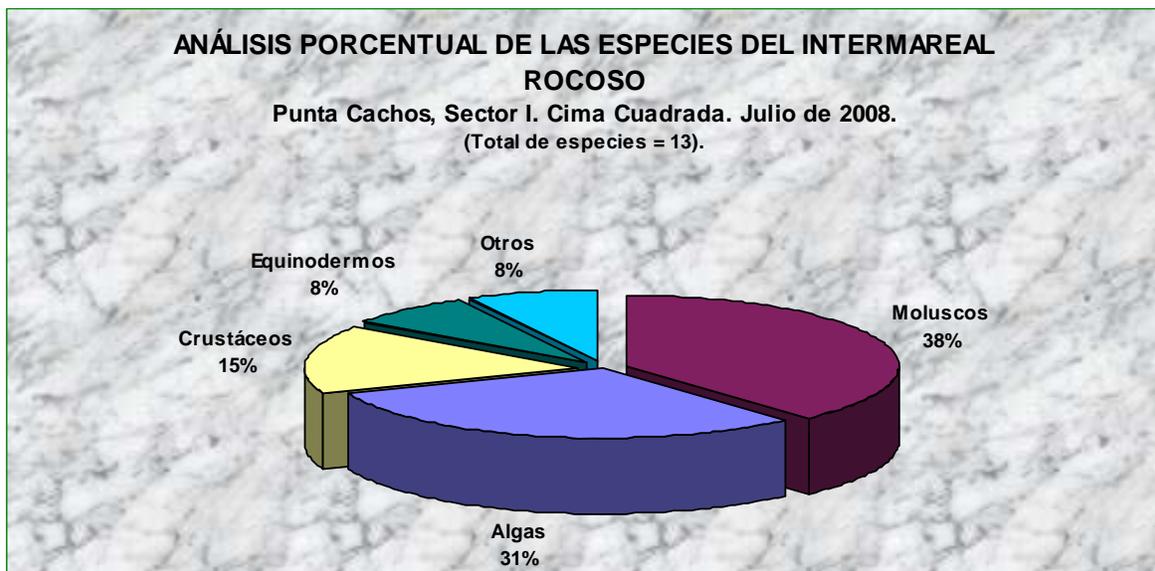


Figura 6.2.2.1. Porcentajes aportados por los diferentes grupos de especies hallados en el área de estudio. I. Cima Cuadrada, julio de 2008.

En tanto, en la **Tabla 6.2.2.1** se observa que en prácticamente todas las transectas estudiadas las algas Phaeophyta *Lessonia nigrescens* (“chascón”) y *Mazaella laminarioides* (“luga”), son las que presentan las mayores coberturas, seguidas el alga Chlorophyta *Ulva lactuca* y el molusco Gasteropodo *Nodilittorina peruviana*. Respecto al alga *M. laminarioides* (ex *Iridaea laminarioides*), no sólo tiene importancia ecológica en el área, sino también económica, puesto que ocupa el segundo lugar entre las alga rojas de Chile productoras de carregenano y en el área de estudio es explotada por los

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	162
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

pescadores locales. Esta especie se localizó tanto en pozas como en los roqueríos expuestos y semiexpuestos de la zona media de mareas, donde llega a cubrir extensas superficies. En cuanto a *N. peruviana*, este es un molusco típico de la zona intermareal superior del área de estudio y su distribución y presencia en la zona analizada coincide con lo expuesto por Lancellotti & Vázquez (2000). *Ulva lactuca*, a veces coexistiendo con *Ulva lobata*, crece en los sectores más protegidos sobre las rocas, tanto en la franja intermareal propiamente tal, como en la submareal.

Las restantes especies que se describen en el área han sido citadas por otros autores. No obstante, dada las características físicas ya descritas del área estudiada, tanto las especies presentes como la zonación, en esta campaña de invierno, no coinciden en su totalidad por lo expuesto por otros autores, como Westermeier & Rivera (1978), Westermeier (1981), Guiler (1959), entre otros. Sin embargo, la totalidad de las especies aquí halladas han sido nombradas por estos autores, siendo más bien la falta de algunas especies lo que llama la atención del área analizada. Más bien, el sector, con sus roqueríos disgregados y su ciclo mareal característico, forma un hábitat ideal para la proliferación en gran número de *M. laminarioides*, razón por la cual es explotada localmente.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	163
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.1

Especies del intermareal de fondo duro presentes en el área de estudio. Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

TRANSECTA 1			
Intermareal Superior			
		COBERTURA	H'
		(%)	
Roca desnuda		100,00	
	TOTAL	100,00	
	H'		0,000
	J'		0,000
	S		0

TRANSECTA 1			
Intermareal Medio			
		COBERTURA	H'
		(%)	
<i>Ulva lactuca</i>		10,00	0,5220
<i>Mazaella laminarioides</i>		20,00	0,4379
<i>Nodilittorina peruviana</i>		1,00	0,1529
<i>Leptograpsus variegatus</i>		2,00	0,2451
	TOTAL	33,00	
Roca desnuda		67,00	
	H'		1,358
	J'		0,679
	S		4

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	164
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 1		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Lessonia nigrescens</i>	70,00	0,0000
TOTAL	70,00	
Roca desnuda	30,00	
	H'	0,000
	J'	0,000
	S	1

TRANSECTA 1		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Leptograpsus variegatus</i>	0,67	0,1078
<i>Lessonia nigrescens</i>	23,33	0,3971
<i>Nodilittorina peruviana</i>	0,33	0,0633
<i>Mazaella laminarioides</i>	7,78	0,4802
<i>Ulva lactuca</i>	3,33	0,3208
TOTAL	35,44	
Roca desnuda	64,56	
	H'	1,369 (0,332)
	J'	0,590 (0,210)
	S	5

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	165
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 2		
Intermareal Superior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
Roca desnuda	100,00	
TOTAL	100,00	
	H'	0,000
	J'	0,000
	S	0

TRANSECTA 2		
Intermareal Medio		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Nodilittorina peruviana</i>	10,00	0,4309
<i>Ulva lactuca</i>	30,00	0,5000
<i>Mazaella laminarioides</i>	15,00	0,5000
<i>Leptograpsus variegatus</i>	5,00	0,2988
Total	60,00	
Roca desnuda	40,00	
	H'	1,730
	J'	0,865
	S	4

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	166
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 2		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Mesophyllum</i> sp.	20,00	0,4912
<i>Heliaster heliantus</i>	5,00	0,2405
<i>Lessonia nigrescens</i>	60,00	0,3547
TOTAL	85,00	
Roca desnuda	15,00	
	H'	1,086
	J'	0,685
	S	3

TRANSECTA 2		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Leptograpsus variegatus</i>	1,67	0,1675
<i>Heliaster heliantus</i>	1,67	0,1675
<i>Lessonia nigrescens</i>	20,00	0,5268
<i>Mesophyllum</i> sp.	6,67	0,3942
<i>Nodilittorina peruviana</i>	3,33	0,2661
<i>Ulva lactuca</i>	10,00	0,4703
<i>Mazaella laminarioides</i>	5	0,3386
TOTAL	48,33	
Roca desnuda	51,67	
	H'	1,993 (0,671)
	J'	0,710 (0,446)
	S	7

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	167
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 3			
Intermareal Superior			
		COBERTURA	H'
		(%)	
Roca desnuda		100,00	
	TOTAL	100,00	
	H'		0,000
	J'		0,000
	S		0

TRANSECTA 3			
Intermareal Medio			
		COBERTURA	H'
		(%)	
<i>Ulva lactuca</i>		20,00	0,5288
<i>Leptograpsus variegatus</i>		2,00	0,1858
<i>Mazaella laminarioides</i>		25,00	0,5000
<i>Scurria scurra</i>		1,00	0,1129
<i>Nodilittorina peruviana</i>		2,00	0,1858
	TOTAL	50,00	
Roca desnuda		50,00	
	H'		1,513
	J'		0,652
	S		5

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	168
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 3		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Heliaster heliantus</i>	2,00	0,120
<i>Lessonia nigrescens</i>	30,00	0,527
<i>Mazaella laminarioides</i>	10,00	0,348
<i>Mesophyllum</i> sp	50,00	0,478
TOTAL	92,00	1,474
Roca desnuda	8,00	
	H'	1,474
	J'	0,737
	S	4

TRANSECTA 3		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Heliaster heliantus</i>	0,67	0,087
<i>Leptograpsus variegatus</i>	0,67	0,087
<i>Lessonia nigrescens</i>	10,00	0,474
<i>Mesophyllum</i> sp	16,67	0,530
<i>Nodilittorina peruviana</i>	0,67	0,087
<i>Scurria scurra</i>	0,33	0,050
<i>Ulva lactuca</i>	6,67	0,398
<i>Mazaella laminarioides</i>	11,67	0,498
TOTAL	47,33	
Roca desnuda	52,67	
	H'	2,211 (0,563)
	J'	0,737 (0,399)
	S	8

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	169
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 4		
Intermareal Superior		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Nodilittorina peruviana</i>	5,00	0,000
TOTAL	5,00	
Roca desnuda	95,00	
	H'	0,000
	J'	0,000
	S	1

TRANSECTA 4		
Intermareal Medio		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Phymanthea pluvia</i>	20,00	0,493
<i>Ulva lactuca</i>	50,00	0,446
<i>Nodilittorina peruviana</i>	10,00	0,366
<i>Leptograpsus variegatus</i>	2,00	0,128
<i>Heliaster heliantus</i>	2,00	0,128
TOTAL	84,00	
Roca desnuda	16,00	
	H'	1,561
	J'	0,672
	S	5

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	170
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 4		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Lessonia nigrescens</i>	80,00	0,000
TOTAL	80,00	
Roca desnuda	20,00	
	H'	0,000
	J'	0,000
	S	1

TRANSECTA 4		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Heliaster heliantus</i>	0,667	0,0775
<i>Leptograpsus variegatus</i>	0,667	0,0852
<i>Lessonia nigrescens</i>	26,67	0,4734
<i>Nodilittorina peruviana</i>	3,33	0,2661
<i>Phymanthea pluvia</i>	6,67	0,3942
<i>Ulva lactuca</i>	16,67	0,5297
TOTAL	54,67	
Roca desnuda	45,33	
	H'	1,832 (0,901)
	J'	0,709 (0,388)
	S	6

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	171
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 5		
Intermareal Superior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Nodilittorina peruviana</i>	2,00	0,0000
TOTAL	2,00	
Roca desnuda	98,00	
	H'	0,000
	J'	0,000
	S	1

TRANSECTA 5		
Intermareal Medio		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Leptograpsus variegatus</i>	2,00	0,203
<i>Nodilittorina peruviana</i>	2,00	0,203
<i>Mazaella laminarioides</i>	20,00	0,517
<i>Ulva lactuca</i>	10,00	0,486
<i>Mesophyllum sp.</i>	10,00	0,486
TOTAL	44,00	
Roca desnuda	56,00	
	H'	1,894
	J'	0,816
	S	5

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	172
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 5		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Lessonia nigrescens</i>	30,00	0,500
<i>Mesophyllum</i> sp	30,00	0,500
TOTAL	60,00	
Roca desnuda	100,00	
	H'	1,000
	J'	1,000
	S	2

TRANSECTA 5		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Leptograpsus variegatus</i>	0,67	0,108
<i>Lessonia nigrescens</i>	10,00	0,515
<i>Mesophyllum</i> sp	13,33	0,531
<i>Nodilittorina peruviana</i>	1,33	0,178
<i>Mazaella laminarioides</i>	6,67	0,454
<i>Ulva lactuca</i>	3,33	0,321
TOTAL	35,33	
Roca desnuda	64,67	
	H'	2,108 (0,831)
	J'	0,815 (0,534)
	S	6

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	173
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 6		
Intermareal Superior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Nodilittorina peruviana</i>	2,00	0,000
TOTAL	2,00	
Roca desnuda	98,00	
	H'	0,000
	J'	0,000
	S	1

TRANSECTA 6		
Intermareal Medio		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Scurria scurra</i>	3,00	0,179
<i>Collisella orbigny</i>	18,00	0,486
<i>Jehlius cirratus</i>	20,00	0,502
<i>Mazaella laminarioides</i>	5,00	0,252
<i>Caliptraea trochiformis</i>	3,00	0,179
<i>Ulva lactuca</i>	30,00	0,531
TOTAL	79,00	
Roca desnuda	21,00	
	H'	2,129
	J'	0,824
	S	6

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	174
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 6		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Lessonia nigrescens</i>	80,00	0,163
<i>Mesophyllum sp</i>	10,00	0,350
<i>Fissurela maxima</i>	1,00	0,072
TOTAL	91,00	
Roca desnuda	9,00	
	H'	0,585
	J'	0,369
	S	3

TRANSECTA 6		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Caliptraea trochiformis</i>	1,00	0,102
<i>Jehlius cirratus</i>	6,67	0,361
<i>Collisella orbigny</i>	6,00	0,341
<i>Fissurela maxima</i>	0,33	0,043
<i>Lessonia nigrescens</i>	26,67	0,514
<i>Mesophyllum sp.</i>	3,33	0,239
<i>Nodilittorina peruviana</i>	0,67	0,075
<i>Mazaella laminarioides</i>	1,67	0,148
<i>Scurria scurra</i>	1,00	0,102
<i>Ulva lactuca</i>	10,00	0,439
TOTAL	57,33	
Roca desnuda	42,67	
	H'	2,364 (0,978)
	J'	0,711 (0,412)
	S	10

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	175
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

➤ **SECTOR ENSENADA SAN PEDRO**

• **Características Físicas del Intermareal de Fondo Duro (Rocoso)**

Como se observa en la **Fotografía 6.2.2.2**, la zona del intermareal rocoso del sector de E. San Pedro, campaña de invierno, también queda totalmente al descubierto sólo en fase de marea vaciante (marea baja). Ésta está constituida principalmente por una serie de promontorios rocosos. Esta zona de rocas se encuentra a lo largo de toda el área del que sería el muelle de la Central Termoeléctrica. De acuerdo a McArdle & MaLachlan (1992), esta zona rocosa se clasificaría desde el punto de vista morfodinámico como *intermedia*, es decir, playa de característica intermedia entre disipativa y reflectiva.



Fotografía 6.2.2.2. Vista general del intermareal rocoso de E. San Pedro.

• **Características Biológicas del Intermareal de Fondo Duro (Rocoso)**

Para el caso de E. San Pedro, también debe consignarse que esta área intermareal no está constituida por un cordón rocoso, sino por una serie de rocas y promontorios que han sido colonizados por macroorganismos.

En la **Tabla 6.2.2.2** se muestran los resultados obtenidos del análisis biológico de las transectas intermareales de fondo duro estudiadas en E. San Pedro, campaña de invierno. En ésta se observa que se pudo identificar un total de **14 especies**, siendo el grupo predominante el de las algas, con un 37% del total de especies (5 taxa), seguido por los moluscos, con 3 representantes (21% del total de especies). En la **Figura 6.2.2.2** se observa la distribución porcentual de los grupos hallados en el intermareal.

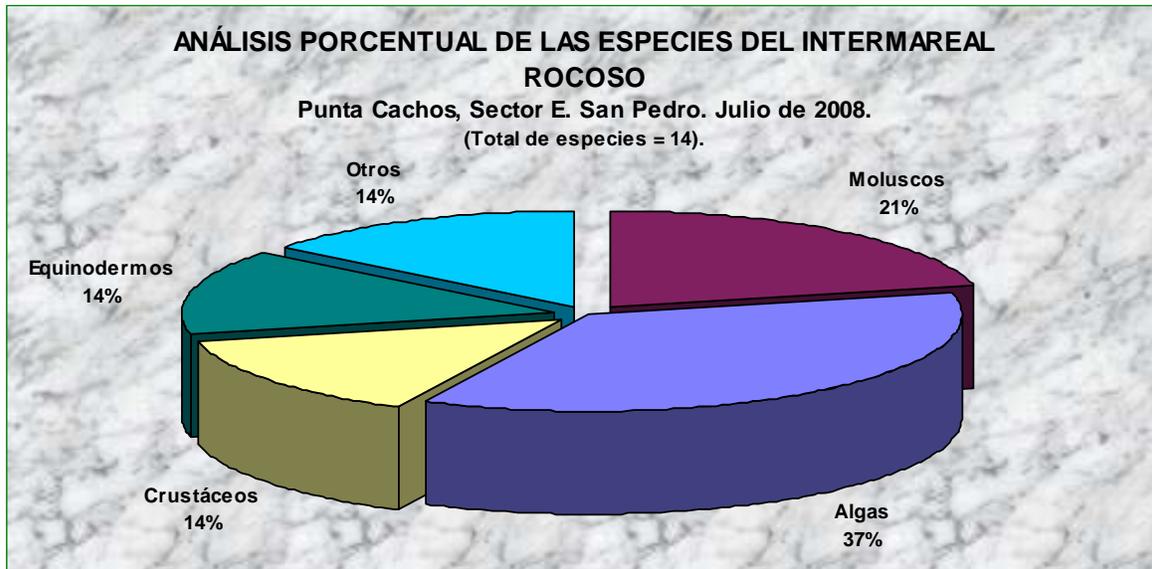


Figura 6.2.2.2. Porcentajes aportados por los diferentes grupos de especies hallados en el área de estudio. E. San Pedro, julio de 2008.

En la **Tabla 6.2.2.2** se observa que en prácticamente todas las transectas estudiadas el alga Phaeophyta *Mazaella laminarioides* ("luga"), es la que presenta las mayores coberturas, seguidas por el alga Chlorophyta *Ulva lactuca*. Respecto al alga *M. laminarioides* (ex *Iridaea laminarioides*), ya ha sido mencionada que esta tiene tanto importancia ecológica como económica, puesto que ocupa el segundo lugar entre las alga rojas de Chile productoras de carragenano y en el área de estudio es explotada por los pescadores locales. Esta especie se localizó tanto en pozas como en los roqueríos expuestos y semiexpuestos de la zona media de mareas, donde llega a cubrir extensas superficies. *Ulva lactuca* (a veces coexistiendo con *Ulva lobata*), crece en los sectores más protegidos sobre las rocas, tanto en la franja intermareal propiamente tal, como en la submareal.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	177
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Las restantes especies que se describen en el área han sido citadas por otros autores. No obstante, dada las características físicas ya descritas del área estudiada, tanto las especies presentes como la zonación no coinciden en su totalidad por lo expuesto por otros autores, como Westermeier & Rivera (1978), Westermeier (1981), Guiler (1959), entre otros. Sin embargo, la totalidad de las especies aquí halladas han sido nombradas por estos autores, siendo más bien la falta de algunas especies lo que llama la atención del área analizada. Más bien, el sector, con sus roqueríos disgregados y su ciclo mareal característico, también forma un hábitat ideal para la proliferación en gran número de *M. laminarioides*, al igual que en I. Cima Cuadrada, razón por la cual es explotada localmente.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	178
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.2

Especies del intermareal de fondo duro presentes en el área de estudio. Punta Cachos, sector Ensenada San Pedro. Julio de 2008.

TRANSECTA 1		
Intermareal Superior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Nodilittorina peruviana</i>	10,00	0,5000
<i>Ulva lactuca</i>	5,00	0,5000
<i>Mesophyllum</i> sp.	5,00	0,5000
TOTAL	20,00	
Roca desnuda	80,00	
	H'	1,500
	J'	0,946
	S	3

TRANSECTA 1		
Intermareal Medio		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Anemonia alicemartinae</i>	10,00	0,4823
<i>Ulva lactuca</i>	10,00	0,4823
<i>Mazaella laminarioides</i>	20,00	0,5200
<i>Nodilittorina peruviana</i>	5,00	0,3522
TOTAL	45,00	
Roca desnuda	55,00	
	H'	1,837
	J'	0,918
	S	4

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	179
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.2 (continuación).

TRANSECTA 1		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Heliaster heliantus</i>	5,00	0,4011
<i>Mazaella laminarioides</i>	20,00	0,4614
<i>Lessonia nigrescens</i>	10,00	0,5164
TOTAL	35,00	
Roca desnuda	65,00	
	H'	1,379
	J'	0,870
	S	3

TRANSECTA 1		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Anemonia alicemartinae</i>	3,33	0,3322
<i>Heliaster heliantus</i>	1,67	0,2161
<i>Lessonia nigrescens</i>	3,33	0,3322
<i>Mazaella laminarioides</i>	13,33	0,5288
<i>Mesophyllum sp.</i>	1,67	0,2161
<i>Nodilittorina peruviana</i>	5,00	0,4106
<i>Ulva lactuca</i>	5,00	0,4106
TOTAL	33,33	
Roca desnuda	66,67	
	H'	2,447 (0,332)
	J'	0,871 (0,554)
	S	7

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	180
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.2 (continuación).

TRANSECTA 2		
Intermareal Superior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
Roca desnuda	100,00	
	H'	0,000
	J'	0,000
	S	0

TRANSECTA 2		
Intermareal Medio		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Nodilittorina peruviana</i>	5,00	0,380
<i>Porphyra columbina</i>	2,00	0,220
<i>Mazaella laminarioides</i>	20,00	0,494
<i>Ulva Lactuca</i>	10,00	0,504
<i>Leptograpsus variegatus</i>	2,00	0,220
TOTAL	39,00	
Roca desnuda	61,00	
	H'	1,817
	J'	0,783
	S	5

Tabla 6.2.2.2 (continuación).

TRANSECTA 2		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Heliaster heliantus</i>	10,00	0,500
<i>Mesophyllum</i> sp	5,00	0,500
<i>Phymanthea pluvia</i>	5,00	0,500
TOTAL	20,00	
	H'	0,000
	J'	0,000
	S	3

TRANSECTA 2		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Heliaster heliantus</i>	3,33	0,434
<i>Leptograpsus variegatus</i>	0,67	0,166
<i>Mesophyllum</i> sp.	1,67	0,302
<i>Nodilittorina peruviana</i>	1,67	0,302
<i>Phymanthea pluvia</i>	1,67	0,302
<i>Mazaella laminarioides</i>	6,67	0,529
<i>Porphyra columbina</i>	0,67	0,166
<i>Ulva Lactuca</i>	3,33	0,434
TOTAL	19,67	
Roca desnuda	80,33	
	H'	2,634 (0,912)
	J'	0,878 (0,486)
	S	8

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	182
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.2 (continuación).

TRANSECTA 3			
Intermareal Superior			
		COBERTURA	H'
		(%)	
<i>Nodilittorina peruviana</i>		1,00	0,000
	TOTAL	1,00	
Roca desnuda	TOTAL	99,00	
	H'		0,000
	J'		0,000
	S		1

TRANSECTA 3			
Intermareal Medio			
		COBERTURA	H'
		(%)	
<i>Phymanthea pluvia</i>		1,00	0,138
<i>Porphyra columbina</i>		5,00	0,385
<i>Nodilittorina peruviana</i>		3,00	0,289
<i>Mazaella laminarioides</i>		15,00	0,529
<i>Heliaster heliantus</i>		2,00	0,224
<i>Scurria scurra</i>		1,00	0,138
<i>Ulva lactuca</i>		10,00	0,507
<i>Anemonia alicemartinae</i>		1,00	0,138
	TOTAL	38,00	
Roca desnuda	TOTAL	62,00	
	H'		2,348
	J'		0,783
	S		8

Tabla 6.2.2.2 (continuación).

TRANSECTA 3		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Lessonia nigrescens</i>	40,00	0,508
<i>Mazaella laminarioides</i>	10,00	0,368
<i>Nodilittorina peruviana</i>	3,00	0,173
<i>Mesophyllum</i> sp.	30,00	0,531
TOTAL	83,00	
Roca desnuda	17,00	
	H'	1,579
	J'	0,790
	S	4

TRANSECTA 3		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Anemonia alicemartinae</i>	0,33	0,032
<i>Heliaster heliantus</i>	0,67	0,056
<i>Lessonia nigrescens</i>	13,33	0,424
<i>Mesophyllum</i> sp.	10,00	0,368
<i>Nodilittorina peruviana</i>	2,33	0,145
<i>Phymanthea pluvia</i>	0,33	0,032
<i>Mazaella laminarioides</i>	8,33	0,333
<i>Porphyra columbina</i>	1,67	0,113
<i>Scurria scurra</i>	0,33	0,032
<i>Ulva lactuca</i>	3,33	0,186
TOTAL	40,66	
Roca desnuda	59,34	
	H'	1,721 (1,215)
	J'	0,518 (0,453)
	S	10

Tabla 6.2.2.2 (continuación).

TRANSECTA 4		
Intermareal Superior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Nodilittorina peruviana</i>	20,00	0,000
TOTAL	20,00	
Roca desnuda	80,00	
	H'	0,000
	J'	0,000
	S	1

TRANSECTA 4		
Intermareal Medio		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Nodilittorina peruviana</i>	20,00	0,529
<i>Mazaella laminarioides</i>	30,00	0,442
TOTAL	50,00	
Roca desnuda	50,00	
	H'	0,529
	J'	0,529
	S	2

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	185
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.2 (continuación).

TRANSECTA 4		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Tetrapygyus miger</i>	5,00	0,305
<i>Nodilittorina peruviana</i>	5,00	0,305
<i>Ulva lactuca</i>	1,00	0,101
<i>Lessonia nigrescens</i>	1,00	0,101
<i>Mazaella laminarioides</i>	15,00	0,505
<i>Heliaster heliantus</i>	10,00	0,437
<i>Scurria scurra</i>	1,00	0,101
<i>Jehlius cirratus</i>	20,00	0,530
TOTAL	58,00	
Roca desnuda	42,00	
	H'	2,384
	J'	0,795
	S	8

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	186
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.2 (continuación).

TRANSECTA 4		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Heliaster heliantus</i>	3,33	0,237
<i>Jehlius cirratus</i>	6,67	0,359
<i>Lessonia nigrescens</i>	0,33	0,043
<i>Nodilittorina peruviana</i>	15,00	0,505
<i>Scurria scurra</i>	0,33	0,043
<i>Mazaella laminarioides</i>	15,00	0,505
<i>Tetrapygyus miger</i>	1,67	0,147
<i>Ulva lactuca</i>	0,33	0,043
TOTAL	42,67	
Roca desnuda	57,33	
	H'	1,880 (1,215)
	J'	0,627 (0,250)
	S	8

TRANSECTA 5		
Intermareal Superior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
Roca desnuda	100,00	
	H'	0,000
	J'	0,000
	S	0

Tabla 6.2.2.2 (continuación).

TRANSECTA 5			
Intermareal Medio			
		COBERTURA	H'
		(%)	
<i>Nodilittorina peruviana</i>		1,00	0,000
	TOTAL	1,00	
Roca desnuda		99,00	
	H'		0,000
	J'		0,000
	S		1

TRANSECTA 5			
Intermareal Inferior			
		COBERTURA	H'
		(%)	
<i>Heliaster heliantus</i>		5,00	0,296
<i>Acanthopleura echinata</i>		2,00	0,162
<i>Lessonia nigrescens</i>		15,00	0,498
<i>Mesophyllum sp.</i>		30,00	0,504
<i>Mazaella laminarioides</i>		7,00	0,358
<i>Nodilittorina peruviana</i>		1,00	0,097
<i>Scurria scurra</i>		1,00	0,097
	TOTAL	61,00	
Roca desnuda		39,00	
	H'		2,012
	J'		0,717
	S		7

 EcoTECNOS	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	188
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.2 (continuación).

TRANSECTA 5		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Acanthopleura echinata</i>	0,67	0,071
<i>Heliaster heliantus</i>	1,67	0,142
<i>Lessonia nigrescens</i>	5,00	0,296
<i>Mesophyllum</i> sp.	10,00	0,428
<i>Nodilittorina peruviana</i>	0,67	0,071
<i>Mazaella laminarioides</i>	2,33	0,180
<i>Scurria scurra</i>	0,33	0,041
TOTAL	20,66	
Roca desnuda	79,34	
	H'	1,229 (0,977)
	J'	0,438 (0,378)
	S	7

TRANSECTA 6		
Intermareal Superior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
Roca desnuda	100,00	
	H'	0,000
	J'	0,000
	S	0

Tabla 6.2.2.2 (continuación).

TRANSECTA 6		
Intermareal Medio		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Mazaella laminarioides</i>	20	0,067
<i>Nodilittorina peruviana</i>	1,00	0,209
TOTAL	21,00	
Roca desnuda	79,00	
	H'	0,209
	J'	0,209
	S	2

TRANSECTA 6		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Lessonia nigrescens</i>	5,00	0,431
<i>Nodilittorina peruviana</i>	5,00	0,431
<i>Mesophyllum</i> sp.	20,00	0,390
TOTAL	30,00	
Roca desnuda	70,00	
	H'	1,252
	J'	0,790
	S	3

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	190
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.2 (continuación).

TRANSECTA 6		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Lessonia nigrescens</i>	1,67	0,232
<i>Mazaella laminarioides</i>	6,67	0,482
<i>Mesophyllum</i> sp.	6,67	0,482
<i>Nodilittorina peruviana</i>	2,00	0,260
TOTAL	17,00	
Roca desnuda	83,00	
	H'	1,457 (0,723)
	J'	0,728 (0,456)
	S	4

6.2.3 Conclusiones del Estudio de Comunidades Macrobentónicas Intermareales

Los resultados obtenidos en I. Cima Cuadrada para las comunidades intermareales de fondo duro son similares a los que se han hallado en otras zonas intermareales a nivel nacional, como en la bahía de Antofagasta (Guiler 1959 y Stepherson & Syeperson 1972), así como lo descrito por Guiler, en 1959, donde indica que los límites superiores de los promontorios rocosos están cubiertos por (*Nodo*) *Littorina peruviana*. En el presente estudio fue posible determinar un total de 13 especies distribuidas a lo largo de las transectas estudiadas, observándose algunas diferencias entre las distintas áreas estudiadas. De esta manera, la riqueza de especies por transecta varió entre 5 (Transecta 1) y 10 (Transecta 6). Claramente el sector SW estudiado presenta una mayor riqueza de especies, lo que estaría determinado por la presencia de promontorios rocosos.

En general, en aquellas estaciones en las que se hallaron especies, es posible constatar una similitud entre la zonación y el tipo de especies encontradas en este estudio en comparación

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	191
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

de aquellos referenciados, lo que indica que el área se encuentra libre de alteración en el sector de la costa.

Vale la pena mencionar que si bien es posible distinguir claramente una zonación de las especie presentes, esta zonación no debe considerarse como “estática”, sino que puede variar dependiendo de la época del año y tipo de marea en la cual se efectúa el estudio, entre otros factores. No obstante lo anterior, las 13 especies halladas en esta zona muestran una comunidad típica de la región biogeográfica ubicada entre Arica y el Archipiélago de Chiloé, con las respectivas diferencias, dadas principalmente por las características físicas (topográficas) del área estudiada.

Por su parte, los resultados de E. San Pedro para las comunidades intermareales de fondo duro son similares a los encontrados en el sector de Isla Cima Cuadrada y a los que se han hallado en otras zonas intermareales a nivel nacional, como en la bahía de Antofagasta (Guiler 1959 y Stepherson & Syeperson 1972), así como lo descrito por Guiler (1959), donde indica que los límites superiores de los promontorios rocosos están cubiertos de *Jehlius cirratus* y *Littorina peruviana*. En el presente estudio fue posible determinar un total de 14 especies distribuidas a lo largo de las transectas estudiadas, observándose algunas diferencias entre las distintas áreas estudiadas. De esta manera, en el caso de la transecta 6, se encontraron sólo 3 especies, que se ubican en el intermareal medio e inferior, en tanto que la transecta 3 fue la que arrojó la mayor riqueza, con 9 especies, distribuidas en el intermareal superior, medio e inferior. Claramente el sector NW estudiado presenta una mayor riqueza de especies, lo que estaría determinado por el tipo de sedimento, dominado por promontorios rocosos.

En general, en aquellas estaciones en las que se hallaron especies, es posible constatar una similitud entre la zonación y el tipo de especies encontradas en este estudio en comparación de aquellos referenciados anteriormente, lo que indica que el área se encuentra libre de alteración en el sector de la costa.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	192
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Finalmente las comunidades presentes en el intermareal rocoso así como la zonación que se observa son similares a las citadas por otros autores. Las 14 especies halladas en esta zona muestran una comunidad típica de la región biogeográfica ubicada entre Arica y el Archipiélago de Chiloé, con las respectivas diferencias, dadas principalmente por las características físicas (topográficas) del área estudiada.

6.2.4 Bibliografía del Estudio de Comunidades Macrobentónicas Intermareales

Gray, J.S. 1981. The ecology of marine sediments. An introduction to the structure and function of benthic communities. Cambridge University Press. 185 p.

Guiler, E.R. 1959. Intertidal belt-forming species on the rocky coasts of northern Chile. Paper from the Proceedings of the Royal Society of Tasmania 93: 33-58

Lancellotti, D.A. & J.A. Vázquez. 2000. Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina. Revista Chilena de Historia Natural. 73: 99 – 129.

Lie, U. 1969. Standing crop of benthic infauna in puget sound and off the coast of Washington. J. Fish. Res. Board. Can., 26: 55-62.

Lloyd, M.; J. Zar & J. Karr. 1968. On the calculation of information-theoretical measures of diversity. The Am. Midl. Nat., 79(2): 257-272.

Margalef, R. 1968. Perspective en ecological theory. Chicago, University of Chicago Press. 111 p. (Chicago Series in Biology).

McArdle, S.B. & A. McLachlan. 1992. Sand beach ecology: swash features relevant to the macrofauna. J. Coast. Res., 8: 398-407.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	193
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections.
Journal Theoretical Biology, 13: 131-144.

Shannon, C. & W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Univ.
Illinois Press, Urbana. 117 p.

Stephenson, T.A. y Anne Stephenson. 1972. Life between tidemarks on rocky shores.
W. H. Freeman & Co., San Francisco, 425 pp.

Westermeier, R. & C. Ramírez. 1978. Algas marinas de Niebla y Mehuín (Valdivia -
Chile) Medio Ambiente (Chile) 3: 44 - 49.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	194
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

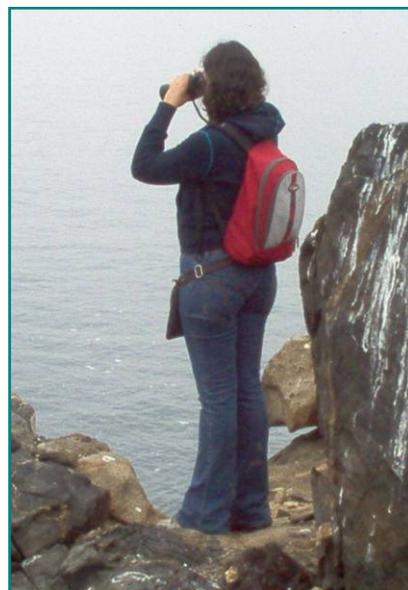
6.3 ESTUDIO DE AVIFAUNA

6.3.1 *Protocolo de Estudio de Avifauna*

Para el estudio de avifauna, el área se dividió entres zonas: Sector Continental Frente Isla Cima Cuadrada, Sector Isla Cima Cuadrada y Sector Ensenada San Pedro.

El día 30 de julio de 2008 se efectuó la campaña de invierno del sector Continental frente Isla Cima Cuadrada, desde los 27°41'08,9" S; 71°02'22,7" W hasta los 27°41'37,4" S; 71°02'32,2" W, abarcando una longitud aproximada a los 1.300 metros de perímetro y 50 metros de ancho promedio estos últimos determinados desde el borde del comienzo de la playa (zona geolitoral, de acuerdo a Alveal & Romo, 1977) y la zona de la rompiente de las olas (intermareal inferior). En total se censó un área de 55.000 m², correspondiente al área donde se desarrollará el proyecto y sectores aledaños. El recorrido se realizó en horario AM (desde las 08:00 hrs. a las 13:30 hrs.) y PM (14:00 hrs. a las 18:30 hrs).

La metodología de estudio, consistió en contabilizar e identificar todas las aves que se presentaron en el área de estudio (**Fotografía 6.3.1**). Para tal efecto se utilizaron binoculares Nikon Monarch 10 x 42 y una cámara digital Samsung S750 7.2 Megapixeles, con la cual fueron fotografiados en terreno algunos ejemplares para posteriormente confirmar la identificación con la ayuda de la Guía de Campo de las Aves de Chile de Araya & Millie (1996) y Birds of Chile de Jaramillo *et al.* (2003). Los resultados se ordenaron en planillas de cálculo para la presentación de valores de densidad (ind/m²). Las aves censadas se separaron en zonas correspondientes a las transectas intermareales estudiadas.



Fotografía 6.3.1. Avistamiento de aves en la zona d estudio.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	195
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Posteriormente se ordenaron los datos en planillas de cálculo para la presentación de valores de abundancia y densidad.

En tanto, el día 31 de julio de 2008 se efectuó la campaña de invierno de avifauna en el sector noreste de Punta Cachos, al noroeste de Caleta Chascos en la Ensenada San Pedro, desde los 27°40'0,55" S; 71°01'19,09" W hasta los 27°39'41,47" S; 71°01'42,97" W, abarcando una longitud aproximada a los 1.200 metros de largo y 50 metros de ancho promedio y la zona de la rompiente de las olas (intermareal inferior). En total se censó un área de 60.000 m², correspondiente a el área donde se desarrollará el proyecto y sectores aledaños El recorrido se realizó en horario AM (desde las 08:00 hrs. a las 13:30 hrs.) y PM (14:00 hrs. a las 18:30 hrs).

Finalmente, el día 31 de julio de 2008 se efectuó el censo de avifauna, campaña de invierno, del sector suroeste de Punta Cachos, recorriendo toda la I. Cima Cuadrada, abarcando un área aproximada a de 80.100 m², correspondiente a las inmediaciones del proyecto. El recorrido se realizó en horario PM, desde las 14:30 hrs. a las 16:30 hrs, cuando las condiciones oceanográficas lo permitieron.

En los sectores de Ensenada San Pedro e Isla Cima Cuadrada se utilizó la misma metodología descrita para el sector continental ubicado frente a la isla.

El presente estudio permite observar y describir la composición y concentración de aves de todos los sectores para la época de invierno.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	196
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.3.2 Resultados del Estudio de Avifauna

- **Sector Continental Frente a Isla Cima Cuadrada**

De acuerdo a Araya & Millie (1996), en Chile se encuentran 55 familias de aves constituidas por un total de 462 especies, las que representan un 4,76% de las 9.072 especies existentes en el mundo (Monroe & Sibley, 1993). El censo de avifauna llevado a cabo en el área continental frente a I. Cima Cuadrada arrojó un total de **8 especies**, incluidas en 8 familias (**Tabla 6.3.2.1**). De éstas, 7 especies se reproducen en el territorio nacional y una especie es migratoria, *Numenius phaeopus hudsonicus*, proveniente de la costa ártica de Norteamérica, que es una de las aves migratorias más comunes que llegan a Chile. Del mismo modo, 1 de las 8 especies encontradas es endémica, es decir, se encuentra sólo en Chile. Esta especie corresponde al churrete costero *Cinclodes nigrofumosus*, que se encuentra exclusivamente en la costa. En tanto, 5 de las especies encontradas habitan en relación directa con el ambiente marino costero, las que corresponden a los ejemplares de gaviota dominicana *Larus dominicanus*, churrete costero *Cinclodes nigrofumosus*, yeco *Phalacrocorax brasilianus brasilianus*, pingüino de Humboldt *Spheniscus humboldti*, pelicano *Pelecanus taghus* y zarapito *Numenius phaeopus* avistadas en el área. Éstas se asocian directamente con la costa, aunque este último puede apreciarse en estuarios y desembocaduras de ríos, pero muy raramente en el interior (Araya & Millie, 1996). Así también, en el caso de *L. dominicanus*, su distribución puede abarcar también zonas urbanas, al ir en busca de alimento, como son los basurales, desagües, etc. Finalmente para *P. brasilianus brasilianus*, si bien se encuentra en la zona costera, no es exclusivamente marino, pudiendo encontrarse en zonas interiores y de agua dulce (Jaramillo *et al.*, 2005). Por su parte, para el caso del jote cabeza colorada *Cathartes aura*, su hábitat se extiende desde la zona costera hasta la cordillera, anidando preferentemente en cuevas, matorrales o entre troncos. Cabe destacar que en el caso de *N. nicticorax obscurus* se observó un ejemplar inmaduro. No se observó la presencia de huevos o nidos para ninguna de las especies.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	197
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.3.2.1

Listado de las especies y densidad de aves identificadas en el área de estudio.
Punta Cachos, sector Continental Frente Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

Familia	Especie (nombre común)	Ejemplares Avistados	Densidad (ind/m ²)
<u>Phalacrocoracidae</u>	<i>Phalacrocorax brasilianus brasilianus</i> (Yeco)	20	0,000364
<u>Larinae</u>	<i>Larus dominicanus</i> (Gaviota dominicana)	9	0,000164
<u>Furnariidae</u>	<i>Cinclodes nigrofumosus</i> (Churrete costero)	6	0,000109
<u>Spheniscidae</u>	<i>Spheniscus humboldti</i> (Pingüino de Humboldt)	4	0,000073
<u>Cathartidae</u>	<i>Cathartes aura</i> (Jote cabeza colorada)	4	0,000073
<u>Ardeidae</u>	<i>Nycticorax nycticorax obscurus</i> (Huairavo)	3	0,000055
<u>Scolopacidae</u>	<i>Numenius plaeopus hudsonicus</i> (Zarapito)	3	0,000055
<u>Pelecanidae</u>	<i>Pelecanus thagus</i> (Pelicano)	1	0,000018
Densidad Promedio			0,000119

Si bien en el área de estudio se observó una baja riqueza, se debe considerar que en el sector ubicado frente a Isla Cima Cuadrada, se pudo observar diversos ejemplares de gaviota dominicana *Larus dominicanus*, yeco *Phalacrocorax brasilianus brasilianus* y pingüino de humboldt *Spheniscus humboldti*.

Desde el punto de vista de la abundancia de especies, la densidad promedio de aves en la zona de estudio, considerando un área de 55.000 m², fue de 0,000119 ind/m². En la **Tabla 6.3.2.1** se observa que la mayor abundancia la presenta la especie residente yeco *P. brasilianus brasilianus*, que se distribuye a lo largo de toda la zona continental, desde Nicaragua hasta Magallanes. Esta es una especie con una gran capacidad de adaptación, habitando lugares de agua dulce y salada, templadas o frías, incluyendo costas, ríos lagos y zonas pantanosas. Su alimentación es preferentemente piscívora, sin embargo también come pequeños crustáceos. La segunda mayor abundancia la muestra la gaviota dominicana *Larus dominicanus*, que corresponde a la gaviota más grande de Sudamérica, que presenta un amplio rango de distribución, donde vive y anida, que va desde isla Lobo de Tierra, al norte del Perú, hasta Cabo de Hornos en Chile. Su alimento suele ser peces,

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	198
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

mariscos y crustáceos; sin embargo, en zonas cercanas al hombre se ha convertido en omnívoras, alimentándose de todo tipo de desperdicios.

Dentro de las especies que presentan las menores densidades se encuentra el pelícano *Pelecanus thagus*, que habita a lo largo de toda la costa nacional y en ocasiones se puede observar en áreas más pelágicas. Anida en grandes colonias en Chile y Perú, relacionándose con la industria del guano. También se halla el zarapito *Numenius plaeopus hudsonicus*, una de las especies migratorias más comunes en las costas de Chile. Anida en Norteamérica y llega durante la primavera, permaneciendo en el litoral nacional durante todo el verano para comenzar a migrar nuevamente hacia Norteamérica. Sin embargo algunos ejemplares inmaduros pueden permanecer durante todo el año en el litoral nacional, como es el caso de los ejemplares avistados en el presente estudio; Finalmente se presenta en escasas densidades el huairavo *Nycticorax nycticorax obscurus*, que normalmente se alimenta de noche, pero pueden observarse también durante el día. Esta garza habita ambientes húmedos como ríos, lagos, vegas, esteros y en toda la costa nacional.

Desde el punto de vista del estado de conservación de las aves en Chile, de acuerdo con Birdlife International (2003), a nivel nacional 3 especies se encuentran dentro de la categoría de En Peligro, 2 en la categoría Peligro Crítico, 17 son Vulnerables, 28 se consideran como Amenaza Cercana y 3 se consideran como con Datos Deficientes. En este caso, una de las especies avistadas en el área de estudio se encuentra en alguna de las categorías antes señaladas, la cual corresponde a *S. humboldti*, en la categoría de **Vulnerable**, que se refiere a especies de las cuales se cree que pasaran en el futuro cercano a la categoría En Peligro si los factores causales de la amenaza continúan operando. Las categorías y sus definiciones corresponden a la traducción literal de las aparecidas en el libro "The IUCN Mammal Red Data Book, part 1", de Thornback y Jenkins, publicado en 1982 por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (IUCN), en Gland, Suiza.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	199
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Cabe mencionar que Estades (2004), realiza una síntesis de las especies que habitan el territorio nacional con algún problema de conservación. En este trabajo, reúne los distintos sistemas de clasificación realizado por diversos autores a través de los años, incluyendo así CONAF (Glade, 1988), Rottmann & López-Calleja (1992), Estades (2001) y BirdLife International (1992, 2003). Al respecto se puede decir que en 4 de los 5 estudios que este trabajo analiza, señalan al pingüino de Humboldt como **Vulnerable** (Glade, 1988; Rottmann & Lopez-Calleja, 1992; Birdlife International, 1992, 2003). Sin embargo, Estades (2001), lo categoriza como Rara.

En tanto, de acuerdo al DS. 05/98 Reglamento de la Ley de Caza, el zarapito *N. plaeopus hudsonicus* y el churrete costero *C. nigrofumosus* se clasifican como **B**, es decir, especie catalogada como beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria; el pelícano *P. thagus* son clasificados como **B** y **E**, es decir, además es catalogada como benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales. Finalmente, de acuerdo a la última nómina aprobada y oficializada para la Segundo Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación, publicado en el Diario Oficial el 30 de junio de 2008, el pingüino de Humboldt *S. humboldti* se clasificaría como **Vulnerable**.

Algunos representantes de la avifauna identificada se observan en las **Fotografías 6.3.2.1 a 6.3.2.4.**



Fotografía 6.3.2.1. Detalle de yeco *Phalacrocorax brasilianus brasilianus*.



Fotografía 6.3.2.2. Detalle del pingüino de Humboldt *Spheniscus humboldti*.



Fotografía 6.3.2.3. Un par de ejemplares del pelicano *Pelecanus thagus*.



Fotografía 6.3.2.4. Conjunto de ejemplares del zarapito *Numenius phaeopus hudsonicus*.

- **Sector Isla Cima Cuadrada**

El censo de avifauna llevado a cabo en la I. Cima Cuadrada arrojó un total de **7 especies**, incluidas en 6 familias (**Tabla 6.3.2.2**). En este caso, todas las especies avistadas se reproducen en el territorio nacional. Asimismo, una de las 7 especies encontradas es endémica, correspondiente al churrete costero, *Cinclodes nigrofumosus*, que se encuentra exclusivamente en la costa. Cabe hacer notar que el 57% de las especies avistadas son características de la corriente de Humboldt, correspondientes a *S. humboldti*, *P. thagus*, *S. variegata*, *P. bougainvillii*. Estas especies si bien pueden encontrarse en la costa, son en su mayoría pelágicas, donde muchas veces se dirigen en busca de alimento. (Jaramillo *et al.*, 2005).

Es importante mencionar que en esta oportunidad se encontraron nidos con pollos de *S. humboldti*, como se detallará más adelante.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	201
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.3.2.2

Listado de las especies y densidad de aves identificadas en el área de estudio.
Punta Cachos, sector Isla Cima Cuadrada. Julio de 2008.

Familia	Especie (nombre común)	Ejemplares Avistados	Densidad (ind/m ²)
<u>Larinae</u>	<i>Larus dominicanus</i> (Gaviota dominicana)	52	0,000945
<u>Spheniscidae</u>	<i>Spheniscus humboldti</i> (Pingüino de Humboldt)	48	0,000873
<u>Sulidae</u>	<i>Sula variegata</i> (Piquero)	24	0,000436
<u>Phalacrocoracidae</u>	<i>Phalacrocorax brasilianus brasilianus</i> (Yeco)	13	0,000239
<u>Phalacrocoracidae</u>	<i>Phalacrocorax bougainvillii</i> (Guanay)	8	0,000145
<u>Pelecanidae</u>	<i>Pelecanus thagus</i> (Pelicano)	7	0,000127
<u>Furnariidae</u>	<i>Cinclodes nigrofumosus</i> (Churrete costero)	1	0,000018
Densidad Promedio			0,000461

Desde el punto de vista de la abundancia de especies, la densidad promedio de aves en la zona de estudio, considerando un área de 80.100 m², fue de 0,000461 ind/m². En la **Tabla 6.3.2.2** se observa que la mayor abundancia la presenta la especie residente gaviota dominicana *L. dominicana*, cuyas características de distribución y alimentación han sido descritas en la sección anterior. La segunda especie de mayor abundancia la muestra el pingüino de Humboldt *S. humboldti*, el cual se encontró anidando, como se mencionará más adelante.

Dentro de las especies que presentan las menores densidades se encuentra el pelicano *Pelecanus thagus* y el churrete costero *Cinclodes nigrofumosus*.

Por otro lado, es importante señalar que la isla Cima Cuadrada, ubicada frente al área de estudio, es un área de descanso y nidificación para algunas aves marinas, entre ellas el pingüino de humboldt y el guanay, quienes se encuentran en la categoría de **Vulnerables** según la lista roja de la IUCN y el Reglamento de la Ley de Caza; sin embargo, Birdlife International (2003) sólo contempla al pingüino de Humboldt como vulnerable, en tanto que el guanay lo considera como Fuera de Peligro. Sin embargo, deberá tenerse especial

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	202
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

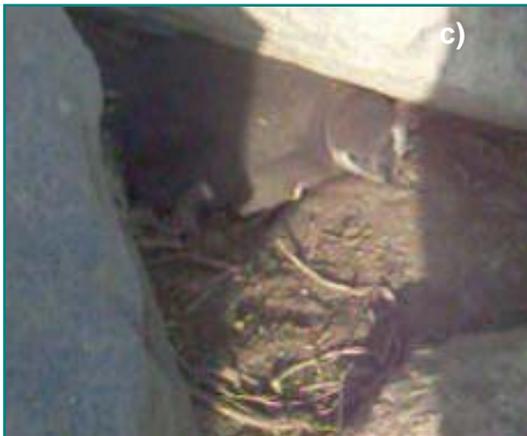
cuidado en no alterar significativamente su hábitat, ya que al tratarse de aves guaneras (piquero, pelícano, guanay y pingüino de Humboldt), se encuentran protegidas por el Decreto con Fuerza de Ley N° R.R.A. 25.

Esta isla ha sido descrita como un área de descanso de algunas especies migratorias como la gaviota franklin *L. pipixcan*, así como también está descrita como un área de nidificación de diferentes especies, como la gaviota dominicana *L. dominicanus* y el yeco *P. brasilianus*. En la visita realizada a esta isla se registró una pequeña colonia de pingüino de humboldt *S. humboldti* nidificando, encontrándose un total de 32 nidos activos, de los cuales 25 se encontraron ocupados, ya sea con adultos y pollos, sólo adultos o sólo pollos. No se encontraron huevos en ninguno de los nidos. Asimismo, se pudo observar nidos con un máximo de dos polluelos. Los nidos encontrados en la isla Cima Cuadrada corresponden a los descritos por Battistini & Paredes (1999), para Punta San Juan en Perú, encontrándose nidos en cuevas (cavidades en la tierra excavadas por los adultos), nidos en grietas de piedras y nidos en la superficie. Según lo encontrado en la literatura especializada, Araya (1983) describe para Isla Cima Cuadrada un total de 162 nidos encontrados, de los cuales 16 estaban ocupados, 71 se encontraron desocupados pero activos, 72 se describen como abandonados y 3 en construcción. A continuación, las **Fotografías 6.3.2.5 a Figura 6.3.2.10** muestran algunos de los nidos encontrados, así como polluelos fuera de los nidos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	203
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	



Fotografía 6.3.2.5. Polluelo en nido formado por una grieta en las rocas en I. Cima Cuadrada.



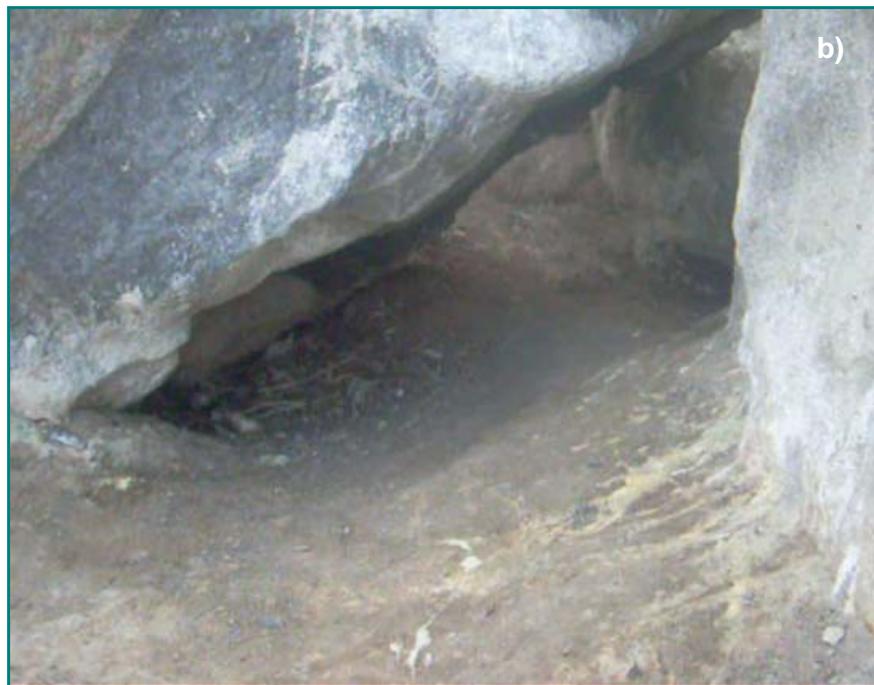
Fotografía 6.3.2.6. Polluelos en sus nidos. Se observan nidos en la superficie, letras a), b) y c); y nidos en grietas, letras d) e y f).



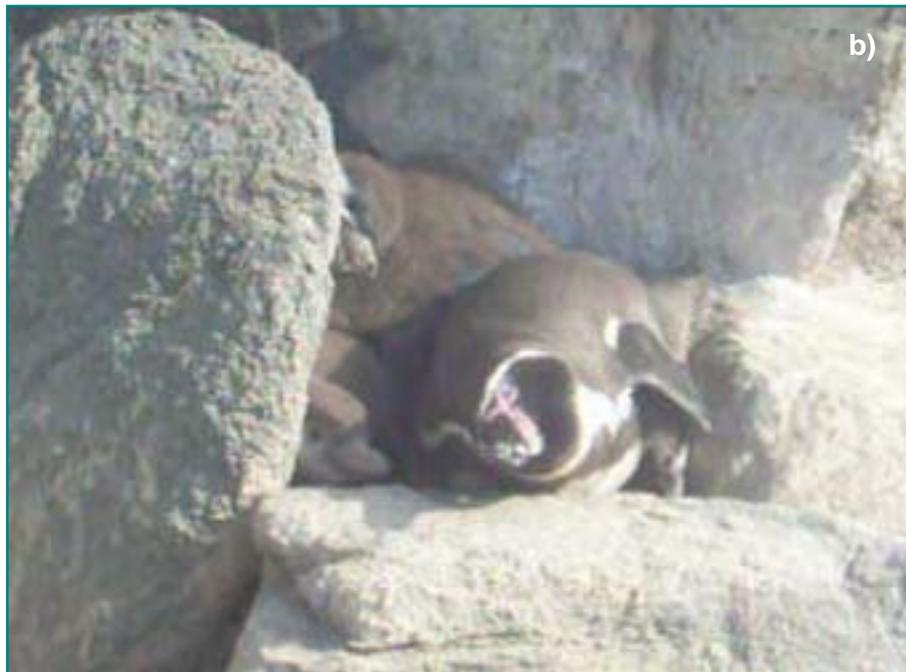
Fotografía 6.3.2.7. Polluelos fuera de sus nidos. Se observaron deambulando en las inmediaciones. Todos volvieron rápidamente a sus nidos al acercarse a fotografiarlos.



Fotografía 6.3.2.8. Dos nidos con adulto con polluelo en su nido.



Fotografía 6.3.2.9. Dos ejemplos de nidos desocupados activos a) en superficie, b) en grietas.



Fotografía 6.3.2.10. Dos ejemplos de nidos ocupados a) Sólo polluelos, b) Adulto con dos polluelos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	209
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Por tanto, se puede asegurar que la zona de Isla Cima Cuadrada es un área de reproducción, al menos para pingüino de Humboldt. Ante esto cabe mencionar que el pingüino de Humboldt se reproduce durante todo el año, con dos picos reproductivos durante el año (Jaramillo *et al*, 2005; Simeone *et al.*, 2002). Uno ocurre en primavera, entre finales de agosto y finales de enero, con ocupaciones de nidos entre finales de agosto y principios de septiembre, un máximo de puesta de huevos en octubre y las primeras eclosiones entre finales de octubre y comienzos de noviembre. La segunda puesta, de menor magnitud, se realiza durante el otoño, entre principios de abril y principios de junio. En este caso la ocupación de los nidos ocurre a comienzos de abril, el máximo de puestas de huevos ocurre en mayo y los primeros huevos eclosionan a principios de junio. En este contexto, se puede aseverar que los polluelos y nidos encontrados corresponden al período reproductivo de otoño.

Desde el punto de vista del estado de conservación de las aves en Chile, de acuerdo con Birdlife Internatinal (2003), *S. humboldti* se halla en la categoría de **Vulnerable**. Esta categoría también es atribuida en los estudios de Glade (1988), Rottmann & López-Calleja (1992) y Estades (2001). Sin embargo, Estades (2004), lo categoriza como Rara. En tanto, en la misma revisión se puede observar que *S. variegata* y *P. bougainvillii* se encuentran en alguna categoría de conservación. De esta manera, en el caso de *S. variegata* es clasificado como Insuficientemente conocida según Glade (1988); en tanto *P. bougainvillii* se clasifica como Vulnerable según Glade (1988) y Rottmann & Lopez-Calleja (1992) y como Rara según Estades (2001).

En tanto, de acuerdo al DS. 05/98 Reglamento de la Ley de Caza, el churrete costero *C. nigrofumosus* se clasifica como **B**, es decir, especie catalogada como beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria, el pelícano *P. thagus* se clasifica como **B** y **E**, es decir, además es catalogada como benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales; en tanto el piquero *S. variegata* se clasifica como **B**, **I** y **E**, es decir, además es catalogada como inadecuadamente conocido tanto para la zona norte como para el centro y sur del país. En el caso del guanay *P. bougainvilli*, éste se clasifica

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	210
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

como **B** y **V**, es decir que además de ser beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria es catalogada como vulnerable. Por último, para el caso de la gaviota dominicana *L. dominicanus*, se clasifica como **E**, es decir, benéfica para la mantención de los equilibrios naturales.

- **Sector Ensenada San Pedro**

El censo de avifauna llevado a cabo en el sector de E. San Pedro arrojó un total de **6 especies**, incluidas en 8 familias (**Tabla 6.3.2.3**). De éstas, 8 especies se reproducen en el territorio nacional y las otras 2 son especies migratorias, encontrando a la gaviota franklin *Larus pipixcan*, proveniente del hemisferio norte: al interior del noroeste de Norteamérica; y el zarapito *Numenius phaeopus hudsonicus*, proveniente de la costa ártica de Norteamérica, que es una de las aves migratorias más comunes que llegan a Chile. Del mismo modo, el churrete costero *Cinclodes nigrofumosus* es considerado endémico. Cabe hacer notar que las 10 especies encontradas habitan en relación directa con el ambiente marino costero. De esta manera las especies se asocian directamente con la costa, aunque en el caso del zarapito *Numenius phaeopus hudaonicus* puede apreciarse en estuarios y desembocaduras de ríos, pero muy raramente en el interior (Araya & Milie, 1996).

En el área de estudio se pudo observar que gran parte de las especies se encontraron alimentándose tanto en las rocas, como es el caso del yeco, *P. brasilianus brasilianus*, el churrete costero, *C. nigrofumosus* y el pilpilén, *H. ater*, como en el mar, como es el caso de ejemplares de yeco. Así también, se observaron ejemplares descansando sobre rocas y peñones, como por ejemplo los individuos de *S. variegata* y guanay *P. bougainvilli*.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	211
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.3.2.3

Listado de las especies y densidad de aves identificadas en el área de estudio.
Punta Cachos, sector Ensenada San Pedro. Julio de 2008.

Familia	Especie (nombre común)	Ejemplares Avistados	Densidad (ind/m ²)
Larinae	<i>Larus dominicanus</i> (Gaviota dominicana)	8	0,0001455
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus brasilianus</i> (Yeco)	6	0,0001091
Furnariidae	<i>Cinclodes nigrofumosus</i> (Churrete costero)	4	0,0000727
Haematopodidae	<i>Haematopus palliatus</i> (Pilpilén)	3	0,0000545
Sulidae	<i>Sula variegata</i> (Piquero)	2	0,0000364
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax bougainvillii</i> (guanay)	1	0,0000182
Densidad Promedio			0,0000727

Desde el punto de vista de la abundancia de especies, la densidad promedio de aves en la zona de estudio, considerando un área de 60.000 m², fue de 0,0000727 ind/m². En la **Tabla 6.3.2.3** se observa que la mayor abundancia la presenta la gaviota dominicana, *Larus dominicanus*. La segunda mayor abundancia la muestran las especies de yeco *P. brasilianus* y pingüino de humboldt *S. humboldti*.

Dentro de las especies que presentan las menores densidades se encuentra el guanay, *P. bougainvillii* y el piquero *S. variegata*.

Desde el punto de vista del estado de conservación de las aves en Chile, de acuerdo con Birdlife International (2003), ninguna de las especies avistadas en el área de estudio se encuentra en alguna de las categorías de conservación. Asimismo, de acuerdo al DS. 05/98 Reglamento de la Ley de Caza, el churrete costero, *C. nigrofumosus*, se clasifica como **B**, mientras el piquero *S. variegata* se clasifica como **B, I y E**, es decir, es catalogada como inadecuadamente conocido tanto para la zona norte como para el centro y sur del país y benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales. En el caso del guanay *P. bougainvillii*, éste se clasifica como **B y V**, beneficiosa para la

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	212
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

actividad silvoagropecuaria y vulnerable. Por último, para el caso del pilpilén, *H. palliatus*, se clasifica como **E**, es decir, benéfica para la mantención de los equilibrios naturales.

Algunos representantes de la avifauna identificada se observan en las **Fotografías 6.3.2.11 a 6.3.2.13.**



Fotografía 6.3.2.11. Detalle de la gaviota dominicana *Larus dominicanus*.



Fotografía 6.3.2.12. Ejemplares del guanay *Phalacrocorax bougainvillii*.



Fotografía 6.3.2.13. Detalle de churrete costero *Cinclodes nigrofumosus*.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	213
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.3.3 Conclusiones del Estudio de Avifauna

Los resultados antes expuestos indican que el área de estudio, comprendida por los aproximadamente 55.000 m² en el sector Continental frente a Isla Cima Cuadrada, es frecuentada por al menos **8 especies de aves** para el período de invierno (en la época de estudio), de las cuales una de ellas, correspondiente a *S. humboldti*, se encuentran en la categoría de Vulnerable de acuerdo a lo indicado por Birdlife International (2003), el D.S. 05/98 Reglamento de la Ley de Caza y la Nómina del Segundo Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación, publicado en el Diario Oficial el 30 de junio de 2008. Cabe resaltar que la presencia de todas las especies halladas en el área censada ya ha sido enunciada como área de distribución por otros autores (Araya & Millie, 1996).

Debe considerarse que, comparativamente, el número de especies de avifauna avistados en el sector continental frente a la isla es relativamente bajo. En este contexto, la baja diversidad encontrada puede explicarse debido a las condiciones geográficas del lugar, ya que al ser un sector intermareal expuesto, la oferta alimenticia disminuye, debido a que existe una baja diversidad de posibles presas para estas aves, lo que puede corroborarse en el capítulo de comunidades macrobentónicas intermareales (Capítulo 6.2.2).

Para el caso de la I. Cima Cuadrada, los resultados antes expuestos indican que el área de estudio, comprendida por aproximadamente 80.100 m², es frecuentada por al menos **7 especies de aves** para el período de invierno, de las cuales una de ellas, correspondiente a *S. humboldti*, se encuentran en la categoría de Vulnerable de acuerdo a lo indicado por Birdlife International (2003), el D.S. 05/98 Reglamento de la Ley de Caza y la Nómina del Segundo Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación, publicado en el Diario Oficial el 30 de junio de 2008.

Respecto a la riqueza de especies del sector de Isla Cima Cuadrada, esta fue un poco menor que la registrada en el sector de Ensenada San Pedro y similar a la encontrada en

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	214
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

el sector continental, frente a Isla Cima Cuadrada. Sin embargo, en cuanto a densidad, ésta fue bastante superior a las otras dos zonas mencionadas. Esto puede relacionarse con la menor actividad antrópica observada en la isla en relación a la zona continental y a E. San Pedro. Además debe considerarse que la isla es un área de descanso para muchas aves, como pelícanos, guanay, piqueros y yecos, aves consideradas guaneras, y que por tanto se encuentran protegidas por el Decreto con Fuerza de Ley N° R.R.A. 25. Asimismo, el área se encuentra descrita como sitio de nidificación de ciertas aves guaneras, lo que puede aumentar la densidad respecto a los restantes sectores mencionados. En este caso de la campaña de invierno, se observó una colonia de pingüino de Humboldt nidificando, con polluelos del año aún en los nidos.

Para el sector de Ensenada San Pedro, los resultados indican que el área de estudio, comprendida por aproximadamente 60.000 m², es frecuentada por al menos **6 especies** de aves para el período de invierno, ninguna de las cuales se encuentra en alguna de las categorías de conservación de acuerdo a lo indicado por Birdlife International (2003) y el D.S. 05/98 Reglamento de la Ley de Caza.

Respecto a la riqueza de especies del sector de Ensenada San Pedro, ésta fue algo menor a aquella encontrada en el sector continental y en la misma Isla Cima Cuadrada. En tanto, en términos de densidad ésta fue bastante inferior a la encontrada en la zona de la isla, situación contraria a lo observado durante el período de verano. Esto puede relacionarse con la disponibilidad de alimento o bien a la mayor actividad antrópica observada en la zona de Ensenada San Pedro, debido a las maniobras asociadas al cultivo que allí se emplaza.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	215
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.3.4 Interacción entre las Centrales Termoeléctricas y las Aves Marinas

Este capítulo se ha adicionado debido a la importancia que puede tener el impacto de la descarga de agua de la futura Central en la avifauna, especialmente de aquellas consideradas Vulnerable por la normativa nacional actual.

No existe literatura específica científica publicada respecto a las consecuencias que podrían existir por la descarga de aguas a mayor temperatura proveniente de los sistemas de refrigeración de las centrales termoeléctricas en las aves marinas, especialmente en los pingüinos. Sin embargo, considerando que el impacto que puede generar el vertimiento de las aguas de enfriamiento de una central termoeléctrica es similar al ocasionado por un fenómeno ENSO (El Niño Oscilación del Sur), al aumentar la temperatura del mar, se analizarán sus efectos a modo de referencia, tomando las providencias del caso, especialmente considerando que el ENSO es un fenómeno global, que se extiende a través de casi todo el borde oriental del Pacífico y se manifiesta a través de una inversión de aguas cálidas subecuatoriales, de 30° a 32° C. Esta agua se superpone a las aguas tradicionalmente frías de la corriente de Humboldt. Durante este fenómeno las surgencias son inhibidas y las temperaturas aumentan entre **2° a 4° C**.

Existe una amplia gama de estudios relacionados a los efectos del fenómeno El Niño en las poblaciones de aves marinas, tanto para la zona del Golfo de California como para la zona de Perú y Chile. De esta manera, en diversos estudios ha sido posible observar que una de las consecuencias del fenómeno El Niño para las aves marinas como pingüinos, piqueros, pelícanos y cormoranes son los cambios en la dieta y en la reproducción. En este contexto, se puede decir que el aumento de la temperatura en el agua disminuye el acarreo de nutrientes en las surgencias, afectando negativamente la productividad primaria y, por tanto, produciendo cambios en la distribución y abundancia de las poblaciones de peces pelágicos, los cuales buscan zonas donde la temperatura del mar sea más adecuada para su supervivencia (Apaza & Figari, 1999). Así, por ejemplo, en el caso de las especies de aves piscívoras típicas de la corriente de Humboldt, como son los

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	216
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

pelícanos, guanay y piqueros, sus abundancias durante fenómenos ENSO se reducen conforme disminuye la disponibilidad de la anchoveta *Engraulis ringens*, que corresponde a su principal presa (Sanchez & Zuta, 2000). En tanto, en el caso de las aves asociadas a la Corriente de California durante el ENSO 1982-83, se observó una notable disminución en la abundancia de las aves durante y posterior al fenómeno ENSO, debido probablemente a una disminución en la población reproductora (Oedekoven *et al.*, 2001). La respuesta inicial en las aves marinas del Pacífico Este ante las condiciones de El Niño 82-83 fue suspender la reproducción y abandonar las áreas de nidificación. Por otra parte, durante fenómenos ENSO, los principales ítems alimenticios de estas aves se alejan de la costa, por lo que deben invertir mayor energía para cazar, al recorrer mayores distancias o bien pueden reemplazar algunos de sus ítems por otras presas de menor contenido energético (Anderson, 1989). Esto repercute directamente en el éxito reproductivo, debido a que las aves anidan sólo cuando encuentran las condiciones adecuadas, tanto de espacio como de alimento. Ante fenómenos fuertes de El Niño, como el producido durante el año 82-83, la población de los pingüinos de las Galápagos *Spheniscus mediculus* registró una mortalidad del 77% de la población adulta. En tanto, la reproducción no se retomó con normalidad hasta 1985 (Anderson, 1989).

Por tanto, el principal efecto del aumento de la temperatura en el mar, es la dispersión y profundización de las poblaciones de peces pelágicos, lo que dificulta la alimentación de las aves marinas, ya que la variación espacial en las poblaciones de peces pelágicos ocasiona que las aves deban consumir mayor energía para obtener una menor cantidad de alimento. En el caso de las especies características de la corriente de Humboldt, como son *Pelecanus thagus*, *Sula variegata*, *Phalacrocorax bounganvillii*, *Spheniscus humboldti* y *Larosterna inca*, esta situación es particularmente preocupante debido a que estas aves son de distribución restringida y hábitos alimenticios específicos, lo que limita su oportunidad para aprovechar otros recursos (Apaza y Figari, 1999). Es importante hacer hincapié en el hecho que estas especies, a excepción de *L. inca*, son consideradas guaneras, por lo que se encuentran protegidas por la legislación chilena, así como sus áreas de nidificación (Ministerio de Hacienda, 1963).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	217
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En base a los antecedentes descritos se puede concluir que los efectos del aumento de la temperatura del mar, a causa de un fenómeno ENSO, repercuten en la pérdida total del año reproductivo, migraciones inusuales y masiva mortandad en las poblaciones, debido principalmente a la falta de alimento por la reubicación de los stocks de peces (Apaza & Figari, 1999).

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, este es un fenómeno global y, por tanto, su efecto no podría ser comparable a los efectos de una descarga local de aguas de enfriamiento de una termoeléctrica. Éstas, pese a verter aguas cuyas temperaturas podrían alcanzar los 8° a 10° C por sobre el promedio de temperatura para la zona de estudio, presentan un área de influencia muchísimo menor, la cual, dependiendo de las condiciones oceanográficas como corrientes y vientos, no superarían los dos kilómetros desde el punto de vertimiento, por lo que su repercusión es más bien local. En torno a esta influencia provocada por los sistemas de enfriamiento de las centrales termoeléctricas, la información existente al respecto es prácticamente inexistente. Sin embargo, en el año 2005, el California Council for Environmental & Economic Balance realizó un estudio a fin de evaluar el real impacto que producen los sistemas de enfriamiento en el ambiente y su significancia biológica. En éste, se indica que en la naturaleza, del total de larvas de diversas especies de peces presentes en plancton, sólo cerca del 0,1% sobrevive. De ésta pequeña fracción, que representan las larvas y huevos que efectivamente se convertirán en población recluta, entre un 1 a 2% se verían afectados por los sistemas de enfriamiento de las centrales, lo que correspondería a la pérdida equivalente de adultos en una población de peces. Por tanto, la población de peces afectada por la descarga de las aguas de enfriamiento y la succión de las mismas, sería mínima y, por tanto, se espera que la población de aves que se alimenta directamente de estos organismos, no sea afectada por el funcionamiento de la central misma.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	218
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.3.5 Bibliografía del Estudio de Avifauna

Alveal K. & H. Romo. 1977. Consideraciones sobre la distribución vertical de la biota costera. Fundamentos para un nuevo esquema de zonación. Bol. Soc. Biol. de Concepción. 49(1): 25-39.

Anderson, D. 1989. Differential responses of boobies and other seabirds in the Galápagos to the 1986-87 El Niño-Southern Oscillation event. Marine Ecology Progress Series 52:209-216.

Apaza, M. & A. Figari. 1999. Mortandad de aves marinas durante “El Niño 1997-98” en el litoral sur de San Juan de Marcona, Inca – Perú. Revista Peruana de Biología, Volumen Extraordinario 1999: 110 – 117.

Araya, B. 1983. A preliminary report on the status and distribution of the humboldt penguin in Chile. Simposium on Breeding in Captivity. Los Angeles. 125-135.

Araya, B. & G. Millie. 1996. Guía de Campo de las Aves de Chile. Editorial Universitaria, 7ª Edición. 406 p.

BirdLife International. 1992. Aves Amenazadas de las Americas (Libro Rojo de BirdLife Internacional - UICN). Cambridge, UK.

BirdLife International. 2003 BirdLife's online World Bird Database: the site for bird conservation. Version 2.0. Cambridge, UK: BirdLife International. Disponible en internet: <http://www.birdlife.org> (visitado el 20/10/2008).

California Council for Environmental & Economic Balance. 2005. Once Through Cooling Systems. State Water Resources Control Board Phase II 316(b) Workshop – Oakland, CA. December 7, 2005.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	219
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Decreto con Fuerza de Ley N° R.R.A. 25. 1963. Legisla sobre bonificación y comercio de fertilizantes, desinfectantes y pesticidas.

Decreto Supremo 05. 1998. Reglamento de la Ley de Caza. 9 de enero de 1998.

Diario Oficial. 2008. Aprueba y Oficializa Nómina para el Segundo Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación. 30 de junio de 2008.

Estades, C.F. 2001. Informe sobre Validación Técnica del Proyecto “Validación de Procedimientos Técnico-Administrativos para Listar Especies en Categorías de Conservación”. CONAMA, Santiago, Chile.

Estades, C.F. 2004. Estrategia Nacional para la Conservación de Aves 2004. Unión de Ornitólogos de Chile y Universidad de Chile, 22 p.

Glade, A. (ed). 1988. Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile, Corporación Nacional Forestal (CONAF), Primera Edición. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. 65 p.

Jaramillo, A., P. Burke & D. Beadle. 2005. Aves de Chile. Ingoprint SA, Barcelona, España. 240 pp.

Monroe, BL & C.G. Sibley. 1997. A World Checklist of Birds. Yale University Press, New Haven.

Oedekoven C, D Ainley & L Spear. 2001. Variable responses of seabirds to change in marine climate: California Current, 1985 – 1994. Marine Ecology Progress Series 212: 265 – 281.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	220
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Rottmann, J. y M.V. López-Calleja. 1992. Estrategia Nacional de Conservación de Aves. Serie Técnica 1. Servicio Agrícola y Ganadero, División de Protección de los Recursos Naturales Renovables.

Thornback, J. & M. Jenkins. 1982. The IUCN Mammal Red Data Book Part 1. IUCN. Gland. pp 225-227.

Sanchez, G. & S. Zuta. 2000. The 1997-98 El Niño and its effects on the coastal marine ecosystem of Perú. Reports of California Cooperative Oceanic Fisheries, Vol 41. 25p.

Simeone, A., B. Araya, M. Bernal, E. Diebold, K. Grzybowski, M. Michaels, J. Teare, R. Wallace & M. Willis. 2002. Oceanographic and climatic factors influencing breeding and colony attendance patterns of Humboldt penguins *Spheniscus humboldti* in Central Chile. Marine Ecology Progress Series 227: 43 – 50.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	221
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.4 ESTUDIO DE MAMÍFEROS Y REPTILES MARINOS

6.4.1 *Protocolo de Estudio*

Para el estudio de mamíferos y reptiles marinos, el área se dividió entres zonas: Sector Continental Frente Isla Cima Cuadrada, Sector Isla Cima Cuadrada y Sector Ensenada San Pedro.

El día 30 de julio de 2008 se efectuó el levantamiento de los mamíferos y reptiles marinos en el sector suroeste de Punta Cachos, sector continente frente a Isla Cima Cuadrada, desde los 27°41'08,9" S; 71°02'22,7" W hasta los 27°41'37,4" S; 71°02'32,2" W, abarcando una longitud aproximada a los 1.300 metros de largo y 50 metros de ancho promedio estos últimos determinados desde el borde del comienzo de la playa (zona geolitoral, de acuerdo a Alveal & Romo, 1977) y la zona de la rompiente de las olas (intermareal inferior). En total se censó un área de 55.000 m², correspondiente a el área donde se desarrollará el proyecto y sectores aledaños El recorrido se realizó en horario AM (desde las 08:00 hrs. a las 13:30 hrs.) y PM (14:00 hrs. a las 18:30 hrs).

Se contaron e identificaron todos los mamíferos marinos y reptiles que se presentaron. Para tal efecto se utilizaron binoculares Nikon Monarch 10 x 42 y una cámara digital Samsung S750 7.2 Megapixeles, con la cual fueron fotografiados en terreno algunos ejemplares, en el caso que fuera necesario confirmar su identificación posterior con la ayuda de guías especializadas, tales como la de Sielfeld (1983).

El día 31 de julio de 2008, por su parte, se efectuó el censo de mamíferos y reptiles marinos presentes en los alrededores y la isla misma de Cima Cuadrada, recorriendo toda la isla, abarcando un área aproximada de 80.100 m², correspondiente a las inmediaciones del proyecto. El recorrido se realizó en horario PM, desde las 14:30 hrs. a las 16:30 hrs.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	222
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

El día 31 de julio de 2008 se efectuó también el levantamiento de los mamíferos y reptiles marinos en el sector noreste de Punta Cachos, al norte de Caleta San Pedro desde los 27°40'0,55' S; 71°01'19,09' W hasta los 27°39'41,47' S; 71°01'42,97' W, abarcando una longitud aproximada a los 1.200 metros de largo y 50 metros de ancho promedio y la zona de la rompiente de las olas (intermareal inferior). En total se censó un área de 60.000 m², correspondiente a el área donde se desarrollará el proyecto y sectores aledaños. El recorrido se realizó en horario AM (desde las 08:00 hrs. a las 13:30 hrs.) y PM (14:00 hrs. a las 18:30 hrs).

La metodología de censaje fue la misma aplicada en los tres sectores.

6.4.2 Resultados del Estudio de Mamíferos Marinos

- **Sector Continental Frente a Isla Cima Cuadrada**

De acuerdo a Sielfeld (1983) y Aguayo *et al.* (1998), considerando las costas y mares del dominio territorial chileno, en conjunto ambos sectores estarían habitados por 46 especies de mamíferos marinos, los que representan cerca del 82% de las especies conocidas para el hemisferio sur. De este total, no fue posible visualizar especies de mamíferos marinos en el área de estudio, tanto por tierra como por mar.

Tampoco se registraron especies de reptiles marinos en el sector Continental frente a Isla Cima Cuadrada.

- **Sector Isla Cima Cuadrada**

No se visualizaron especies de mamíferos ni reptiles marinos en la isla y sus alrededores.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	223
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Sector Ensenada Sanb Pedro**

Se visualizó e identificó una (1) especie de mamífero marino en el área de estudio, tanto por tierra como por mar. Esta especie corresponde a *Otaria flavescens*, el lobo marino común, el cual fue avistado por mar descansando sobre rocas. Esta especie es el mamífero marino más común de Chile, que habita desde las costas del Perú, en el norte, hasta cabo de hornos (Sielfed, 1983). En esta ocasión se observaron 13 ejemplares, correspondientes a 8 hembras y 5 juveniles, lo que coincide con la distribución indicada en el proyecto FIP Nº 95-28.

En tanto, no se registraron especies pertenecientes a reptiles marinos. Sin embargo, existen antecedentes que indican la presencia de ejemplares de tortuga verde *Chelonias mydas* en el sector de Caleta Chascos, ubicada aproximadamente a 5 kilómetros al sureste del área de estudios. Esta pequeña colonia ha sido monitoreada desde 1996, observándose un máximo de 15 individuos en actividad de forrajeo en las praderas de algas del sector (Brito *et al.*, 2007). Debido a las características físico-químicas de las aguas y a la abundante presencia de distintos géneros de macroalgas, entre los que destacan *Lessonia*, *Ulva*, *Macrocystis* y *Chaetomorpha*, este sector ha sido descrito como el único óptimo para la residencia de tortugas marinas en Chile (Marambio *et al.*, 2007).

6.4.3 Conclusiones del Estudio de Mamíferos y Reptiles Marinos

Los resultados antes expuestos indican que en el área de estudio no fue posible visualizar especies de mamíferos ni reptiles marinos en el sector continental frente a I. Cima Cuadrada y en la isla misma y sus alrededores. Lo anterior no indica que éstas no se encuentren.

Para el caso de el sector de E. San Pedro fue posible visualizar una especie de mamíferos marinos, correspondiente a *O. flavescens*. Esto coincide con la distribución indicada en el proyecto FIP Nº 95-28. A partir de esto se puede aseverar que en la zona

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	224
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

de Ensenada San Pedro existe al menos una especie de mamíferos marinos. Debe mencionarse que esta especie no se encuentra protegida por el Reglamento de la Ley de Caza DS: 05/1998, pero si es considerada recurso hidrobiológico por este reglamento.

En tanto, si bien en ninguno de los sectores se apreciaron ejemplares de reptiles marinos en la zona de estudio, debe recalarse que existen antecedentes de presencia de tortuga verde *Chelonia mydas* en las proximidades, donde el sector de Caleta Chascos, a 5 kilómetros al sureste de Punta Cachos, ha sido descrita como área de alimentación para esta especie.

6.4.4 Bibliografía del Estudio de Mamíferos y Reptiles Marinos

Aguayo-Lobo, A., D. Torres & J. Acevedo. 1998. Los mamíferos marinos de Chile: I. Cetacea. Serie Científica INACH (Chile) 48: 19-159.

Brito, J., G. Domínguez, M. Marambio & P. Gysel. 2007 La necesidad de proteger a las tortugas marinas de Chascos, Bahía Salado, Región de Atacama, Chile. VII Simposio sobre Medio Ambiente: Estado Actual y Perspectivas de la Investigación y Conservación de las Tortugas Marinas en las Costas del Pacífico Sur Oriental. Antofagasta. 27 – 29 de septiembre.

Corporación Nacional Forestal (CONAF). 1993. Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile. Alfonso Glade (Ed.). Segunda Edición. 67 p.

Iriarte, A. 1999. Marco legal relativo a la conservación y uso sustentable de aves, mamíferos y reptiles marinos de Chile. Estad. Oceanol., 18: 5 -12.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	225
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Marambio, M., C. López & J. Brito. 2007. Nuevo registro de una población de *Chelonia mydas* residente en un área de alimentación en la costa de la región de Atacama, norte de Chile. VII Simposio sobre Medio Ambiente: Estado Actual y Perspectivas de la Investigación y Conservación de las Tortugas Marinas en las Costas del Pacífico Sur Oriental. Antofagasta. 27 – 29 de septiembre.

Sielfeld, W. 1983. Mamíferos marinos de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago. 199 pp.

Thornback, J. & M. Jenkins. 1982. The IUCN Mammal Red Data Book Part 1. IUCN. Gland. pp 225-227.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	226
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

7. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Abundancia: Definida como el número de ítems (organismos) por unidad de superficie o volumen. En el caso de las comunidades biológicas de fondo marino, se estandariza la abundancia como el número de organismos (individuos) por metro cuadrado (ind/m^2).

Análisis Faunístico: Análisis que determina la composición del conjunto de los animales de una determinada área. En el presente estudio, concierne a la composición de la fauna correspondiente a las comunidades macrobentónicas submareales.

Biodiversidad o Diversidad Biológica: La variabilidad de los organismos vivos, que forman parte de todos los ecosistemas terrestres y acuáticos. Incluye la diversidad dentro de una misma especie, entre especies y entre ecosistemas.

Biomasa: Corresponde a la masa (peso) viva de los organismos. En análisis de comunidades macrobentónicas submareales, se expresa como peso seco libre de cenizas (g/m^2); esto es, los organismos son mantenidos en alcohol, para luego secarlos a temperatura ambiente (peso 1) y calcinarlos en un horno de mufla a 500 °C por 30 minutos y luego pesarlos (peso 2). La diferencia entre ambos pesos se denomina peso seco libre de cenizas.

Biota: Todos los organismos vivos. Contrario a Abiótico.

Comunidades Bentónicas: Conjunto de organismos (vegetales y animales) que se encuentran fijos a substratos de los fondos marinos, excavan en el sedimento o dependen de él para su subsistencia.

Comunidades Intermareales: Conjunto de organismos que se repite regularmente, cuyo hábitat se encuentra localizado por el área que baña las mareas, es decir, se ubica desde el supralitoral (zona de la costa a donde no llega el agua del mar en los niveles más altos de las mareas) al infralitoral (zona que queda por debajo del nivel inferior de la marea).

Comunidades Macrobentónicas Submareales: Conjunto de organismos (vegetales y animales) que se encuentran fijos a substratos de los fondos marinos o dependen de él para su subsistencia, que poseen un tamaño superior a 1.0 mm y que viven bajo el nivel de las mareas.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	227
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Comunidades Submareales: Conjunto de organismos que se repite regularmente, cuyo hábitat se encuentra localizado bajo el nivel de las mareas.

Contaminación: La presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones o concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponde, a las establecidas en la legislación vigente.

Contaminante: Todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

Dinámica del Fondo: Relativo a los procesos que se producen en las inmediaciones del fondo del mar, que generan movimientos de las aguas y los sedimentos, y su relación con las fuerzas que los generan.

Diversidad Específica (H'): Es una característica típica del nivel de la comunidad en la organización biológica de un ecosistema, considerándose como una expresión de la estructura de la comunidad. La diversidad específica relaciona el número de especies de una comunidad y el número de individuos por especies. La sigla H' corresponde al índice de diversidad de Shannon-Wiener, definido como:

$$H' = \sum p_i \log_2 p_i, \quad \text{donde:}$$

$p_i = n_i/N$ (siendo n_i = Número de Individuos de la i -ésima especie y N = Número Total de Individuos).

s = Número Total de Especies

Este índice relaciona la teoría cibernética y la ecología. En general, se dice que una comunidad tiene diversidad específica alta si muchas especies presentes son iguales o semejantes en cuanto a su abundancia; por otra parte, cuando la comunidad está compuesta por muy pocas especies, o si únicamente muy pocas especies son abundantes, la diversidad específica es baja.

Espectrofotometría de Absorción Atómica: Metodología de cuantificación que utiliza las características de los átomos de los elementos de absorber luz en estado excitado, mediante una llama.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	228
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Fondos Blandos: Material que se posa en las profundidades del fondo del mar, de origen detrítico (mecánico), químico y orgánico, que puede ser removido mecánicamente.

Grupo Taxonómico: Aquel que se ha dividido de acuerdo a los criterios de clasificación biológica zoológica.

Índice de Diversidad: Ver Diversidad Específica (H').

Macroinfauna Submareal: Conjunto de organismos (animales) de tamaño mayor a 1 mm, que habitan entre los intersticios de los sedimentos (enterrados en él) y viven bajo el nivel de las mareas.

Metales Traza o Pesados: Elementos químicos presenten en bajas concentraciones (trazas de partes por billón, ppb) que reúnen un conjunto de características similares semejantes, entre las que destacan: a) presentan un mismo estado de oxidación (generalmente cationes bivalentes), b) tienen igual distribución electrónica de las capas externas (metales de transición) y c) poseen pesos atómicos comprendidos entre 63.55 a 200.59 g mol⁻¹. Los más comunes son el cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn).

Medio Ambiente: El sistema global constituido por elementos naturales o artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales o sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.

Método Tamizado ASTM: Método a través del cual se separan las partes sutiles de las más gruesas de los sedimentos, haciéndolas pasar a través de mallas ASTM, esto es, aros provistos de telas de diferentes diámetros de abertura de malla.

Riqueza Específica (S): Número de especies de un conjunto determinado (estación).

Sedimentos: Cada uno de los materiales depositados por sedimentación. Pueden ser de origen detrítico (mecánicos), químicos y orgánicos.

Sublitoral: Que está bajo el límite de la orilla del mar.

Uniformidad Específica (J): Grado de uniformidad en la distribución de las abundancias relativas entre las especies de una comunidad. La sigla J' corresponde al índice de uniformidad específica de Pielou, definido como:

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	229
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

$$J' = H'/H'_{max}, \quad \text{donde:}$$

H' = Diversidad Específica de Shannon-Wiener.

$H'_{max} = \log_2 S$

S = Número de Especies.

S

Zona Geolitoral: Hábitat influido principalmente por condiciones aéreo-terrestres aunque esporádicamente recibe la influencia del medio marino a través de salpicaduras en las grandes marejadas o por la llovizna producida por el choque de las olas.

 EcoTECNOS	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN Campaña de Invierno	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	230
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

ANEXOS