

INFORME TÉCNICO

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



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



- ENERO 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

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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	4
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	6
2. CALENDARIO DE ACTIVIDADES	7
3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y USOS DEL BORDE COSTERO	10
3.1 USOS DE LA ZONA COSTERA	10
3.2 ANTECEDENTES AMBIENTALES DE CARÁCTER TÉCNICO Y CIENTÍFICO DE LA ZONA COSTERA	12
3.3 BIBLIOGRAFÍA DE LA DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y USOS DEL BORDE COSTERO	18
4. ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA COLUMNA DE AGUA MARINA	20
4.1 PROTOCOLO DE MUESTREO Y ANÁLISIS	20
4.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA	22
4.3 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA	38
4.4 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA	39
5. ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE SEDIMENTOS SUBMAREALES	42
5.1 ANÁLISIS FÍSICO	42
5.2 ANÁLISIS QUÍMICO	53
5.3 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN SEDIMENTOS SUBMAREALES	65
5.4 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN SEDIMENTOS SUBMAREALES	65
6. ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS	71
6.1 CAMPAÑAS DE MEDICIONES	71
6.2 CORRENTOMETRÍA EULERIANA	72
6.3 CORRENTOMETRÍA LAGRANGIANA (DERIVADORES)	97
6.4 DERIVA LITORAL	106

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	5
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

	Pág.
6.5 ESTUDIO DE DISPERSIÓN CON TRAZADORES QUÍMICOS (RODAMINA B)	108
6.6 ESTUDIO DE RÉGIMEN DE VIENTOS LOCALES	119
6.7 ESTUDIO DE RÉGIMEN DE MAREAS	131
6.8 BIBLIOGRAFÍA DE LOS ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS	142
7. ECOLOGÍA DE COMUNIDADES BIOLÓGICAS	143
7.1 ESTUDIO DE COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS SUBMAREALES	143
7.2 ESTUDIO DE COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS INTERMAREALES	179
7.3 ESTUDIO DE AVIFAUNA	197
7.4 ESTUDIO DE MAMÍFEROS Y REPTILES MARINOS	204
8. GLOSARIO DE TÉRMINOS	206
 ANEXOS	 210
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 LAGRANGINAS (DERIVADORES)
ANEXO VII:	LISTADO RESULTADOS ESTUDIO DISPERSIÓN
ANEXO VIII:	LISTADO DE VIENTOS
ANEXO IX:	LISTADO DE MAREAS
ANEXO X:	CERTIFICACIÓN SHOA PARA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS

 EcoTecnos	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	6
		Fecha de emisión: 28/01/2008	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. 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 comprendieron el estudio de las comunidades macrobentónicas submareales de sustrato blando e

intermareales de sustratos duros, el estudio de la avifauna y el de mamíferos y reptiles marinos.

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 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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	7
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

2. CALENDARIO DE ACTIVIDADES

A continuación se detalla el calendario de actividades ejecutado en terreno para llevar a cabo el estudio de línea de base ambiental, en las matrices ambientales que se describe en este Informe Técnico:

1. Día 04/12/2007: 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° 13.270/04/454/VRS del 06 de noviembre del 2007, de autorización para realizar actividades de investigación tecnológica marina (cuya copia se adjunta en el **ANEXO I**).
2. Día 03/12/2007: Se da comienzo al estudio de avifauna y de mamíferos y reptiles marinos. Asimismo, se lleva a cabo el estudio de comunidades macrobentónicas intermareales.
3. Día 05/12/2007: Se da término al estudio de avifauna y de mamíferos y reptiles marinos.
4. Día 13/12/2007: Se procede a la instalación del perfilador acústico ADCP para estudio de corrientes eulerianas y mareas y de la estación anemométrica (medición de vientos).
5. Día 18/12/2007: Se efectúa el estudio de correntimetría lagrangiana (derivadores) en fase de marea cuadratura, vaciante y llenante. En forma paralela, se lleva a cabo el estudio de dispersión con rodamina en las mismas fases de marea.
6. Día 09/01/2008: Se lleva a cabo el estudio de correntimetría lagrangiana (derivadores) en fase de marea sicigia, vaciante. En forma paralela, se lleva a cabo el estudio de dispersión con rodamina en la misma fase de marea.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	8
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

7. Día 10/01/2008: Se realiza el estudio de correntimetría lagrangiana (derivadores) en fase de marea sicigia, llenante. En forma paralela, se lleva a cabo el estudio de dispersión con rodamina en la misma fase de marea.

8. Día 16/01/2008: En horario AM se efectúa la toma de muestras de la columna de agua marina y los perfiles de CTD, junto a la toma de muestra de sedimentos submareales para análisis químico y de comunidades bentónicas de fondo blando. Procesamiento preliminar de muestras de comunidades macrobentónicas submareales. Envío de muestras de agua y sedimentos al laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Valparaíso. Se procede al retiro del ADCP y de la estación anemométrica. Fin de las actividades de terreno

El resultado del posicionamiento de las estaciones se ha insertado en la **Figura 2.1**. 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”*.

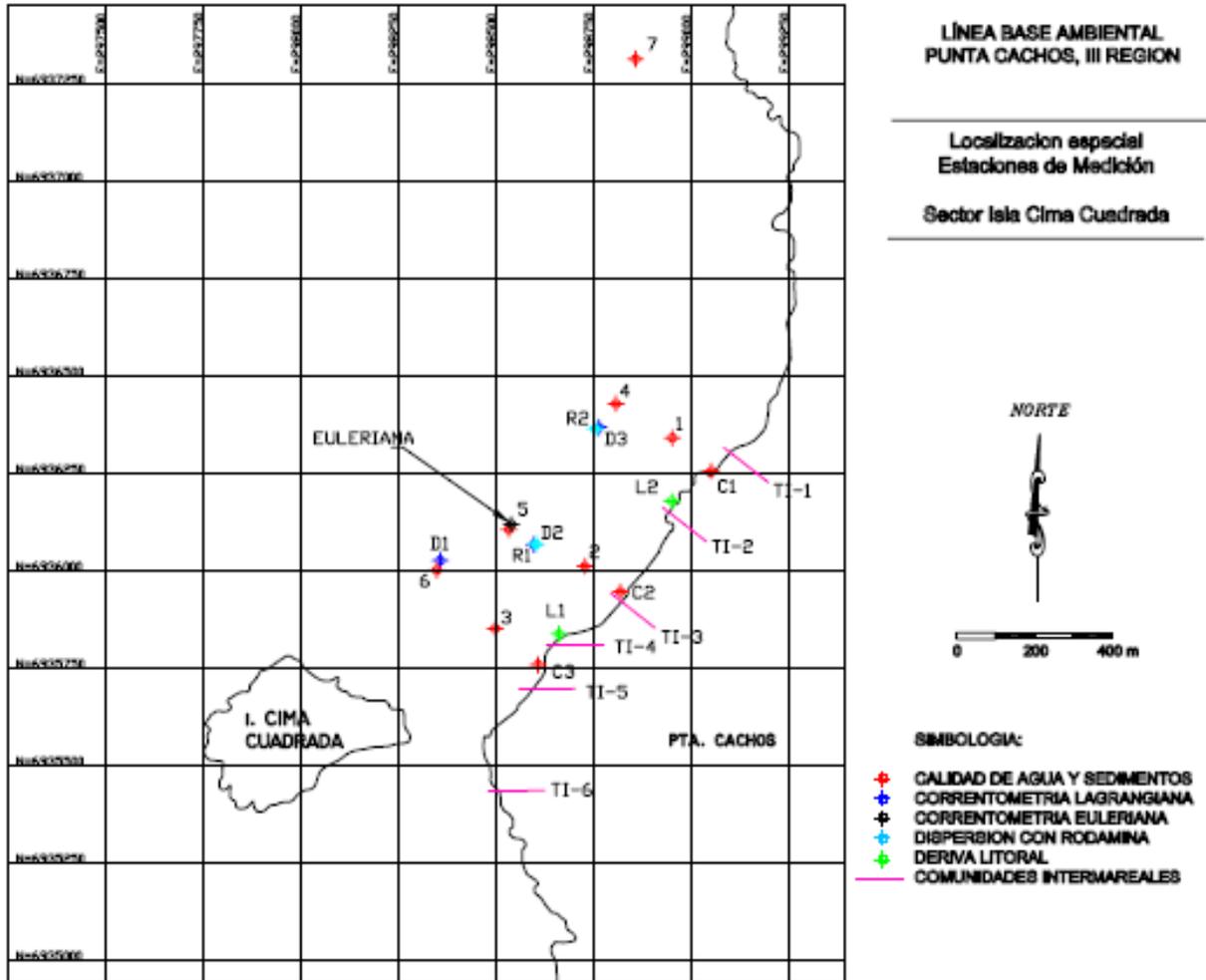


Figura 2.1. Ubicación de las estaciones para el estudio de cada una de las matrices ambientales analizadas en el sector de Isla Cima Cuadrada.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	10
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y USOS DEL BORDE COSTERO

3.1 USOS DE LA ZONA COSTERA

3.1.1 Metodología de Estudio

La descripción y caracterización de las actividades que se desarrollan en torno al borde costero que se describirán a continuación han sido consultadas ante órganos de administración del estado con competencia ambiental, entre los que destacan: Comisión Regional del Medioambiente (COREMA), Servicio Regional de Pesca, Subsecretaría de Pesca, Subsecretaría de Marina, SERNATUR, Gobierno Regional de Atacama entre otros. Además, se efectuó una exhaustiva recopilación de la información arrojada vía Internet.

3.1.2 Usos del Borde Costero

En el borde costero de los alrededores de I. Cima Cuadrada se realizan actividades relacionadas con la pesca artesanal, no existiendo sectores de construcciones habitacionales ni actividades turísticas.

- **Caletas de Pescadores**

Caleta Pajonales: Esta caleta se ubica aproximadamente 5 kilómetros hacia el sur del límite sur de la zona de estudio. Posee una extensa Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB), con un largo total de aproximadamente 7 kilómetros y un área de 310 hectáreas, que se ubica hacia el norte de la caleta (**Figura 3.1.2.1**), entre los 27°43'00"S 71°02'30,09"W y 27°29'38,33"S 71°01'59,38"W, área dentro de la cual se ubicaría la futura central Termoeléctrica. Los principales recursos explotados, según el Servicio Nacional de Pesca (2005), son el chascón o huiro negro (*Lessonia nigrescens*), la lapa negra (*Fissurella latimarginata*) y pulpo (*Otopus mimus*).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	11
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

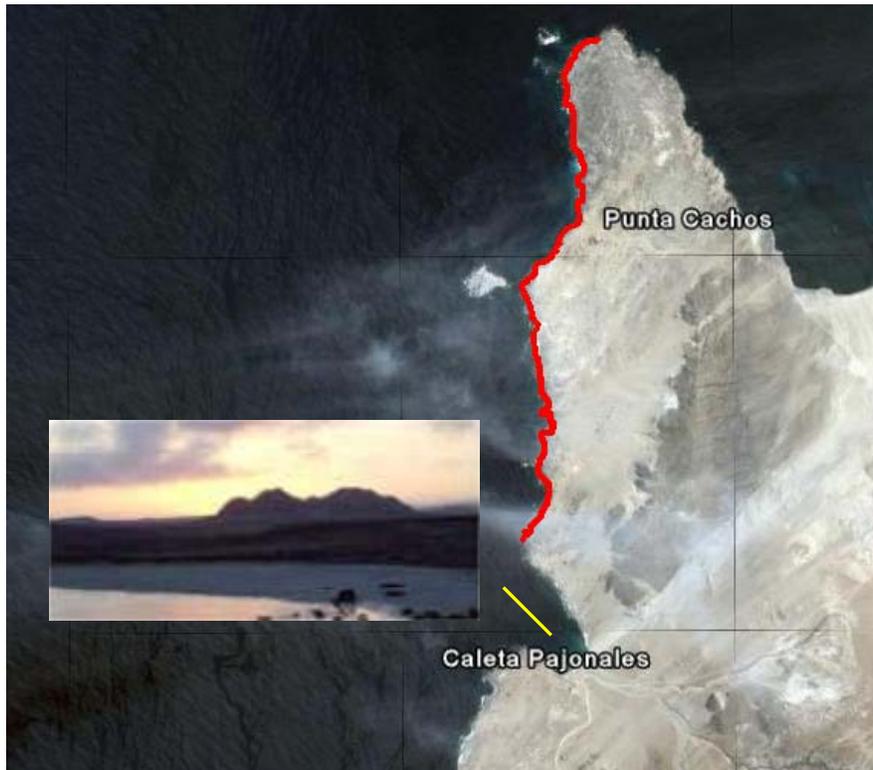


Figura 3.1.2.1. Imagen satelital del área de estudio. En rojo se observa el borde costero del Área de Manejo de Recursos Bentónicos de Caleta Pajonales.

- **Centros de Cultivo**

Centro de Cultivos Carrizal: Corresponde a un centro de cultivo de ostión del norte *Argopecten purpuratus*. Se encuentra emplazado en el sector de Ensenada de San Pedro. El centro tiene una extensión de 19,02 hectáreas en el mar, cuyos límites pueden observarse en la **Figura 3.1.2.2**. En tanto, en tierra posee una superficie total aproximada de 3 hectáreas, de las cuales alrededor del 50% corresponden a terreno rocoso. Su producción anual está proyectada en 400 toneladas promedio. Este centro se encuentra en funcionamiento desde fines del 2004.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	12
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	



Figura 3.1.2.2. Imagen satelital con el detalle de localización del centro de cultivo Carrizal.

3.2 ANTECEDENTES AMBIENTALES DE CARÁCTER TÉCNICO Y CIENTÍFICO DE LA ZONA COSTERA

3.2.1 Metodología de Estudio

Se realizó una recopilación de la información técnica y científica disponible para el área de estudio. La recopilación de antecedentes está basada en medios de difusión especializados, entre los cuales se pueden mencionar publicaciones científicas, congresos, revistas, EIA o DIA de la zona de estudio, bibliotecas de universidades regionales y toda la información disponibles en la biblioteca particular de EcoTecnos Ltda.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	13
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

3.2.2 Antecedentes Ambientales de Carácter Técnico y Científico

- **Antecedentes Biológicos**

Frente a Punta Cachos se ubica Isla Cima Cuadrada, localmente llamada Isla San Pedro por los pescadores de los alrededores, es una pequeña isla que se emplaza frente a la zona de estudio (**Fotografía 3.2.2.1**). En ella se puede observar un importante número de aves marinas, tanto residentes como migratorias. Entre éstas destacan gaviotas comunes (*Larus dominicanus*), gaviota franklin (*L. pipixcan*), pelícanos (*Pelecanus thagus*), piqueros (*Sula variegata*), guanay (*Phalacrocorax bougainvilli*), pingüino de humboldt (*Spheniscus humboldti*), entre otros. Cabe destacar que pese a existir un importante número de aves guaneras (*P. thagus*, *S. variegata* y *P. bougainvilli*), esta isla no se considera guanera debido a la baja producción por año. Sin embargo, existen antecedentes de recolección ocasional de este producto. Según Araya (1983) ésta es un área de nidificación del pingüino de humboldt (*S. humboldti*), donde existiría una colonia de al menos 180 individuos, con nidos ocupados y activos.



Figura 3.2.2.1. Vista de Isla Cima Cuadrada desde Punta Cachos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	14
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En tanto, al otro costado de Punta Cachos, al sureste de Ensenada San Pedro, se ubica Caleta Chascos. Esta es un área de interés paleontológico y científico, en donde se han encontrado numerosos registros fósiles de gran valor. En esta zona también se ha observado la presencia de una pequeña población de tortuga oliva *Chelonia mydas*, las que residen de manera permanente en el sector. Este grupo de tortugas varía desde 3 a 15 individuos, observándose tanto machos como hembras. Asimismo, la zona se ha descrito como área de alimentación para esta especie (Brito *et al.*, 2007, Marambio *et al.*, 2007).

- ***Antecedentes Oceanográficos y Climatológicos***

Punta Cachos (27° S; 41° W) se encuentra ubicada a 110 kilómetros al noreste de Copiapó, Capital de la Región Atacama (**Fotografía 3.2.2.1**). Esta área presenta trenes de ola que tienden a dirigirse hacia el norte. La zona del intermareal es rocosa, con algunas zonas de playa de arena, observándose algunos sectores de cantos rodados y otras de promontorios rocosos.

Desde el punto de vista meteorológico, la zona presenta un *clima desértico con nublados abundantes* (Dirección Meteorológica de Chile, http://www.meteochile.cl/climas/climas_tercera_region.html). Este clima está presente en todo el sector costero de la región, penetrando en ocasiones hacia el interior, llegando a las proximidades de Copiapó y Vallenar. Se caracteriza por abundante y densa nubosidad, que se presenta durante la noche y disipa durante la mañana, a veces acompañada de intensas nieblas y lloviznas, lo que define una alta cantidad de días nublados y pocos días despejados. La influencia oceánica que presenta esta zona produce un régimen térmico moderado con poca amplitud térmica tanto diaria como anual. Las precipitaciones son mayormente frontales, ocurren casi exclusivamente en invierno y aumentan hacia la zona sur, siendo de 22 mm en promedio.

Según lo indicado por el Atlas Oceanográfico de Chile (SHOA 1996), la temperatura superficial del área de estudio es de alrededor de 18° C para el mes de enero (época en el

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	15
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

que se realizó este estudio). En éste también se señalan salinidades entre 34,5 psu y una concentración de oxígeno superficial de 5 ml/L para el mismo período.

En tanto, de acuerdo a la información *on line* del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA, <http://www.shoa.cl/servicios/TSM/regiones/caldera.htm>), para el sector de Caldera, la temperatura promedio máxima histórica de las aguas superficiales entre los años 1980 y 2000 alcanzó los 18,10° C, mientras que la temperatura promedio mínima histórica ha sido de 14,20° C (**Figura 3.2.2.1**).

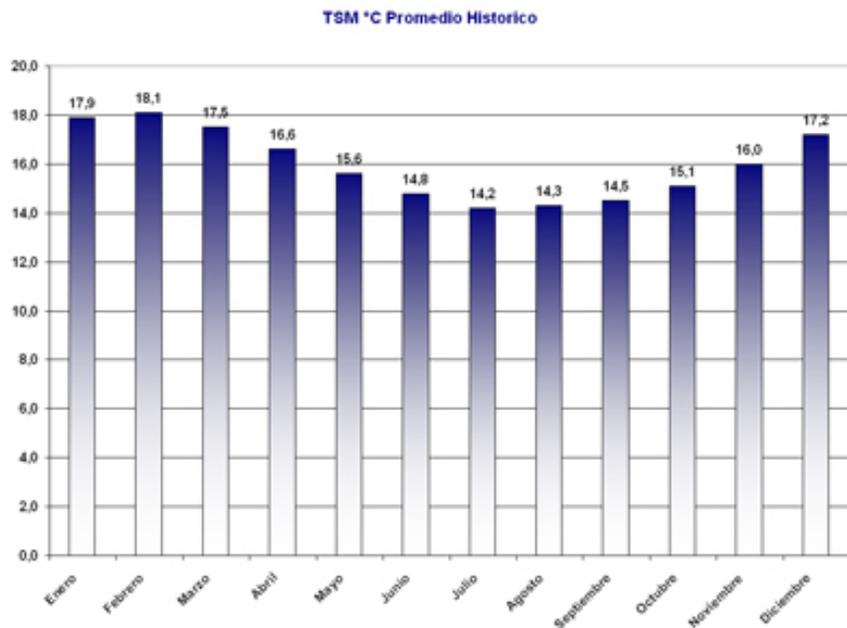


Figura 3.2.2.1. Promedio histórico de temperaturas superficiales de Caldera calculado sobre una base de datos de los últimos 20 años (1980-2000) (Fuente: SHOA, <http://www.shoa.cl/servicios/TSM/regiones/caldera.htm>).

En tanto, los factores más importantes que controlan el tiempo atmosférico y condicionan el clima de la región, son: a) el anticiclón subtropical del Pacífico Oriental, b) la banda circumpolar de sistemas migratorios de bajas presiones, a la cual se asocian los sistemas

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	16
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

frontales, y c) la baja térmica estacional, que se registra en verano. Otros dos factores importantes son la cordillera de Los Andes, que aísla el país de las masas de aire continentales y el efecto oceánico de la corriente fría de Humboldt, que tiende a homogenizar la temperatura a lo largo de la costa.

El anticiclón del Pacífico es una gran región de altas presiones subtropicales de carácter semipermanente, que se ubica sobre el Pacífico Sudoriental, frente al litoral norte del país. Este centro se desplaza aproximadamente entre los 27° y los 38° de latitud sur, teniendo como eje el meridiano 100° oeste, y constituye un área estabilizadora en torno a la cual circulan las tormentas. En esta gran área anticiclónica, se generan masas de aire extremadamente secas y de gran estabilidad atmosférica, lo que determina que la precipitación sea escasa en el área de su influencia.

El clima de la región también recibe la influencia de perturbaciones frontales originadas en el Frente Polar Antártico, en donde interaccionan dos tipos de masas de aire: una fría de origen polar, y otra más cálida de origen subtropical. Por el choque de estas masas de aire, se originan perturbaciones o depresiones frontales, que migran hacia el norte del país, provocando lluvias, vientos de gran intensidad y temporales. Los efectos de estas perturbaciones dependen de la latitud y de las características de los frentes en cuestión.

El predominio de estos dos centros de acción determina variaciones en los patrones climáticos de la región, a saber, una sucesión regular de buenas condiciones de tiempo asociadas a las influencias anticiclónicas, e interrumpidas ocasionalmente, por malas condiciones de tiempo causadas por la actividad frontal.

El rango distintivo más notable, lo constituye la extensión del Anticiclón del Pacífico, el cual sufre desplazamientos en el año hacia el norte y el sur. Así, por ejemplo, en la época estival su influencia se extiende más al sur de Chiloé y, penetra decididamente hacia el interior del continente, generando buen tiempo en esas latitudes; en cambio, en los meses más fríos, se acerca al ecuador y se aleja del continente americano.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	17
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

La migración latitudinal del Anticiclón a través del año, provoca que la ocurrencia de mal tiempo entre los 23° y 38° S se concentre en los meses de invierno (mayo a agosto), cuando la Alta se desplaza hacia el norte del país. Bajo esta condición, es posible el arribo de ciclones de corta duración (2-3 días), que con sus frentes asociados, causan lluvias y vientos intensos del cuarto cuadrante. Al avanzar hacia el norte del país, estos frentes llegan atenuados por el efecto del bloqueo anticiclónico. En verano, cuando el Anticiclón recupera su posición promedio, el mal tiempo ciclónico queda excluido, y en esta situación prevalecen los vientos del S y SW, los cuales son favorables para el desarrollo de la surgencia costera, responsable de la alta productividad de las aguas marinas.

Otra fuente de mal tiempo es la depresión térmica continental, que sucede a períodos de buen tiempo, provocando días nublados, lloviznas, temperaturas algo más frías y vientos débiles del norte. Estas condiciones son de corta vida (uno a dos días), y ocurren con mayor frecuencia en verano, sobre todo en las regiones costeras y cuencas del centro y norte de Chile. Por ejemplo, entre Coquimbo y Caldera, en época de primavera verano, hay días en los cuales se puede producir un fuerte calentamiento en superficie, elevándose la masa de aire, y si esta tiene suficiente humedad, el enfriamiento durante el ascenso produce niebla o neblina en superficie, y nubosidad en capas bajas, sin que se produzca lluvia. Esta formación de nubes se conoce como vaguada, depresión térmica o baja costera, porque se desarrolla cerca de la costa; el término de baja es porque el ascenso del aire, simultáneamente produce una disminución de la presión en superficie. Su duración típica es de dos días y medio, ya que si no se unen con algún sistema frontal, al tercer día, la radiación solar en el tope de las nubes, disipa la delgada capa de nubes.

En términos generales, el régimen de vientos de la región queda definido por los centros de acción atmosféricos, ya que la actividad ciclónica se relaciona con la dirección norte y norweste, mientras que la actividad anticiclónica es anunciada por los vientos del tercer cuadrante (S y SW).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	18
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Como la región se encuentra bajo el predominio Anticiclónico, la dirección reinante del viento es S y SW, la mayor parte del año. El rasgo más importante de este régimen, son los pulsos de vientos del SW (*surazos*) que se originan cuando la Alta se intensifica. Esta situación, puede condicionar una circulación sostenida del sur, con vientos superiores a 15 nudos, y marejadas locales del tercer cuadrante.

En los meses de otoño e invierno, y en coincidencia con el repliegue del Anticiclón hacia latitudes más bajas, la región es perturbada ocasionalmente por frentes migratorios depresionarios de corta duración del frente polar (temporales). Como la circulación atmosférica en presencia de ciclones rota en sentido horario, el viento responde antes del paso de su núcleo, con una dirección principalmente norte (NW), y con intensidades crecientes, que pueden llegar a 20 o 30 nudos durante períodos de tormenta, no obstante a la latitud de Caldera, los frentes en cuestión llegan atenuados por el bloqueo Anticiclonal.

Este régimen estacional se complementa con ciclos diurnos costeros, los cuales están controlados por la radiación solar y la geometría de línea de costa. Desde el mediodía es común una circulación atmosférica sostenida mar a tierra, que se extingue con la puesta del sol. De madrugada la circulación atmosférica es variable y aparece una ligera brisa terrestre, con una componente hacia el mar, lo que determina condiciones de mar calmo.

3.3 BIBLIOGRAFÍA DE LA DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y USOS DEL BORDE COSTERO

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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	19
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Centro de Cultivos Carrizal. 2005. Declaración de Impacto Ambiental. Proyecto “Cultivo del Ostión del Norte en Ensenada San Pedro Caleta Chasco”, Nº PERT: 99031042. 32p

Centro de Cultivos Carrizal. 2007. Declaración de Impacto Ambiental. “Modificación al Proyecto Cultivo del Ostión del Norte en Caleta Chasco, Cultivos Carrizal Limitada” Nº PERT. 206031053. 22p

Corporación Nacional del Medio Ambiente CONAMA. www.conama.cl

Diario Oficial de la República de Chile. 24 de Abril de 2007. Otorga Concesión de Acuicultura. www.diariodigital.cl.

Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante. Directemar www.directemar.cl.

Dirección Meteorológica de Chile. www.meteochile.cl.

Servicio Nacional de Pesca. SERNAPesca. www.sernapesca.cl.

Subsecretaría de Marina. www.subsecmar.cl

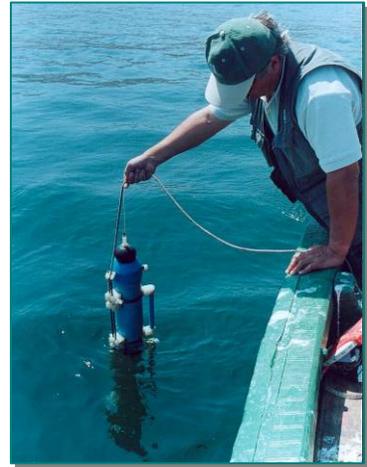
Victoriano P, A. González & R. Schlatter. 2006. Estado de conocimiento de las aves de aguas continentales de Chile. Revista Gayana 70(1): 140 – 162.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	20
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

4. ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA COLUMNA DE AGUA MARINA

4.1 PROTOCOLO DE MUESTREO Y ANÁLISIS

El día 16 de enero de 2008 se llevó a cabo la toma de muestras de la columna de agua marina en los sectores adyacentes al futuro proyecto de la Central Termoeléctrica (alrededores de Isla Cima Cuadrada). En esta área se obtuvieron muestras en un total de siete estaciones (**Figura 2.1**), en subsuperficie (0,5 metros) y a un metro del fondo, abarcando el frente del sector. Asimismo, se seleccionó una estación Control, ubicada al N del área propiamente tal del proyecto, siendo considerada como estación de referencia. Las muestras de columna de agua fueron tomadas a bordo de una embarcación menor, haciendo uso de botellas Niskin (**Fotografía 4.1.1**).



Fotografía 4.1.1. Inmersión de botella Niskin en la columna de agua de mar.



Fotografía 4.1.2. 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 4.1.2**), 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 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 4.1.1**. Es

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	21
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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 4.1.1

Parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados en la columna de agua y metodologías aplicadas en cada uno de ellos. Punta Cachos. Enero de 2008.

PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO
pH	Phmetro (electrométrico)
Temperatura	CTDO (potenciométrico) (*)
Oxígeno Disuelto	CTDO (potenciométrico) (*)
Salinidad	CTDO (potenciométrico) (*)
Transparencia	Disco Secchi
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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	22
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

4.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA

4.2.1 *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.
- *Anteproyecto de Norma de Calidad Ambiental en Aguas Marinas: Nivel Nacional*, aprobado mediante Resolución 286 del 02 de abril del 2001. **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:

- 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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	23
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

El detalle de los resultados de **pH** entregados en la **Tabla 4.2.1.1**, indica que éstos oscilaron entre 7,8 (estación 4, fondo) y 8,2 (estación 4, superficie), es decir, tanto el mayor valor como el menor se registraron en la misma estación. Asimismo, no se aprecian diferencias importantes 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 de estudio 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, los resultados para este parámetro indican ausencia de alteración de la acidez de las aguas marinas de las estaciones estudiadas en los alrededores del área de estudio. Esta condición se explicaría por la alta 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 (CaCO₃), 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).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	24
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 4.2.1.1

Resultados de los análisis de pH y transparencia (disco Secchi) en las estaciones de aguas marinas. Punta Cachos, enero de 2008.

Estación			Parámetro		
Identificación	Prof. Est. (m)	Prof. Muestra	pH	Oxíg. Dis. (mg/l)	Transparencia (m)
1	13,0	Sup.	8,1	7,1	3,5
		Fondo	7,9	6,2	
2	12,0	Sup.	8,1	7,0	3,5
		Fondo	8,0	5,8	
3	13,0	Sup.	8,1	7,2	3,4
		Fondo	8,1	6,2	
4	20,0	Sup.	8,2	6,8	4,2
		Fondo	7,8	5,4	
5	19,0	Sup.	8,1	7,2	4,0
		Fondo	8,0	4,7	
6	18,0	Sup.	8,1	7,2	4,2
		Fondo	7,9	5,1	
7 (Control)	20,0	Sup.	8,0	7,3	4,2
		Fondo	7,9	4,8	
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.

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, 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**, estos variaron en superficie entre 6,8 mg/l (estación 4) y 7,3 mg/l (estación control). Se observa que en todos los casos los

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	25
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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 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, las oxiclinas en el área de estudio son importantes, llegando a alcanzar un $\Delta O_2=2,50 \text{ mg/l}$ en las estaciones 5 y control, lo que refleja la situación antes descrita respecto a la distribución en la columna de agua de los contenidos de oxígeno disuelto. Situaciones similares han sido señaladas para 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 ml/l”. Pese a que en este estudio no se alcanzan valores tan bajos como 1,0 mg/l de O_2 , si se aprecian claras oxiclinas en la columna de agua.

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 superficiales en los alrededores 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 desprende al comparar los niveles de O_2 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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	26
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Por su parte, los valores de **disco Secchi** medidos *in situ* (**Fotografía 4.2.1.1**) en el área de interés denotan una columna de agua con una transparencia media, lo que se relacionaría básicamente con la resuspensión de sedimentos por acción del oleaje, el cual en el área de estudio es de importancia.



Fotografía 4.2.1.1.
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

Considerando una constante de 1,7 definida en 1930, la capa eufótica se puede estimar teóricamente en 2,5*Z_s (Cognetti *et al.*, 2001). Con esto, en el área de estudio la capa eufótica se sitúa entre los 8,5 y 10,5 metros; por lo tanto, en todas las estaciones más de la mitad de la profundidad de la columna de agua correspondería a zona eufótica. Esto explicaría los altos valores de oxígeno disuelto presentes en la capa superior de cada estación, pues en esta capa la tasa fotosintética es positiva, es decir, suficiente para

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	27
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

superar por término medio los procesos respiratorios día – noche en el ecosistema marino.

En tanto, en la **Tabla 4.2.1.2** se indican los resultados de los parámetros cloro residual, nitrato, nitrógeno amoniacal y aceites y grasas.

Tabla 4.2.1.2

Resultados del análisis de Cloro Libre Residual, Nitrato, Nitrógeno Amoniacal y Aceites y Grasas. Punta Cachos, enero de 2008.

Estación	Prof. (m)	Cloro Libre Residual (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Nitrógeno Amoniacal (mg/l)	Aceites y Grasas (mg/l)
1	Sup.	< 0,01	0,220	0,033	0,10
	Fondo	< 0,01	0,178	0,021	<0,05
2	Sup.	< 0,01	0,190	0,031	0,25
	Fondo	< 0,01	0,175	0,018	0,30
3	Sup.	< 0,01	0,215	0,019	0,10
	Fondo	< 0,01	0,200	0,011	0,10
4	Sup.	< 0,01	0,184	0,022	0,05
	Fondo	< 0,01	0,172	0,016	0,10
5	Sup.	< 0,01	0,175	0,040	<0,05
	Fondo	< 0,01	0,114	0,021	<0,05
6	Sup.	< 0,01	0,202	0,031	<0,05
	Fondo	< 0,01	0,166	0,010	<0,05
7 (Control)	Sup.	< 0,01	0,198	0,036	<0,05
	Fondo	< 0,01	0,168	0,011	<0,05
Referencias		<0,002 (1) 0,002 – 0,01 (2)	-	<0,09 (1) 0,09 – 0,180 (2)	10,0 (3)

- (1) Norma Secundaria de Calidad Ambiental para Protección de las Aguas Marinas. **Clase 1.** Anteproyecto de Norma de Calidad de Aguas Marinas: Nivel Nacional.
- (2) Norma Secundaria de Calidad Ambiental para Protección de las Aguas Marinas. **Clase 2.** Anteproyecto de Norma de Calidad de Aguas Marinas: Nivel Nacional.
- (3) Norma Primaria de Calidad Ambiental para Aguas Marinas. Anteproyecto de Norma de Calidad de Aguas Marinas: Nivel Nacional.

La **Tabla 4.2.1.2** 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

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	28
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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 de entre 0,002 – 0,01 mg/l, es posible desprender que las aguas estudiadas no presentan alteración por cloro, y se clasificarían como aguas de buena calidad para el cloro libre residual.

En tanto, las concentraciones de **Nitrato** en la presente campaña fluctuaron entre 0,114 mg/l (estación 5, fondo) y 0,220 mg/l (estación 1, superficie). 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. Estos contenidos son mayores a los registrados en este estudio. Asimismo, el rango de valores del presente estudio es menor al observado en Arica (1,12 – 5,60 mg/l), Caldera (0,668 – 2,970 mg/l), Puerto Montt (1,0 – 12,4 mg/l) y Puerto Chacabuco (1,12 – 1,96 mg/l) (estudios de COPEC, 1996). 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 0,010 mg/l (estación 6, fondo) y 0,040 mg/l (estación 5, superficie). Tampoco se observan diferencias sustanciales entre los contenidos de nitrógeno amoniacal presentes frente a la zona de estudio y la estación control. 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 aseverar que el 100% de las estaciones analizadas se clasificarían como Clase 1, es decir, aguas de buena a excelente calidad para el amonio. Lo anterior demuestra que no existe

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	29
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

alteración por estos compuestos en las aguas de la zona de estudio. Esto se relacionaría también con los bajos valores de nitratos hallados. Al respecto, debe señalarse que la presencia de amonio se debe básicamente a la degradación total del nitrógeno orgánico disuelto debido a la acción de las bacterias heterotróficas (Libes, 1992), los niveles de amonio en el medio en estudio reflejarían altas tasas de degradación del nitrógeno, especialmente del nitrato, lo que coincide con las bajas concentraciones de nitrato halladas en la columna de agua.

Por su parte, la **Tabla 4.2.1.2** muestra que los contenidos de **Grasas y Aceites** fluctuaron entre <0,05 mg/l (50,0% de las muestras obtenidas) y 0,30 mg/l (estación 2, fondo). Comparativamente, las concentraciones de grasas y aceites son 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.

La **Tabla 4.2.1.3** muestra los resultados de los parámetros sólidos suspendidos, sólidos disueltos, níquel disuelto y vanadio disuelto.

Los valores de **Sólidos Suspendidos** fluctuaron para toda el área de estudio adyacente a l. Cima cuadrada entre 0,55 mg/l (estación 3, fondo) y 5,62 mg/l (estación 2, fondo). 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, todas las estaciones se encontrarían dentro del rango de Clase 1, esto es, aguas de buena a excelente calidad para los sólidos suspendidos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	30
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 4.2.1.3

Resultados de los análisis de Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Níquel Disuelto y Vanadio Disuelto. Punta Cachos, enero de 2008.

Estación	Prof. (m)	Sólidos Suspendidos (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)	Níquel Disuelto (µg/l)	Vanadio Disuelto (µg/l)
1	Sup.	2,50	38.920	<1,0	<1,0
	Fondo	0,90	38.680	<1,0	<1,0
2	Sup.	4,70	39.460	<1,0	<1,0
	Fondo	5,62	38.460	<1,0	<1,0
3	Sup.	2,15	39.340	<1,0	<1,0
	Fondo	0,55	39.600	<1,0	<1,0
4	Sup.	1,75	38.140	<1,0	<1,0
	Fondo	1,25	38.500	<1,0	<1,0
5	Sup.	1,00	39.720	<1,0	<1,0
	Fondo	1,90	38.650	<1,0	<1,0
6	Sup.	2,90	39.800	<1,0	<1,0
	Fondo	0,85	38.880	<1,0	<1,0
7 (Control)	Sup.	2,90	39.870	<1,0	<1,0
	Fondo	1,50	38.860	<1,0	<1,0
Referencias		<25,0 (1) 25,0 – 80,0 (2)	-	<2,0 (1) 2,0 – 100,0 (2)	-

- (1) Norma Secundaria de Calidad Ambiental para Protección de las Aguas Marinas. **Clase 1.** Anteproyecto de Norma de Calidad de Aguas Marinas: Nivel Nacional.
- (2) Norma Secundaria de Calidad Ambiental para Protección de las Aguas Marinas. **Clase 2.** Anteproyecto de Norma de Calidad de Aguas Marinas: Nivel Nacional.
- (3) Norma Primaria de Calidad Ambiental para Aguas Marinas. Anteproyecto de Norma de Calidad de Aguas Marinas: Nivel Nacional.

En tanto, los valores de **Sólidos Disueltos** oscilaron entre 38.150 (estación 4) y 39.870 mg/l (estación 7), ambas mediciones en superficie. Debe indicarse que no existe normativa referida a este 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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	31
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En cuanto a los metales pesados, en la **Tabla 4.2.1.3** es posible observar los contenidos de **Níquel** y **Vanadio Disueltos**. 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 cuanto a las concentraciones de **Vanadio Disuelto**, también 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 concluye que los valores obtenidos en este estudio son muy bajos, descartando alteración de las aguas analizadas por altos contenidos de vanadio.

Finalmente, en la **Tabla 4.2.1.4** 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 área de estudio.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	32
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 4.2.1.4
Resultados de los análisis de Coliformes Fecales y Totales.
Punta Cachos, enero de 2008.

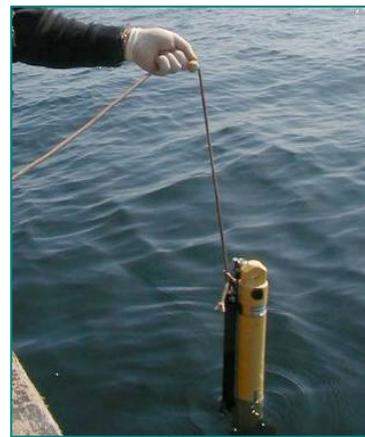
Estación	Prof. (m)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
1	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
2	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
3	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
4	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
5	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
6	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
7 (Control)	Sup.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

(1) Norma Secundaria de Calidad Ambiental para Protección de las Aguas Marinas. **Clase 1.** Anteproyecto de Norma de Calidad de Aguas Marinas: Nivel Nacional.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	33
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

4.2.2 Perfiles de Temperatura, Salinidad y Oxígeno Disuelto: Mediciones con CTDO

Como se indicó anteriormente, se efectuaron mediciones de temperatura y salinidad a través de un CTD (Conductivity, Temperature, Depth) marca Sersordata modelo MINI STD/CTD SD 204. El instrumento fue introducido lentamente en la columna de agua marina por el costado de la embarcación (**Fotografía 4.2.2.1**). Los resultados con los registros de superficie, fondo y las diferencias entre ambos estratos se resumen en la **Tabla 4.2.2.1**. En tanto, en las **Figuras 4.2.2.1** y **4.2.2.2** 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 4.2.2.1. Maniobra de introducción del CTDO en la columna de agua marina.

Los resultados de la **Tabla 4.2.2.1** muestra que los registros de **Temperatura** fluctuaron en forma superficial entre los 16,666° C (estación 6) y 17,647° C (estación 5). 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 enero de 18,0° C. En tanto, la información *on line* del SHOA del Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanógrafos de Chile (<http://www.shoa.cl/servicios/TSM/regiones/caldera.htm>), informa para una localidad ubicada cercana al norte del área de estudio, Caldera, temperaturas mínimas y máximas para enero de 2007 de 16,5° C y 19,5° C, respectivamente. Esta

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	34
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

información permite desprender que los registros obtenidos en esta campaña 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 una variación importante de este parámetro con el aumento de la profundidad (termoclina), siendo la máxima observada de $\Delta T = 4,440^\circ$ C en la estación 5, la segunda estación con la mayor profundidad medida (19,0 m). Si bien las temperaturas se mantienen relativamente estables en los primeros 8 metros de profundidad, éstas comienzan a disminuir de forma importante a partir de esta profundidad. La actual condición, con una termoclina en profundidad y, por tanto, una amplia capa de mezcla, permitiría que en esta época del año frente al vertimiento de cualquier sustancia en superficie en el futuro, ésta se dispersara en los primeros metros, favoreciendo su dilución y posible volatilización.

Respecto a la **Salinidad**, la **Tabla 4.2.2.1** muestra que los valores extremos oscilaron entre 34,20 y 34,30 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 $\Delta S = 0,04$ psu.

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 enero del orden de 34,5 psu. Esto indicaría ausencia de aportes de sustancias exógenas al área de estudio que pudiesen estar modificando la salinidad de las aguas.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	35
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 4.2.2.1

Valores máximos, mínimos y diferencias entre superficie y fondo de los datos de temperatura y salinidad medidos con CTD. Punta Cachos, enero de 2008.

Estación 1	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)
Superficie	34,22	16,696
Fondo	34,26	13,669
Diferencia (Δx)	0,04	3,027
Estación 2	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)
Superficie	34,24	16,815
Fondo	34,25	14,084
Diferencia (Δx)	0,01	2,731
Estación 3	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)
Superficie	34,20	17,504
Fondo	34,24	13,930
Diferencia (Δx)	0,04	3,574
Estación 4	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)
Superficie	34,25	16,893
Fondo	34,26	13,498
Diferencia (Δx)	0,01	3,052
Estación 5	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)
Superficie	34,25	17,647
Fondo	34,30	13,207
Diferencia (Δx)	0,05	4,440
Estación 6	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)
Superficie	34,26	16,666
Fondo	34,26	13,219
Diferencia (Δx)	0,00	3,447
Estación 7 (Control)	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)
Superficie	34,23	16,687
Fondo	34,27	13,272
Diferencia (Δx)	0,04	3,415

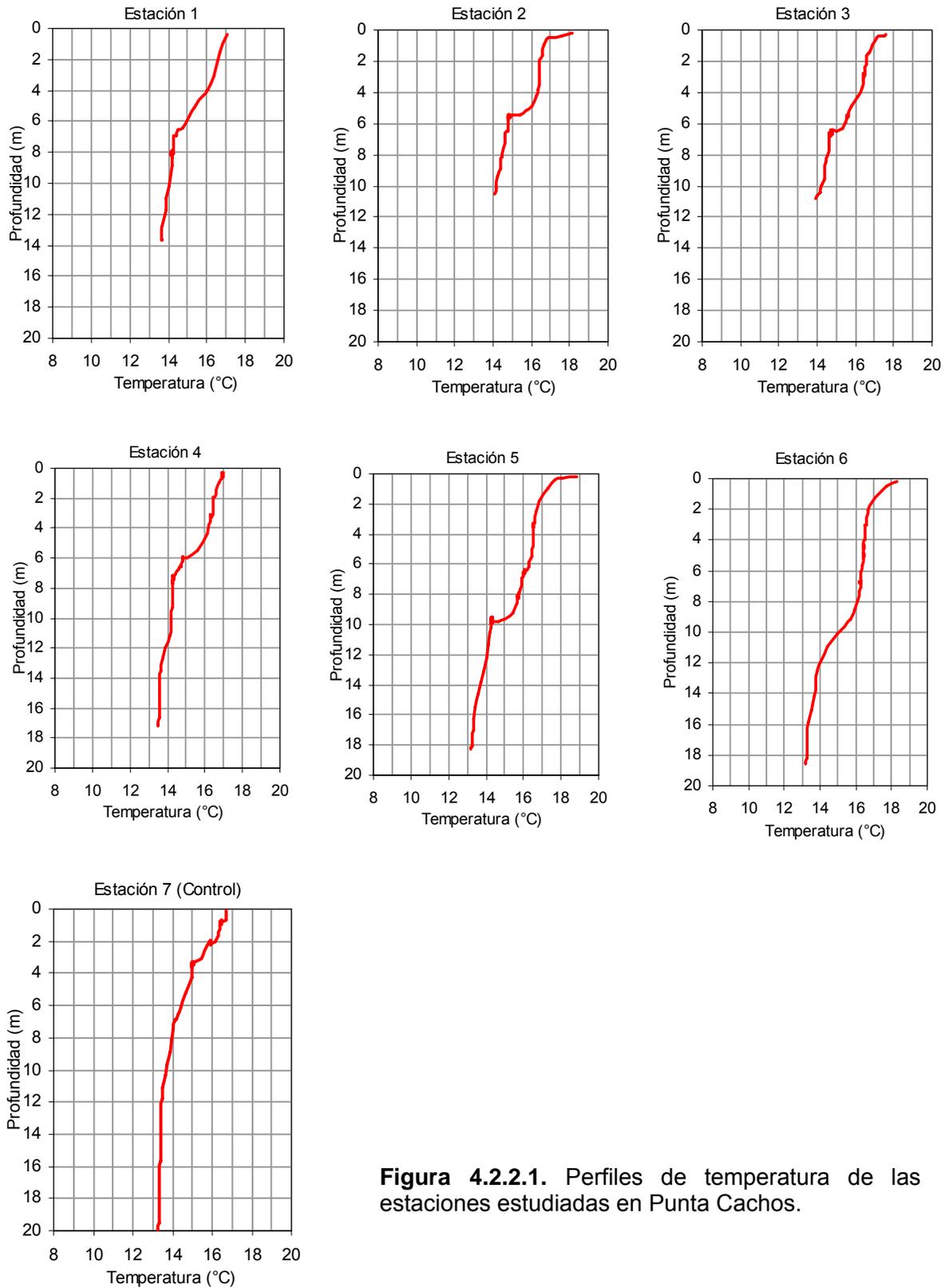


Figura 4.2.2.1. Perfiles de temperatura de las estaciones estudiadas en Punta Cachos.

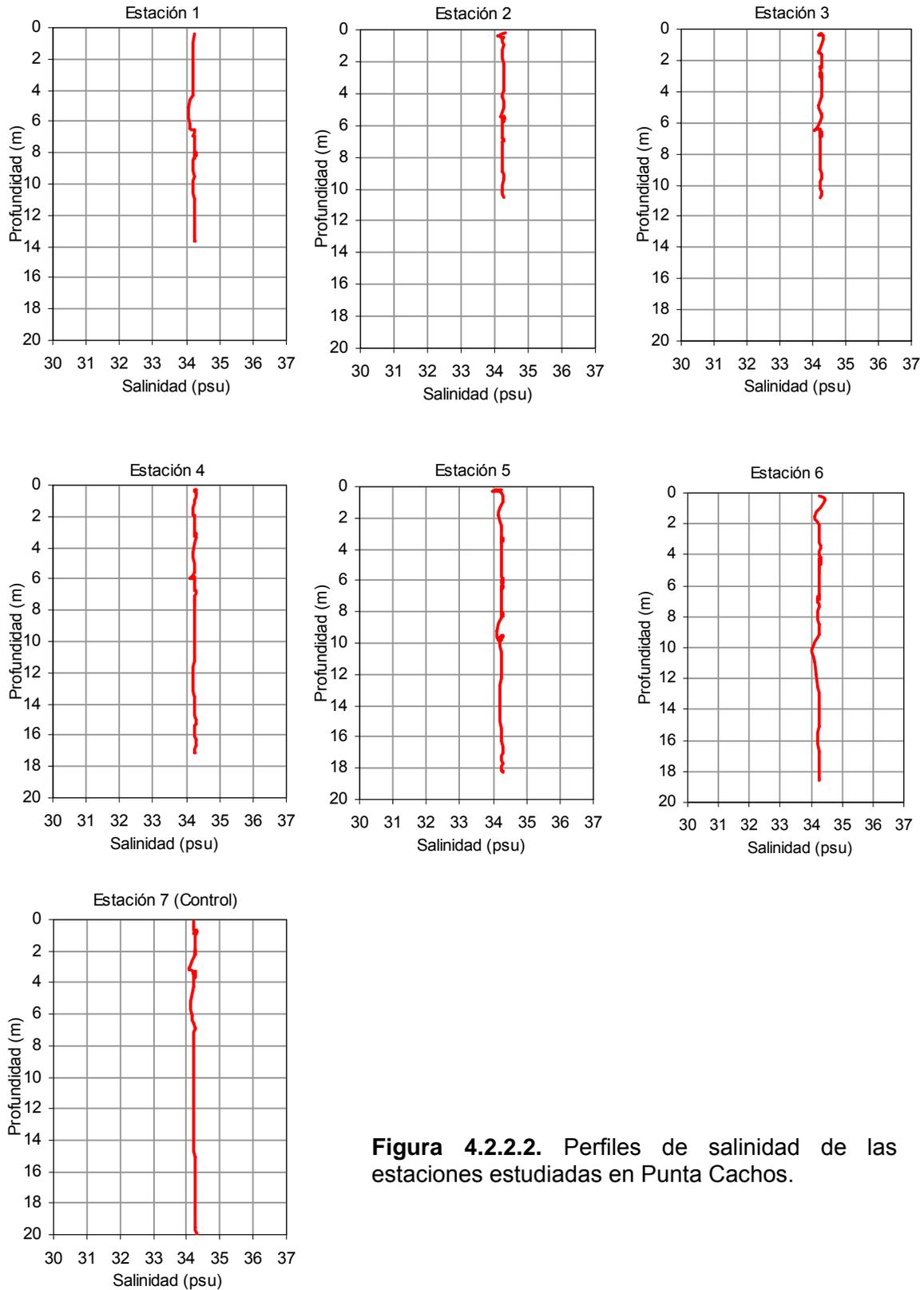


Figura 4.2.2.2. Perfiles de salinidad de las estaciones estudiadas en Punta Cachos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	38
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

4.3 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA

Los resultados obtenidos en la presente campaña para la columna de agua permiten desprender que los valores de **temperatura** y **salinidad** se encuentran acordes al área (latitud) de estudio y a la época del año y son similares a los señalados por el SHOA. Se aprecia importantes cambios en profundidad de los registros de temperatura (termoclinas), más acentuadas en las estaciones con mayores profundidades. Esto generaría una capa de mezcla superficial, en donde quedaría atrapada cualquier sustancia vertida al medio marino. En tanto, los registros de **oxígeno disuelto** muestran una columna de agua bien oxigenadas, especialmente en la capa eufótica, la cual se ubicaría entre 8,5 y 10,5 metros, estimados a través de las mediciones de **transparencia** con disco Secchi (transparencia). Esta relativamente amplia capa eufótica refleja los niveles basales de **sólidos suspendidos** medidos, los que clasifican a las aguas de excelente a buena calidad (para este parámetro), de acuerdo a la futura norma de aguas marinas. Asimismo, los resultados indican que las aguas analizadas no presentan signos de alteración de la acidez (medida a través de los registros de **pH**), y muestran ausencia de **cloro libre residual** y **aceites y grasas**.

Por otra parte, los contenidos de **nitrato** analizados en las muestras no representan alteración de la columna de agua y, más bien, corresponderían a concentraciones bajas. Esto se ve correlacionado, además, con los escasos valores de **amonio (nitrógeno amoniacal)** medidos, los que clasifican a las aguas analizadas como aguas de buena a excelente calidad para el amonio. Dado que la presencia de amonio se debe básicamente a la degradación total del nitrógeno orgánico disuelto debido a la acción de las bacterias heterotróficas, los niveles de amonio en el medio en estudio reflejarían altas tasas de degradación del nitrógeno, especialmente del nitrato, lo que coincide con las bajas concentraciones de nitrato halladas en la columna de agua. Situación similar se registró para las concentraciones de **níquel** y **vanadio disuelto**. En el primer caso, los valores hallados clasificarían a las aguas de excelente a buena calidad para el níquel disuelto,

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	39
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

mientras que los registros de vanadio disuelto indicarían ausencia de alteración, dado que se hallaron bajo el límite de detección de la técnica analítica.

Finalmente, los análisis de **coliformes fecales** y **totales** muestran aguas sin presencia de alteración microbiológica, clasificando a las aguas como de excelente a buena calidad por coliformes (fecales y totales).

En conclusión, el estudio de la columna de agua marina del litoral adyacente a la futura Central Térmica de Punta Cachos y a la zona control, indica claramente que en la actualidad esta matriz no se encuentra alterada por los parámetros analizados.

4.4 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA

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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	40
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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 Teuquelín, Chiloé, Xª Región. Elaborado para el Sr. Claudio Pérez. Informe Técnico INF-TEUQ / 122002. 166 pp.

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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	41
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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.

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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	42
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

5. ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE SEDIMENTOS SUBMAREALES

5.1 ANÁLISIS FÍSICO

5.1.1 Metodología de Muestreo y Análisis

El muestreo de sedimentos marinos submareales se llevó a cabo el día 16 de enero de 2008 en forma paralela al de comunidades macrobentónicas submareales de fondos blandos, tomando un total de 7 muestras con sus respectivas réplicas (**Figuras 2.1**). Las estaciones coincidieron con las de columna de agua. El número de estaciones se seleccionó considerando abarcar todo el frente marino de cada una de las zonas en estudio. Además, se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en el análisis de las comunidades macrobentónicas 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).

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

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	43
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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.

5.1.2 Resultados del Análisis Físico

El resultado de las gráficas puede observarse en las **Figuras 5.1.2.1 y 5.1.2.7 a,b**. Los tamaños medianos de las partículas sedimentarias y la profundidad de las estaciones se resumen en la **Tabla 5.1.2.1**. 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 ; 2 ϕ) y *gránulo* (2 – 4 mm; -1 ϕ). No se aprecia un patrón de distribución de los sedimentos correlacionado con la cercanía a la costa o con la profundidad de las estaciones. Esto se debería fundamentalmente a que las profundidades de las estaciones son muy similares; sin embargo, claramente es posible visualizar que el área de estudio se encuentra dominado por las fracciones gruesas del sedimento.

Tabla 5.1.2.1
Tipos sedimentarios medianos promedios de las estaciones estudiadas.
Punta Cachos, enero de 2008.

Estaciones	Profundidad (m)	Tipo Sedimentario Mediano
1	13	Arena Media
2	12	Arena Muy Gruesa
3	13	Arena Muy Gruesa
4	20	Arena Media
5	19	Arena Media
6	18	Arena Gruesa
7 (Control)	20	Gránulo

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	44
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En tanto, los resultados de la **Tabla 5.1.2.2** muestran los diferentes estadígrafos calculados en los sedimentos de las estaciones estudiadas. Como se observa en esta tabla, los tamaños promedios de los sedimentos de cada estación coinciden con los tipos sedimentarios medianos, visualizándose sedimentos que van desde *arena media a gránulo*. En tanto, de acuerdo a la clasificación de Inmann (1952), los resultados de la Desviación Estándar Inclusiva (σ_1) denotan que las estaciones 1, 4 y 5 poseerían sedimentos *Bien Clasificados*, mientras que las restantes estaciones estarían en el rango de *Poco Clasificadas*. 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 y 6 como con *Moderado Exceso de Gruesos*; mientras que las estaciones 2, 3 y 7 (control) se hallarían en el rango de *Alto Exceso de Gruesos*. Finalmente las estaciones 4 y 5 estarían en el rango de *Simétricas*. Estos resultados coincidirían con los gráficos de la granulometría por fracción sedimentaria (**Figuras 5.1.2.1b a 5.1.2.7b**). 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 todas las estaciones en la jerarquía de *Mesocúrticas*, 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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	45
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

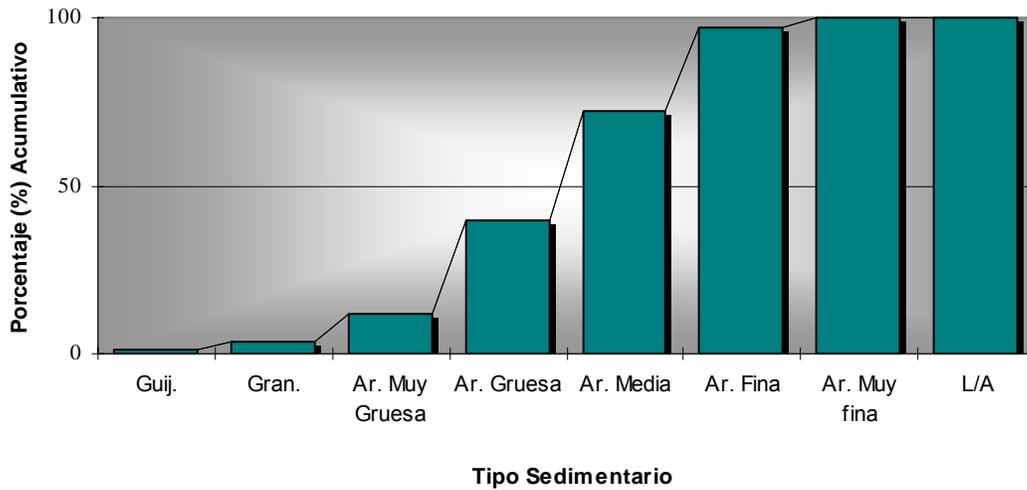
Tabla 5.1.2.2

Resultados de los diferentes estadígrafos calculados en los sedimentos de las estaciones estudiadas. Punta Cachos, enero de 2008.

EST.	Tamaño Promedio (M2) µm	Desviación Estándar Inclusiva (σ_1)	Asimetría (SK1)	Curtosis (Kg)
I-1	382	0,41	-0,12	0,96
I-2	1930	1,52	-0,48	0,93
I-3	1522	1,48	-0,32	0,92
I-4	394	0,37	+0,04	0,97
I-5	387	0,42	+0,07	0,94
I-6	924	1,23	-0,19	0,96
I-7	3125	1,86	-0,76	0,95

Estos resultados en su conjunto permiten concluir que el sector de estudio de Punta Cachos presenta características sedimentarias acordes a la dinámica oceanográfica, dominados por arenas medias y muy 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. Punta Cachos. Enero de 2008.



b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA
Estación 1. Punta Cachos. Enero de 2008.

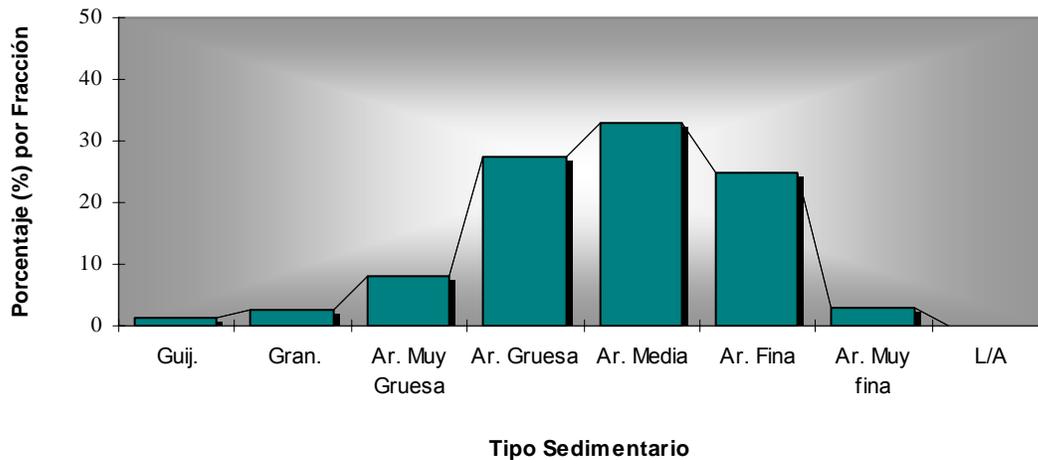
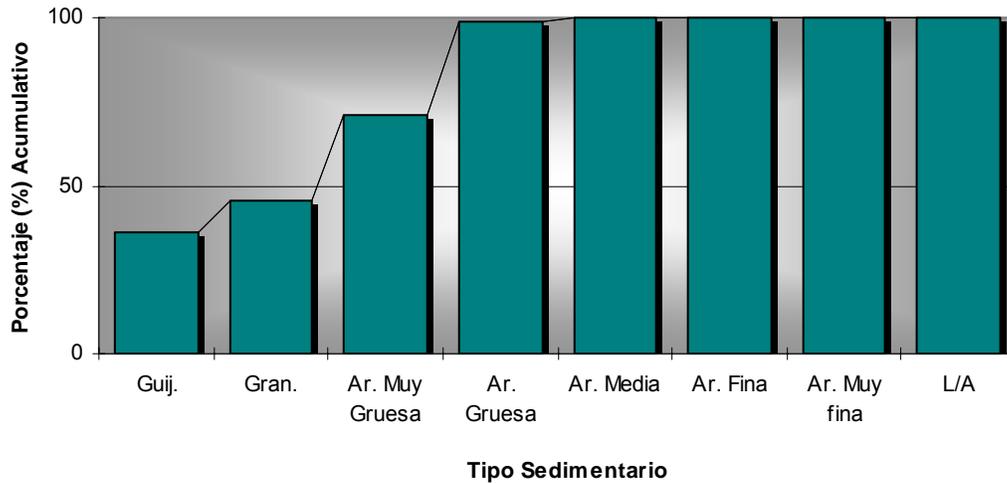


Figura 5.1.2.1. Análisis granulométrico de la estación 1. Punta Cachos. a) Porcentaje acumulativo de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES
Estación 2. Punta Cachos. Enero de 2008.



b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA
Estación 2. Punta Cachos. Enero de 2008.

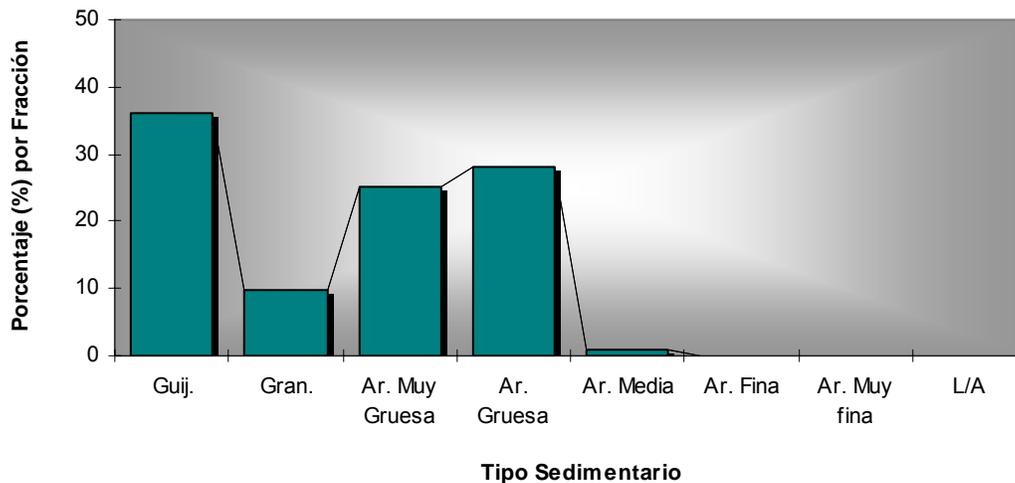
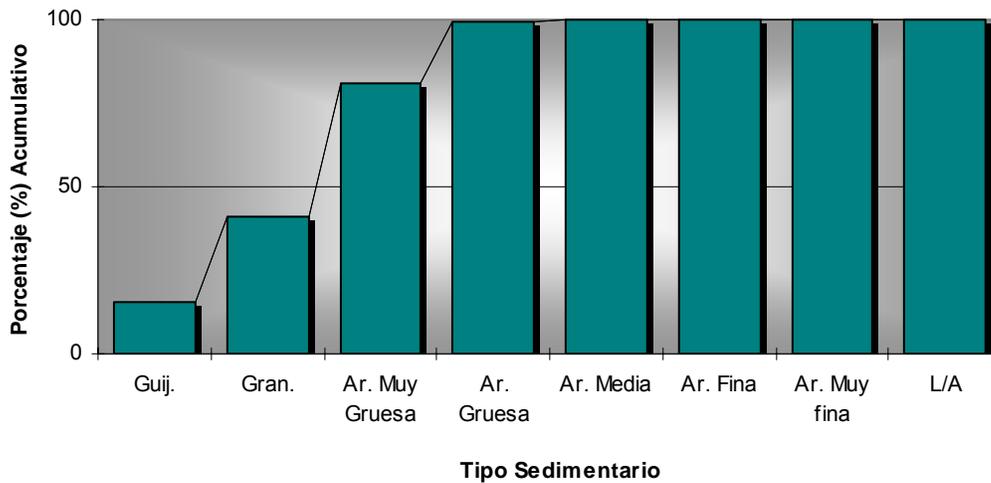


Figura 5.1.2.2. Análisis granulométrico de la estación 2. Punta Cachos. a) Porcentaje acumulativo de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES
Estación 3. Punta Cachos. Enero de 2008.



b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA
Estación 3. Punta Cachos. Enero de 2008.

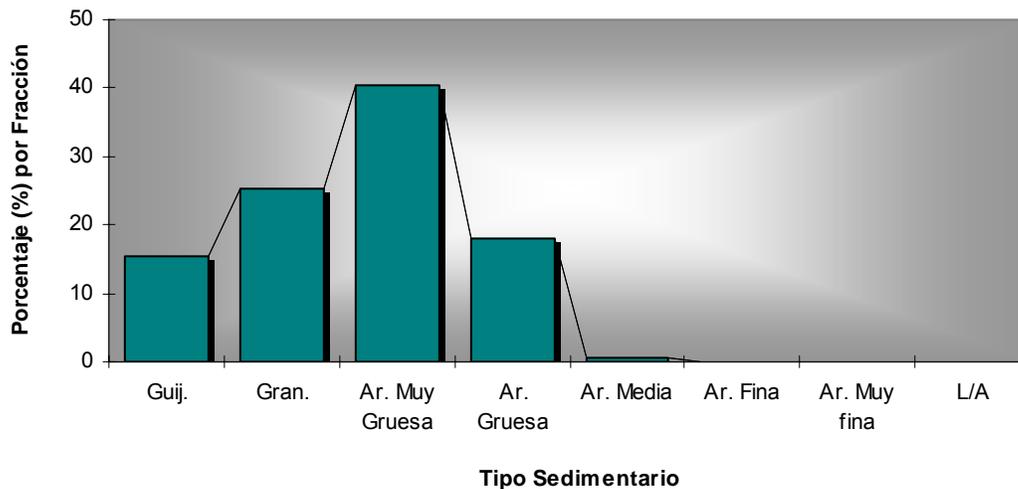
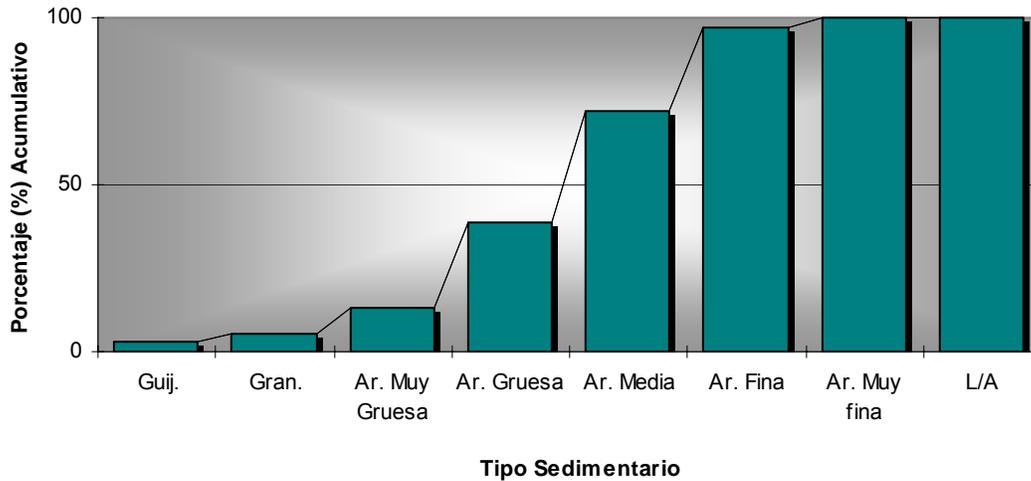


Figura 5.1.2.3. Análisis granulométrico de la estación 3. Punta Cachos. a) Porcentaje acumulativo de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES
Estación 4. Punta Cachos. Enero de 2008.



b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA
Estación 4. Punta Cachos. Enero de 2008.

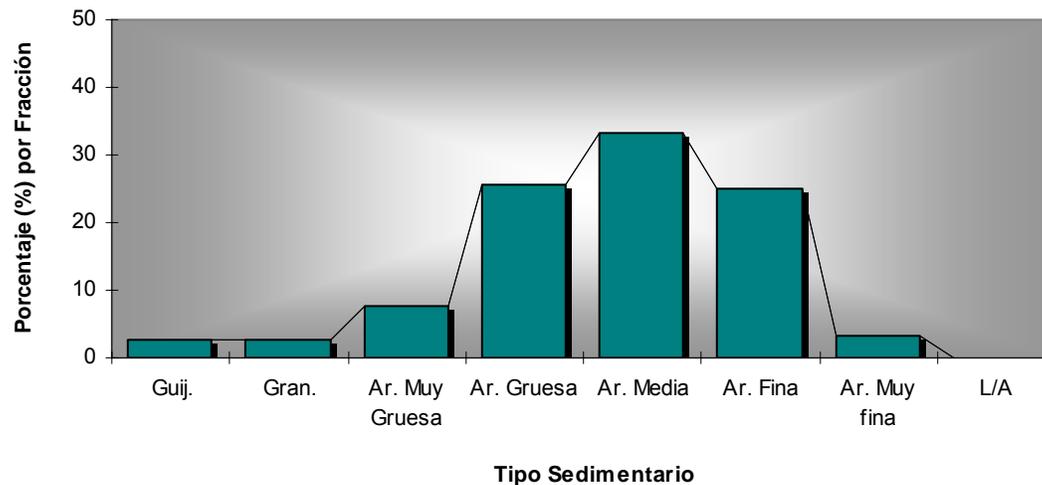
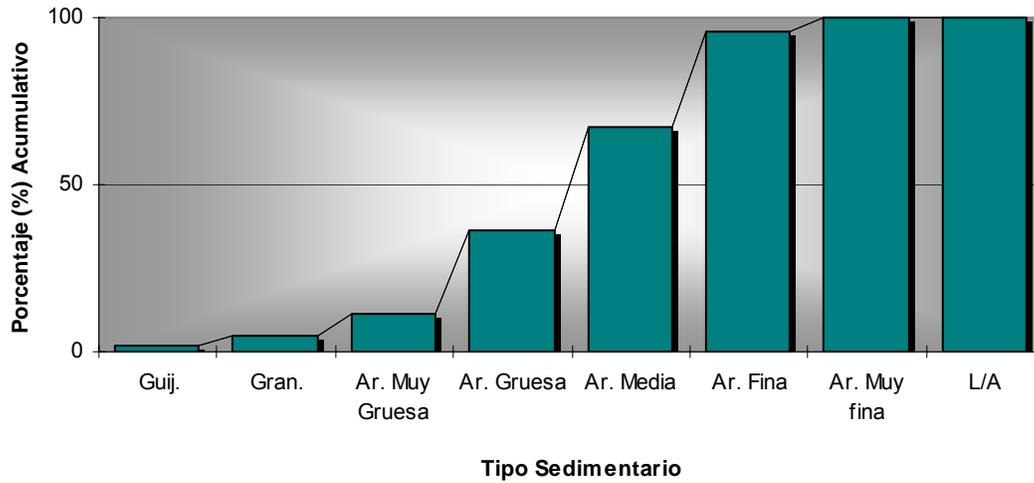


Figura 5.1.2.4. Análisis granulométrico de la estación 4. Punta Cachos. a) Porcentaje acumulativo de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES
Estación 5. Punta Cachos. Enero de 2008.



b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA
Estación 5. Punta Cachos. Enero de 2008.

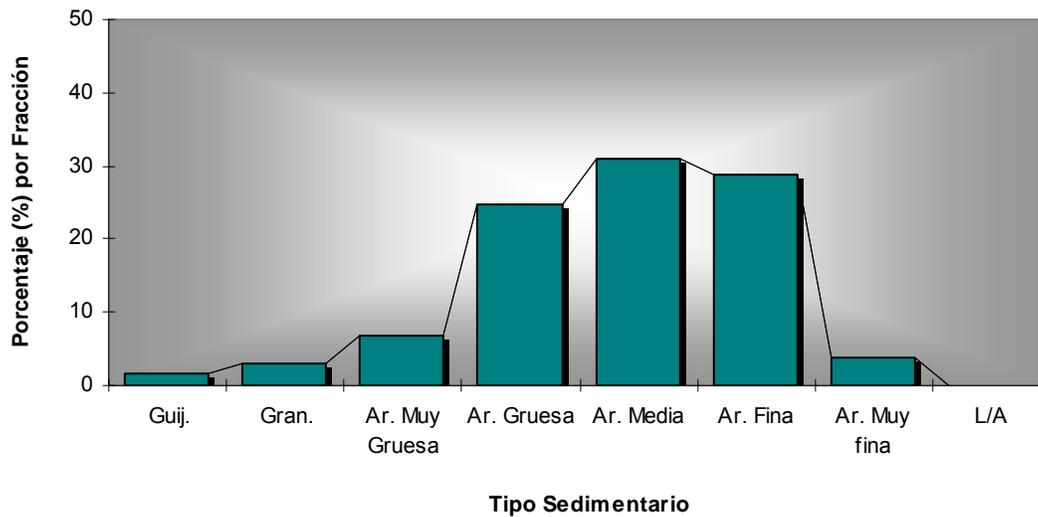
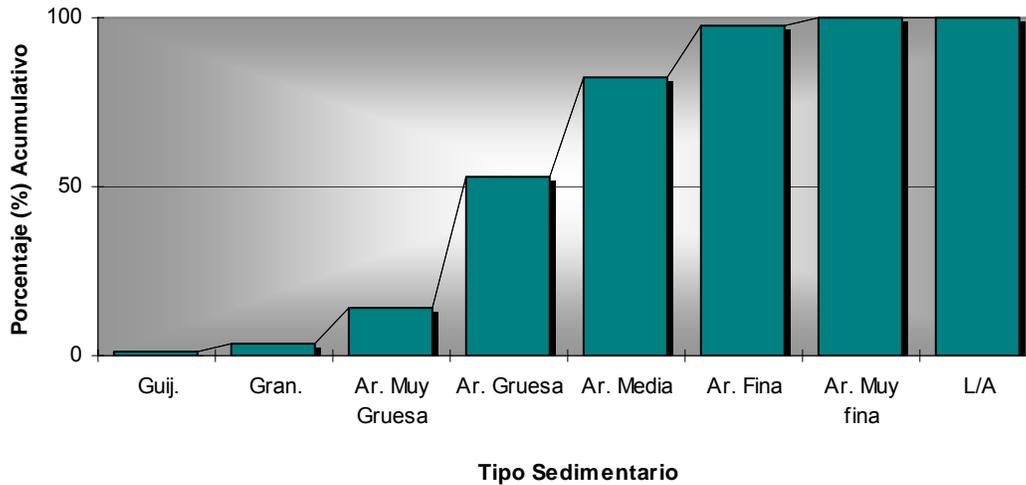


Figura 5.1.2.5. Análisis granulométrico de la estación 5. Punta Cachos. a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES
Estación 6. Punta Cachos. Enero de 2008.



b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA
Estación 6. Punta Cachos. Enero de 2008.

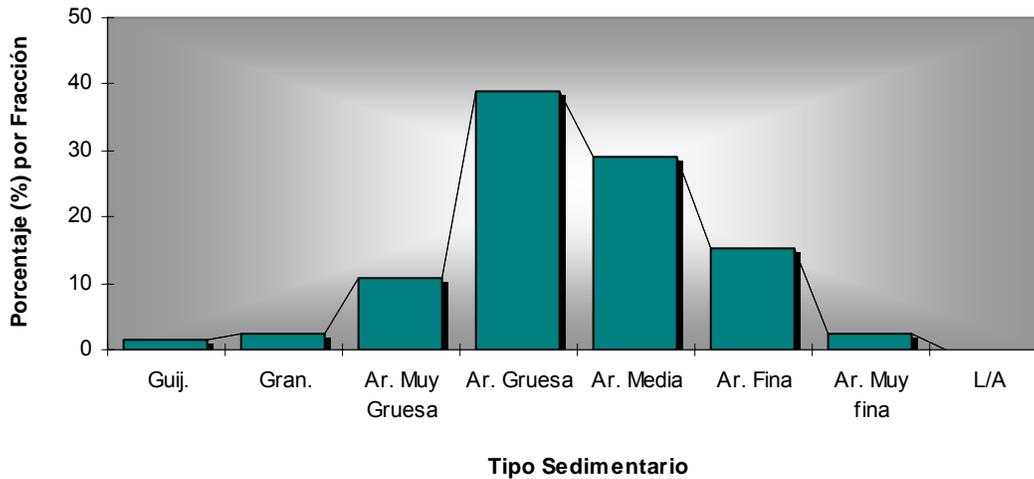
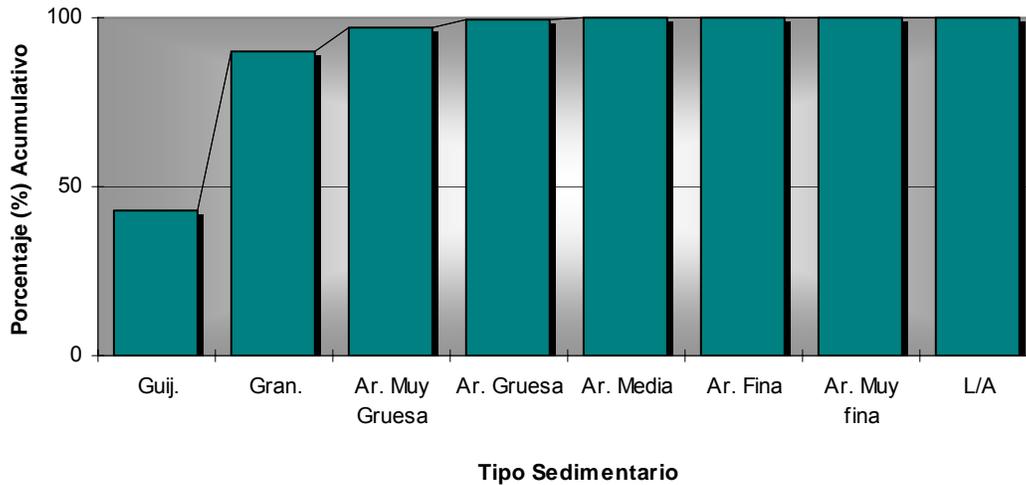


Figura 5.1.2.6. Análisis granulométrico de la estación 6. Punta Cachos. a) Porcentaje acumulativo de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES
Estación 7 (Control). Punta Cachos. Enero de 2008.



b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA
Estación 7 (Control). Punta Cachos. Enero de 2008.

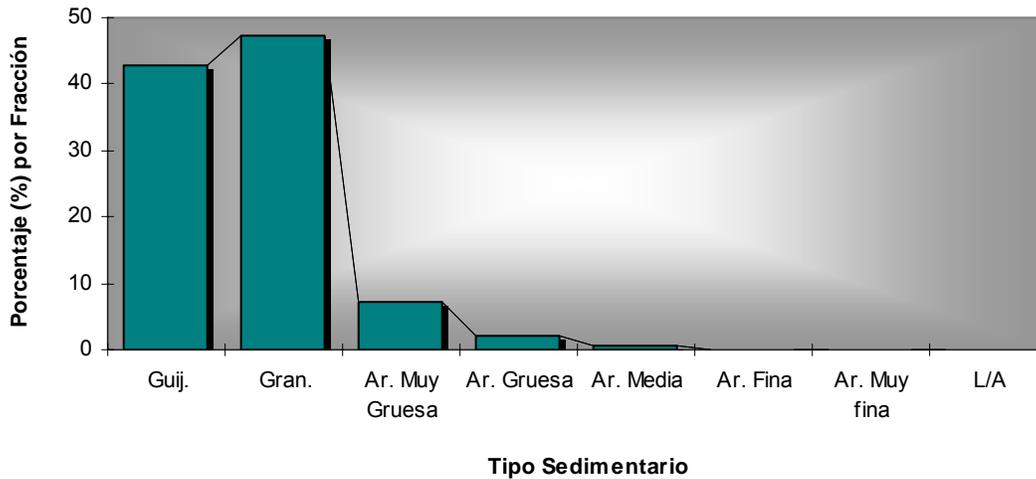


Figura 5.1.2.7. Análisis granulométrico de la estación 7 (Control). Punta Cachos. a) Porcentaje acumulativo de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	53
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

5.2 ANÁLISIS QUÍMICO

5.2.1 *Protocolo de Muestreo y Análisis*

La metodología de muestreo de sedimentos para análisis químico corresponde a la descrita en el capítulo anterior. 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 efectuó su análisis. Los parámetros y las técnicas analíticas utilizadas en este estudio se detallan en la **Tabla 5.5.1.1**.

Tabla 5.2.1.1

Parámetros y metodologías de análisis químico utilizadas en el estudio de sedimentos. Punta Cachos, enero 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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	54
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

5.2.2 Resultados del Análisis Químico

Es importante destacar, antes de efectuar el análisis detallado de cada uno de los parámetros estudiados en los sedimentos, 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 5.2.2.1** se detallan las concentraciones de **Materia Orgánica Total** (MOT) de los sedimentos analizados en el área de estudio. Éstos oscilaron entre 0,79 (estación 7) y 3,22% (estación 3). 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. En tanto, los porcentajes de MOT de los sedimentos de Puerto Montt e islas Desertores-Apiao son superiores a los aquí registrados, mientras que los porcentajes de MOT de los alrededores del área de estudio se encuentran muy lejos de aquellos citados para otras áreas altamente poluídas, como la Bahía de San Vicente. Lo anterior permite concluir que el estado actual basal del área estudiada no se encuentra particularmente alterado por materia orgánica.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	55
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 5.2.2.1

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

ESTACIÓN	MOT (%)
1	1,63
2	2,23
3	3,22
4	2,03
5	2,54
6	1,37
7 (Control)	0,79
PROMEDIO	1,97

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-Apio	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)

En tanto, si se consideran los tipos sedimentario mediano predominantes en cada estación (características granulométricas) y contenido de MOT, no se aprecia una relación importante 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

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	56
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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 alrededores del área de estudio 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.*

En tanto, en la **Tabla 5.2.2.2** se visualizan los contenidos de **Cadmio** en los sedimentos del área de estudio. En ésta se observa que sólo en una de las 7 estaciones analizadas se halló un contenido sobre el límite de detección de la técnica analítica (0,29 mg/kg en la estación 7, control). En este contexto, considerando las referencias de la **Tabla 5.2.2.2**, es posible concluir que las concentraciones halladas son inferiores a gran parte de las referencias citadas, incluyendo el valor de efecto ligero (0,6 mg/kg) indicado por Canadá (Comunidad de Ontario) 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 área de estudio es muy bajo, sin evidenciar alteración por este metal en los sedimentos.*

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	57
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 5.2.2.2

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

ESTACIÓN	CADMIO (mg/kg)
1	<0,1
2	<0,1
3	<0,1
4	<0,1
5	<0,1
6	<0,1
7 (Control)	0,29
PROMEDIO	0,04

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 estudiados (**Tabla 5.2.2.3**), indican una fluctuación en el área de entre 4,69 mg/kg (estación 7) y 5,88 mg/kg (estación 6), 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 5.2.2.3** muestra que todas las concentraciones registradas tanto a nivel nacional

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	58
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

como internacional son superiores a las aquí mencionadas. Asimismo, considerando la normativa de la Comunidad de Ontario, es posible aseverar que los *sedimentos de los alrededores 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 5.2.2.3

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

ESTACIÓN	CROMO (mg/kg)
1	5,32
2	5,41
3	4,98
4	5,53
5	5,73
6	5,88
7 (Control)	4,69
PROMEDIO	5,36

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 5.2.2.4** muestra que éstos oscilaron en el área de estudio entre <0,005 (71,4% de las muestras) y 0,045 mg/kg (estación 6). Desde el punto de vista comparativo, los valores registrados en los alrededores de I. Cima Cuadrada se encuentran dentro del rango citado en otras áreas

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	59
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

del litoral nacional. Asimismo, el total de las muestras obtenidas presentan valores inferiores al Nivel de Efecto Ligero de la norma canadiense y todos los valores registrados son inferiores a lo establecido por la EPA. De lo anterior es posible concluir que considerando la normativa internacional y los resultados de estudios nacionales, *no existe alteración de los sedimentos submareales estudiados por altos contenidos de mercurio.*

Tabla 5.2.2.4

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

ESTACIÓN	MERCURIO (mg/kg)
1	<0,005
2	<0,005
3	0,025
4	<0,005
5	<0,005
6	0,045
7 (Control)	<0,005
PROMEDIO	0,010

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)

(2) EcoTecnos Ltda. (2004)

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

(4) Chiang (1989)

(5) Ministry of Environment (1993)

(6) Zarba (1989)

Por su parte, en la **Tabla 5.2.2.5** se detallan las concentraciones de **Níquel** de los sedimentos analizados. Los valores de este metal pesado oscilaron entre 0,26 mg/kg (estación 3) y 0,61 mg/kg (estación 5).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	60
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 5.2.2.5

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

ESTACIÓN	NÍQUEL(mg/kg)
I-1	0,52
I-2	0,35
I-3	0,26
I-4	0,44
I-5	0,61
I-6	0,49
I-7 (Control)	0,35
PROMEDIO	0,43

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)

Si los resultados obtenidos se comparan con las referencias citadas, es posible apreciar que tanto el promedio del área de estudio como las concentraciones puntuales de níquel por estación, son inferiores a las determinadas en otras localidades nacionales y a los diferentes estudios internacionales citados. De hecho el valor propuesto por la Agencia Medioambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA) es alrededor de 47 veces superior al

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	61
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

promedio del área y se encuentra muy lejano de aquel informado por Alam & Sadiq (1993) para sedimentos no impactados de Antártica. Lo anterior permite concluir que, en general, *los sedimentos del área estudiada no se encuentran alterados por el metal pesado níquel.*

Por su parte, en la **Tabla 5.2.2.6** se visualizan los contenidos de **Plomo** en los sedimentos del área de estudio. El mayor valor de plomo se registró en la estación 3 (19,3 mg/kg), mientras que el menor se halló en la estación 1 (10,4 mg/kg).

Por otra parte, si se consideran las referencias de la **Tabla 5.2.2.6**, es posible aseverar que los contenidos de plomo de las estaciones estudiadas se encuentran en niveles bajos. Esta misma conclusión se puede obtener al comparar los resultados de este estudio, con 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); los estándares de calidad de sedimentos marinos del estado de Washington (WADOE, 1991) y los de la oficina para la administración nacional del océano y la atmósfera norteamericana (NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, Long & Morgan, 1991) (**Tabla 5.2.2.8**). En todos los casos las concentraciones de las estaciones se clasificarían como *No Contaminadas* por plomo.

Por lo tanto, utilizando las normas mundialmente aceptadas, *es posible aseverar que los niveles de plomo de los sedimentos del área de estudio se encontrarían en rangos de No Contaminados.*

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	62
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 5.2.2.6

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

ESTACIÓN	PLOMO (mg/kg)
I-1	10,4
I-2	17,4
I-3	19,3
I-4	12,2
I-5	10,7
I-6	14,5
I-7 (Control)	18,6
PROMEDIO	14,7

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) | (2) Ahumada (1995) | (3) Chiang (1989) |
| (4) Carrera <i>et al.</i> (1993) | (5) Salamanca <i>et al.</i> (1988) | (6) Salmenes Antártica S.A. (2000) |
| (7) Ocean Horizons (2001) | (8) Tesam Hartley (1994) | (9) Araujo <i>et al.</i> (1988) |
| (10) Forest <i>et al.</i> (1978) | (11) Cultivos Yadrán S.A. (2001) | |

Tabla 5.2.2.7

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).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	63
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En tanto, en la **Tabla 5.2.2.8** se observa que los contenidos de **Vanadio** en los sedimentos submareales obtenidos en este estudio son bajos (18,4 – 22,7 mg/kg) y se encuentran en los rangos inferiores de los citados como “normales” para sedimentos marinos. Los datos obtenidos permiten concluir que los *sedimentos analizados en forma adyacente al área de estudio no se encontrarían alterados por este metal (vanadio)*.

Tabla 5.2.2.8

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

ESTACIÓN	VANADIO (mg/kg)
I-1	18,4
I-2	20,1
I-3	22,3
I-4	21,8
I-5	20,7
I-6	22,7
I-7 (Control)	18,8
PROMEDIO	20,7

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)
(4) Calvert (1976)

(2) EcoTecnos Ltda. (2004)
(5) Miramand & Fowler (1998)

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

En cuanto a los contenidos **Zinc**, la **Tabla 5.2.2.9** muestra que el mayor contenido de zinc se registró en la estación 3 (27,3 mg/kg) y el menor en la estación Control (10,7 mg/kg). Comparativamente hablando, es claro que los niveles de zinc obtenidos en los alrededores 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-

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	64
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Canadá (120 mg/kg), permiten concluir que los *sedimentos del área de estudio se encuentran libres de alteración por zinc*.

Tabla 5.2.2.9

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

ESTACIÓN	ZINC (mg/kg)
I-1	12,1
I-2	20,2
I-3	23,5
I-4	27,3
I-5	11,4
I-6	18,8
I-7 (Control)	10,7
PROMEDIO	17,7

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)

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

(7) Salm. Antártica S.A. (2000)

(10) Tesam Hartley (1994)

(13) Zarba (1989)

(2) Chiang (1989)

(5) Ahumada (1992)

(8) Cultivos Yadrán S.A. (2001)

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

(14) Ministry of Environment (1993)

(3) EcoTecnos Ltda. (2004)

(6) Ocean Horizons S.A. (2001)

(9) Lecaros & Lorenzo (1994)

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

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	65
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

Los resultados obtenidos en el área de estudio permiten concluir que, desde el punto de vista físico (granulométrico), los fondos predominantes en el área de estudio y sus alrededores oscilan entre arena media 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).

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 todas las concentraciones obtenidas se encuentran en los rangos citados en otras zonas costeras nacionales o bajo las normativas internacionales de referencia.

En definitiva, los sedimentos muestreados en el área de estudio se encontrarían libres de alteración por materia orgánica y por los metales pesados analizados.

5.4 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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	66
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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.

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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	67
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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.

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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	68
		Fecha de emisión: 28/01/2008	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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	69
		Fecha de emisión: 28/01/2008	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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	70
		Fecha de emisión: 28/01/2008	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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	71
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6. ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS

6.1 CAMPAÑA DE MEDICIONES

La campaña de mediciones oceanográficas, desarrollada en el marco del proyecto “Central Térmica Punta Cachos”, se efectuó entre diciembre de 2007 y enero 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)

- 13 de diciembre 2007 al 16 de enero 2008.

Correntometría Lagrangiana

- Derivadores 18 de diciembre de 2007 (Cuadratura, Vaciante y Llenante)
09 de enero de 2008 (Sicigia, Vaciante)
10 de enero de 2008 (Sicigia, Llenante)
- Dispersión 18 de diciembre de 2007 (Cuadratura, Vaciante y Llenante)
09 de enero de 2008 (Sicigia, Vaciante)
10 de enero de 2008 (Sicigia, Llenante)
- Deriva Litoral 14 de enero de 2008

Mediciones de Viento

- 13 de diciembre 2007 al 16 de enero 2008.

Mareas

- 13 de diciembre 2007 al 16 de enero 2008.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	72
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.2 CORRENTOMETRÍA EULERIANA

6.2.1 *Materiales y Métodos*

Las mediciones de corrientes eulerianas en estación fija, se realizaron desde el 13 de diciembre hasta el 16 de enero de 2008, para lo cual se operó un perfilador acústico ADCP, marca NORTEK modelo Aquadopp. El ADCP fue fondeado en un punto con las siguientes coordenadas (**Figura 2.1**):

Sector	Coordenada Norte	Coordenada Este	Inicio Mediciones	Final Mediciones
I. Cima Cuadrada	6936117,9	298541,2	13/12/2007	16/01/2008

(Datum WGS - 84)

El ADCP fue instalado en el veril de 19,5 metros (aproximadamente), con respecto al Nivel de Reducción de Sondas (NRS).

El instrumento fue programado 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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	73
		Fecha de emisión: 28/01/2008	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 siguientes 4 capas de agua:

- Capa 1: a 2,1 m bajo el NMM (ó 17,4 m sobre el piso oceánico)
- Capa 2: a 7,1 m bajo el NNM(ó 12,4 m sobre el piso oceánico)
- Capa 3: a 12,1 m bajo el NMM (ó 7,4 m sobre el piso oceánico)
- Capa 4: a 17,1 m bajo el NMM (ó 2,4 m sobre el piso oceánico).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	74
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.2.2 Resultados de Correntometría Euleriana

- **Estadística Descriptiva**

La estadística general de los registros de corrientes se entrega en las **Tablas 6.2.2.1 a 6.2.2.8**.

Las **Figuras 6.2.2.1 y 6.2.2.2** presentan los histogramas de dirección y magnitud de las corrientes, respectivamente.

Estos resultados evidencian que el patrón de circulación marina se caracteriza por un patrón direccional variable, donde ninguna dirección tuvo una destacada participación.

En términos generales, la capa de agua de superficie evidencia una tendencia a fluir hacia el segundo cuadrante, con un 36% de incidencia conjunta para las direcciones N, NNE, NE y ENE, no obstante, también son significativos los flujos que se dirigen al cuarto cuadrante. Por su parte, la capa de agua intermedia evidencia un patrón direccional opuesto al informado en superficie, con mayor recurrencia de flujos hacia el sur de la costa. La capa de agua de fondo, da cuenta de un patrón direccional con mayor incidencia de flujos hacia el E y WNW, lo que representa una circulación aproximadamente perpendicular a costa.

La **Figura 6.2.2.3** evidencia un amplio rango de magnitudes en el estrato superficial de agua, mientras que en las capas de aguas subsuperficiales, las magnitudes de las corrientes se agruparon mayoritariamente en el rango inferior a 7 cm/s, con un 74% (capa 2), 78% (capa 3) y 69% (capa 4) de incidencia. Por su parte, también son significativas las magnitudes en el rango de 7 a 10 cm/s, con un 18% (capa 2), 16% (capa 3) y 19% (capa 4) de incidencia.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	75
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.1
Incidencia de corrientes. Punta Cachos. Capa 1.

FRECUENCIA (%) DE INCIDENCIA DE CORRIENTES

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
<= 1								
1-4	1,799	1,226	1,022	1,451	1,104	1,002	1,022	0,899
4-7	2,228	2,412	1,738	1,697	1,574	1,145	1,063	0,695
7-10	1,881	2,269	2,228	1,635	1,063	0,572	0,593	0,348
10-13	1,492	1,758	2,269	1,656	0,859	0,511	0,286	0,143
13-16	0,634	1,083	1,349	1,594	0,450	0,348	0,307	0,041
16-19	0,061	0,245	0,491	0,899	0,654	0,307	0,225	0,000
> 19	0,082	0,082	0,164	0,859	1,615	0,695	0,307	0,000
TOTAL %	8,177	9,076	9,260	9,791	7,318	4,579	3,802	2,126

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION								TOTAL (%)
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
<= 1									0,818
1-4	1,022	1,124	1,288	1,840	1,554	1,370	1,492	1,758	20,973
4-7	1,124	1,881	1,676	2,187	2,535	2,228	2,494	2,514	29,191
7-10	0,388	0,409	0,859	1,554	1,615	1,513	1,451	1,697	20,074
10-13	0,143	0,184	0,245	0,531	0,634	0,715	0,736	1,022	13,185
13-16	0,020	0,000	0,041	0,184	0,164	0,204	0,368	0,388	7,175
16-19	0,020	0,000	0,082	0,020	0,143	0,041	0,245	0,164	3,598
19-22	0,000	0,000	0,020	0,143	0,388	0,266	0,266	0,102	4,988
TOTAL %	2,719	3,598	4,211	6,460	7,032	6,337	7,052	7,645	100,000

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	76
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.2
Excedencia de corrientes. Punta Cachos. Capa 1.

FRECUENCIA (%) DE EXCEDENCIA DE CORRIENTES

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
> 19	0,082	0,082	0,164	0,859	1,615	0,695	0,307	0,000
> 16	0,143	0,327	0,654	1,758	2,269	1,002	0,531	0,000
> 13	0,777	1,410	2,003	3,352	2,719	1,349	0,838	0,041
> 10	2,269	3,168	4,272	5,008	3,577	1,860	1,124	0,184
> 7	4,150	5,437	6,500	6,643	4,640	2,433	1,717	0,531
> 4	6,378	7,850	8,238	8,340	6,214	3,577	2,780	1,226
> 1	8,177	9,076	9,260	9,791	7,318	4,579	3,802	2,126

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION								TOTAL (%)
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
> 19	0,000	0,000	0,020	0,143	0,388	0,266	0,266	0,102	4,988
> 16	0,020	0,000	0,102	0,164	0,531	0,307	0,511	0,266	8,585
> 13	0,041	0,000	0,143	0,348	0,695	0,511	0,879	0,654	15,760
> 10	0,184	0,184	0,388	0,879	1,329	1,226	1,615	1,676	28,945
> 7	0,572	0,593	1,247	2,433	2,944	2,739	3,066	3,373	49,019
> 4	1,697	2,473	2,923	4,620	5,478	4,967	5,560	5,887	78,209
> 1	2,719	3,598	4,211	6,460	7,032	6,337	7,052	7,645	99,182

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	77
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.3
Incidencia de corrientes. Punta Cachos. Capa 2.

FRECUENCIA (%) DE INCIDENCIA DE CORRIENTES

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
<= 1								
1-4	1,533	1,554	1,329	2,065	1,942	1,697	2,167	2,433
4-7	1,124	0,940	1,206	1,615	1,778	2,289	2,473	2,923
7-10	0,450	0,388	0,613	0,818	0,859	0,838	0,777	1,022
10-13	0,204	0,204	0,225	0,225	0,368	0,245	0,204	0,327
13-16	0,061	0,000	0,061	0,143	0,020	0,041	0,041	0,041
16-19	0,000	0,000	0,041	0,041	0,000	0,020	0,000	0,000
> 19	0,000	0,000	0,020	0,020	0,000	0,020	0,000	0,000
TOTAL %	3,373	3,087	3,496	4,926	4,967	5,151	5,662	6,746

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION								TOTAL (%)
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
<= 1									1,738
1-4	2,800	2,494	2,657	3,189	2,719	2,126	1,615	1,288	33,606
4-7	3,741	4,211	5,294	3,884	2,984	1,983	1,267	1,267	38,982
7-10	1,431	2,105	2,882	2,923	1,370	0,552	0,348	0,491	17,866
10-13	0,368	0,511	1,022	0,940	0,470	0,082	0,020	0,123	5,540
13-16	0,082	0,184	0,266	0,348	0,061	0,020	0,061	0,000	1,431
16-19	0,020	0,000	0,164	0,123	0,000	0,000	0,000	0,000	0,409
> 19	0,020	0,020	0,286	0,041	0,000	0,000	0,000	0,000	0,429
TOTAL %	8,463	9,526	12,572	11,447	7,604	4,763	3,312	3,168	100,000

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	78
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.4
Excedencia de corrientes. Punta Cachos. Capa 2.

FRECUENCIA (%) DE EXCEDENCIA DE CORRIENTES

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
> 19	0,000	0,000	0,020	0,020	0,000	0,020	0,000	0,000
> 16	0,000	0,000	0,061	0,061	0,000	0,041	0,000	0,000
> 13	0,061	0,000	0,123	0,204	0,020	0,082	0,041	0,041
> 10	0,266	0,204	0,348	0,429	0,388	0,327	0,245	0,368
> 7	0,715	0,593	0,961	1,247	1,247	1,165	1,022	1,390
> 4	1,840	1,533	2,167	2,862	3,025	3,455	3,496	4,313
> 1	3,373	3,087	3,496	4,926	4,967	5,151	5,662	6,746

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION								TOTAL (%)
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
> 19	0,020	0,020	0,286	0,041	0,000	0,000	0,000	0,000	0,429
> 16	0,041	0,020	0,450	0,164	0,000	0,000	0,000	0,000	0,838
> 13	0,123	0,204	0,715	0,511	0,061	0,020	0,061	0,000	2,269
> 10	0,491	0,715	1,738	1,451	0,531	0,102	0,082	0,123	7,809
> 7	1,922	2,821	4,620	4,374	1,901	0,654	0,429	0,613	25,675
> 4	5,662	7,032	9,914	8,258	4,886	2,637	1,697	1,881	64,657
> 1	8,463	9,526	12,572	11,447	7,604	4,763	3,312	3,168	98,262

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	79
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.5
Incidencia de corrientes. Sector Punta Cachos. Capa 3.

FRECUENCIA (%) DE INCIDENCIA DE CORRIENTES

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
<= 1								
1-4	1,370	1,738	1,819	2,187	2,760	2,780	2,637	2,678
4-7	0,940	1,145	1,778	2,433	3,393	2,739	2,719	2,984
7-10	0,307	0,245	0,654	0,736	1,165	1,083	0,572	1,083
10-13	0,041	0,041	0,184	0,225	0,266	0,245	0,204	0,184
13-16	0,000	0,020	0,061	0,000	0,041	0,000	0,020	0,000
16-19	0,000	0,000	0,102	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000
> 19	0,020	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TOTAL %	2,678	3,209	4,620	5,581	7,645	6,848	6,153	6,930

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION								TOTAL (%)
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
<= 1									2,330
1-4	3,312	2,841	2,800	2,351	2,657	2,126	1,329	1,554	36,938
4-7	3,782	3,884	3,843	3,128	2,637	1,676	0,920	0,899	38,900
7-10	1,819	2,024	1,901	1,881	1,043	0,511	0,307	0,245	15,576
10-13	0,286	0,654	1,083	0,777	0,184	0,020	0,020	0,061	4,477
13-16	0,041	0,204	0,429	0,184	0,102	0,000	0,000	0,020	1,124
16-19	0,000	0,102	0,082	0,184	0,000	0,000	0,000	0,000	0,491
> 19	0,000	0,041	0,000	0,061	0,000	0,000	0,000	0,000	0,164
TOTAL %	9,240	9,751	10,139	8,565	6,623	4,334	2,576	2,780	100,000

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	80
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.6
Excedencia de corrientes. Punta Cachos. Capa 3.

FRECUENCIA (%) DE EXCEDENCIA DE CORRIENTES

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
> 19	0,020	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 16	0,020	0,020	0,123	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000
> 13	0,020	0,041	0,184	0,000	0,061	0,000	0,020	0,000
> 10	0,061	0,082	0,368	0,225	0,327	0,245	0,225	0,184
> 7	0,368	0,327	1,022	0,961	1,492	1,329	0,797	1,267
> 4	1,308	1,472	2,800	3,393	4,886	4,068	3,516	4,252
> 1	2,678	3,209	4,620	5,581	7,645	6,848	6,153	6,930

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION								TOTAL (%)
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
> 19	0,000	0,041	0,000	0,061	0,000	0,000	0,000	0,000	0,164
> 16	0,000	0,143	0,082	0,245	0,000	0,000	0,000	0,000	0,654
> 13	0,041	0,348	0,511	0,429	0,102	0,000	0,000	0,020	1,778
> 10	0,327	1,002	1,594	1,206	0,286	0,020	0,020	0,082	6,255
> 7	2,146	3,025	3,496	3,087	1,329	0,531	0,327	0,327	21,832
> 4	5,928	6,909	7,339	6,214	3,966	2,208	1,247	1,226	60,732
> 1	9,240	9,751	10,139	8,565	6,623	4,334	2,576	2,780	97,670

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	81
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.7
Incidencia de corrientes. Punta Cachos. Capa 4.

FRECUENCIA (%) DE INCIDENCIA DE CORRIENTES

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
<= 1								
1-4	1,860	1,983	1,778	2,126	2,780	2,167	1,635	2,003
4-7	1,738	2,065	2,392	2,739	3,639	2,964	2,453	1,410
7-10	1,083	0,531	0,838	1,083	1,962	1,513	1,165	0,613
10-13	0,225	0,143	0,245	0,511	0,777	0,613	0,164	0,123
13-16	0,061	0,000	0,123	0,082	0,082	0,245	0,061	0,000
16-19	0,000	0,041	0,041	0,000	0,061	0,020	0,000	0,000
> 19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TOTAL %	4,967	4,763	5,417	6,541	9,301	7,522	5,478	4,150

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION								TOTAL (%)
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
<= 1									1,431
1-4	1,758	1,533	1,799	1,922	1,860	1,983	2,228	1,962	31,378
4-7	1,635	1,431	1,676	2,208	2,841	2,637	2,514	2,371	36,713
7-10	0,613	0,654	0,859	1,349	1,819	2,269	1,799	0,961	19,113
10-13	0,082	0,102	0,266	0,654	1,165	1,288	1,124	0,470	7,952
13-16	0,020	0,082	0,082	0,245	0,266	0,593	0,470	0,164	2,576
16-19	0,000	0,000	0,041	0,041	0,061	0,123	0,164	0,000	0,593
> 19	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,102	0,102	0,000	0,245
TOTAL %	4,109	3,802	4,722	6,439	8,034	8,994	8,401	5,928	100,000

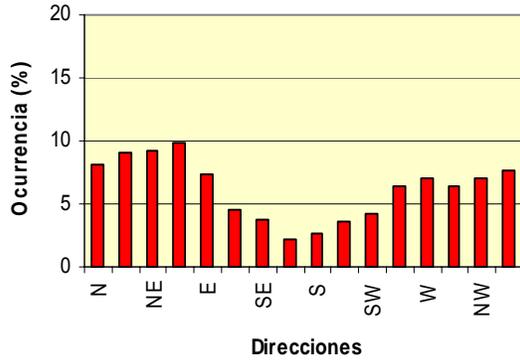
	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	82
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.2.2.8
Excedencia de corrientes. Punta Cachos. Capa 4.

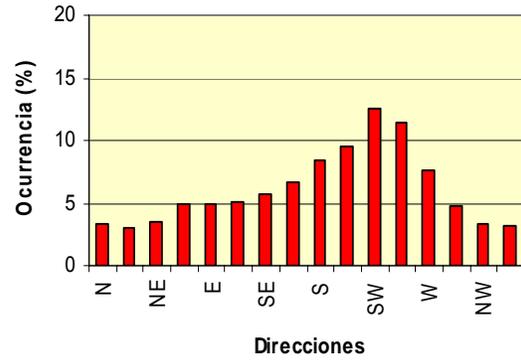
FRECUENCIA (%) DE EXCEDENCIA DE CORRIENTES

MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
> 19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 16	0,000	0,041	0,041	0,000	0,061	0,020	0,000	0,000
> 13	0,061	0,041	0,164	0,082	0,143	0,266	0,061	0,000
> 10	0,286	0,184	0,409	0,593	0,920	0,879	0,225	0,123
> 7	1,370	0,715	1,247	1,676	2,882	2,392	1,390	0,736
> 4	3,107	2,780	3,639	4,415	6,521	5,356	3,843	2,146
> 1	4,967	4,763	5,417	6,541	9,301	7,522	5,478	4,150

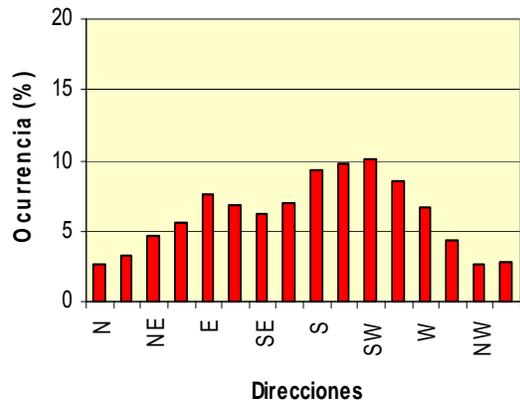
MAGNITUD (cm/s)	DIRECCION								TOTAL (%)
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
> 19	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,102	0,102	0,000	0,245
> 16	0,000	0,000	0,041	0,061	0,082	0,225	0,266	0,000	0,838
> 13	0,020	0,082	0,123	0,307	0,348	0,818	0,736	0,164	3,414
> 10	0,102	0,184	0,388	0,961	1,513	2,105	1,860	0,634	11,365
> 7	0,715	0,838	1,247	2,310	3,332	4,374	3,659	1,594	30,478
> 4	2,351	2,269	2,923	4,518	6,173	7,011	6,173	3,966	67,191
> 1	4,109	3,802	4,722	6,439	8,034	8,994	8,401	5,928	98,569



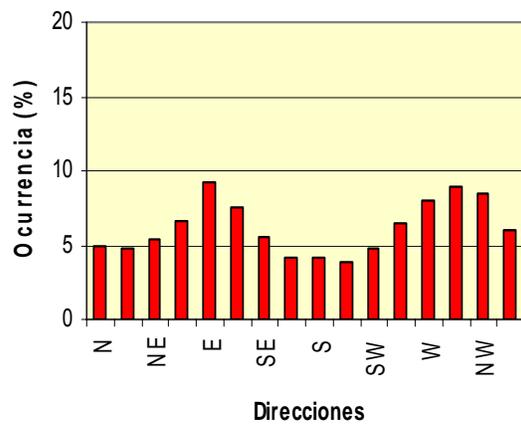
Capa 1



Capa 2

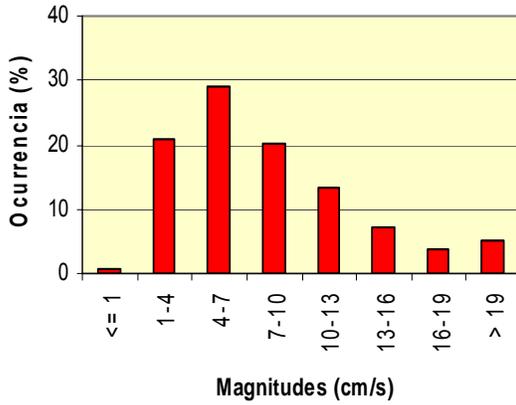


Capa 3

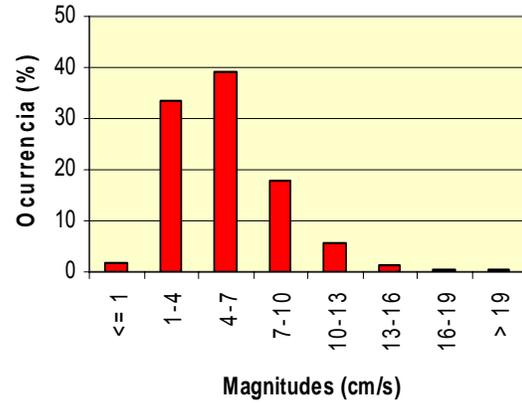


Capa 4

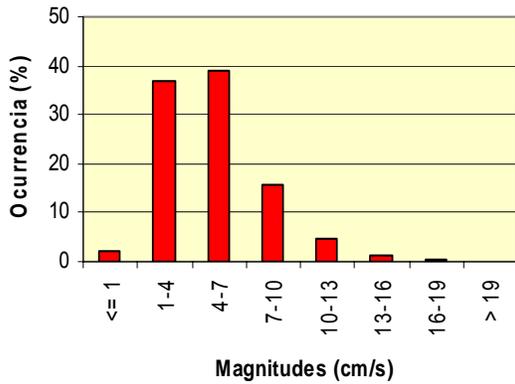
Figura 6.2.2.1. Histograma de direcciones de las corrientes. Punta Cachos.



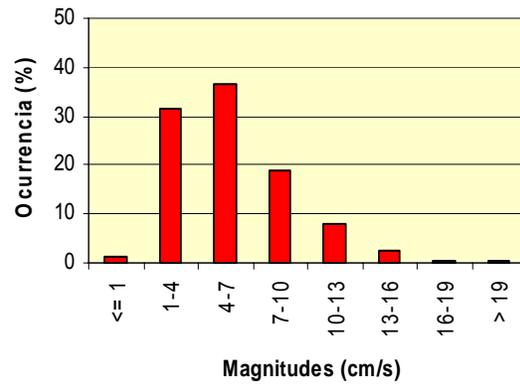
Capa 1



Capa 2



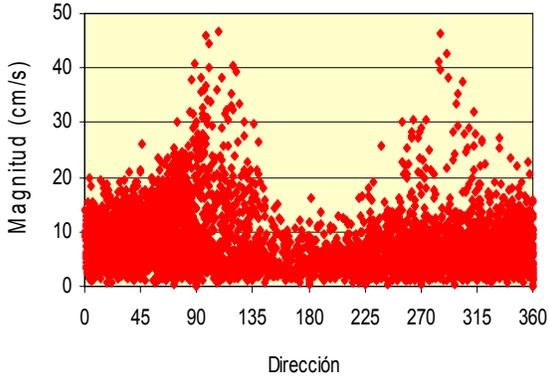
Capa 3



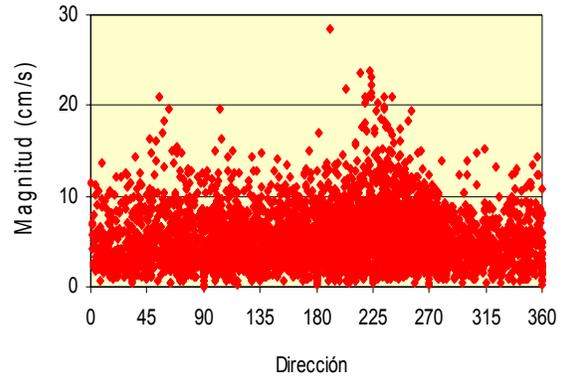
Capa 4

Figura 6.2.2.2. Histograma de magnitudes de las corrientes. Sector Punta Cachos.

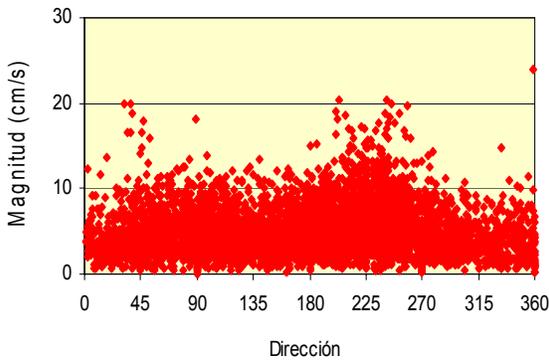
	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	85
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	



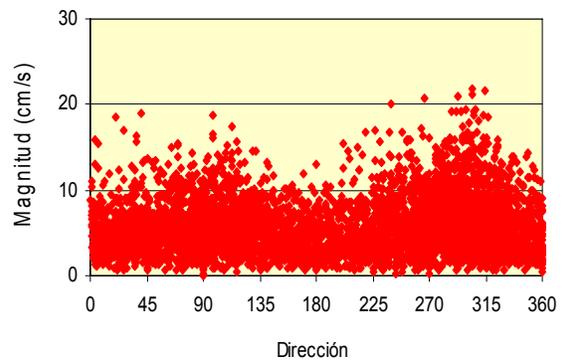
Capa 1



Capa 2



Capa 3



Capa 4

Figura 6.2.2.3. Diagramas de dispersión Magnitud-Dirección de las corrientes. Sector Punta Cachos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	86
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Comparativamente, las magnitudes de las corrientes fueron superiores en el estrato superficial de agua que en los niveles más profundos, con máximos absolutos de 47 cm/s, y magnitudes medias de 8,3 cm/s (**Tabla 6.2.2.9**).

Tabla 6.2.2.9
Valores medios y máximos de las corrientes por capa. Punta Cachos.

DIRECCION	Capa Nº 1		Capa Nº 2		Capa Nº 3		Capa Nº 4	
	MEDIA (cm/s)	MAXIMA (cm/s)	MEDIA (cm/s)	MAXIMA (cm/s)	MEDIA (cm/s)	MAXIMA (cm/s)	MEDIA (cm/s)	MAXIMA (cm/s)
N	7,6	22,8	5,0	14,3	4,4	24,0	5,4	15,9
NNE	8,5	19,5	4,7	12,7	4,2	19,8	4,9	18,6
NE	9,5	26,2	5,6	20,9	5,4	19,9	5,5	19,0
ENE	10,5	30,0	5,5	19,7	5,1	12,4	5,7	15,3
E	12,4	45,9	5,3	15,0	5,2	18,2	5,9	18,8
ESE	10,7	46,7	5,4	19,7	4,9	12,1	6,1	17,3
SE	8,5	33,4	5,0	14,8	4,7	13,5	5,5	14,6
SSE	5,3	14,9	5,2	14,2	4,9	12,4	4,6	10,5
S	5,2	16,2	5,5	28,4	5,3	15,2	4,7	13,1
SSW	5,3	13,0	5,9	21,9	6,0	20,5	5,0	15,4
SW	5,9	19,1	6,8	23,9	6,4	17,7	5,4	17,0
WSW	6,5	30,2	6,4	21,0	6,5	20,4	6,3	20,1
W	7,6	30,7	5,4	14,9	5,0	16,0	6,7	20,7
WNW	7,8	46,4	4,7	13,9	4,3	11,2	7,4	20,9
NW	7,7	32,1	4,6	15,2	4,3	10,8	7,1	21,9
NNW	7,3	27,2	5,1	13,0	4,1	14,7	5,7	14,3
TOTAL	8,3	46,7	5,5	28,4	5,2	24,0	5,9	21,9



- **Corrientes Máximas**

La **Figura 6.2.2.4** evidencia que la intensidad de la circulación en el estrato subsuperficial de agua, es moderada a baja, con un máximo puntual de 28 cm/s de todo el período de medición., mientras que en la capa de agua superficial, regularmente se presentan pulsos de corrientes con intensidades superiores a 30 cm/s.

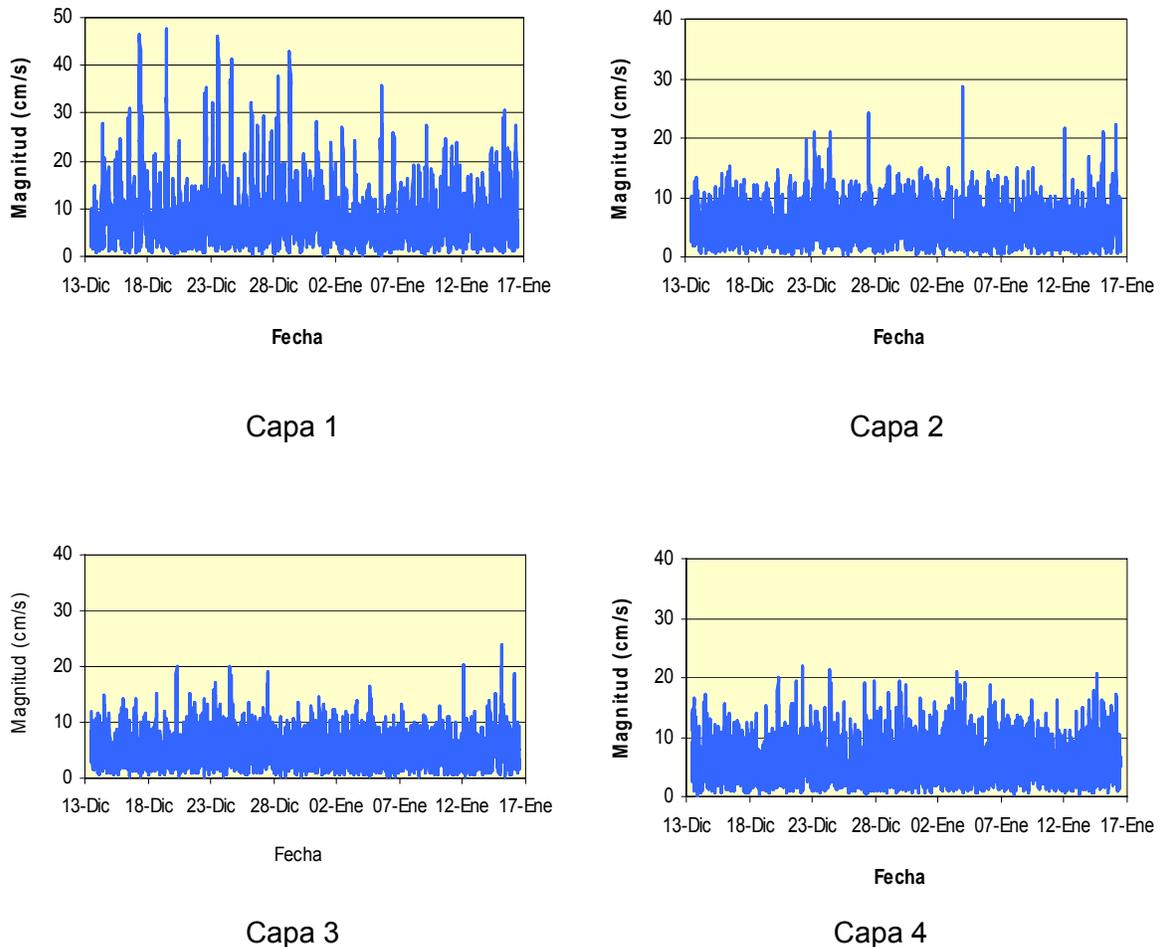


Figura 6.2.2.4. Régimen de corrientes. Magnitudes de las corrientes por capa. Sector Punta Cachos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	88
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

Los diagramas de vector progresivo presentados en la **Figura 6.2.2.5** (sucesión temporal de vectores de corrientes), evidencia distintos patrones de circulación según el estrato de medición.

En el estrato de agua superficial se evidencia un transporte residual hacia el NE, la mayor parte del tiempo, mientras que la circulación residual de la capa de agua intermedia presentó un comportamiento opuesto al informado en superficie, con un desplazamiento general hacia el sur de la playa. Por su parte, la circulación residual de la capa de agua de fondo se dirigió hacia el NW, con magnitudes relativamente bajas, de 0,9 cm/s.

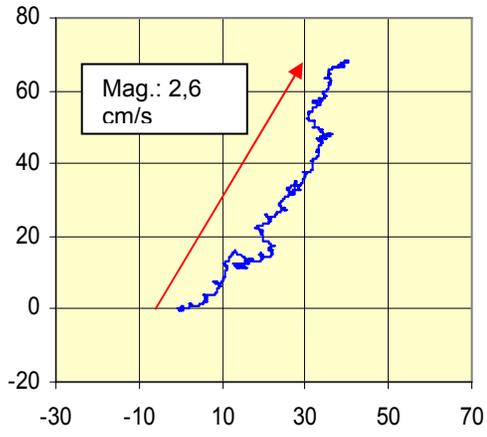
- **Análisis Espectral**

El análisis espectral (**Figura 6.2.2.6**), evidencia que la varianza de la componente V (paralela a costa) se distribuye mayoritariamente en bandas de frecuencia inferiores a 0,12 cph.

En el estrato de agua superficial, se distingue un aumento de energía (punta espectral) en la banda de frecuencia de 0,04 cph, sugiriendo que la circulación marina experimenta ciclos con periodicidad diaria, atribuible a la brisa marina.

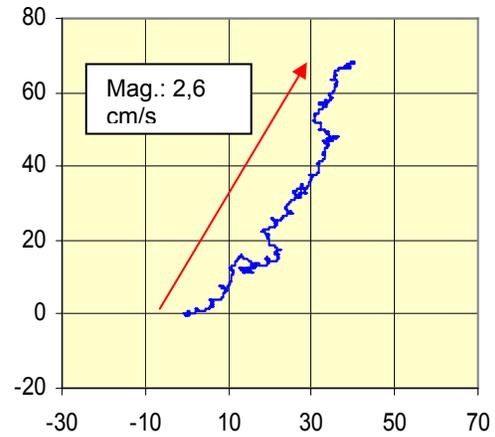
En las capas de aguas más profundas, se evidencia una punta espectral en la banda de frecuencia semidiurna (0,08 cph), en respuesta a la marea.

Por su parte, la componente perpendicular a costa (U) se mostró menos energética respecto de la componente paralela.



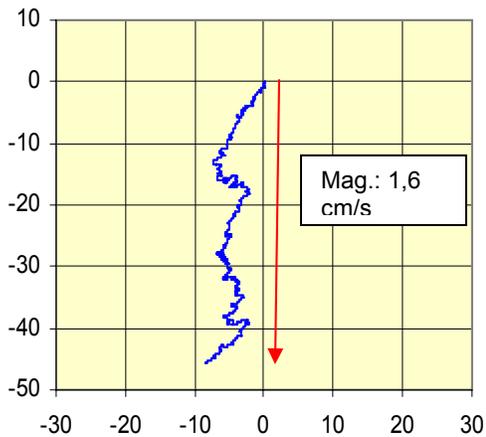
Distancia Recorrida (Km)

Capa 1



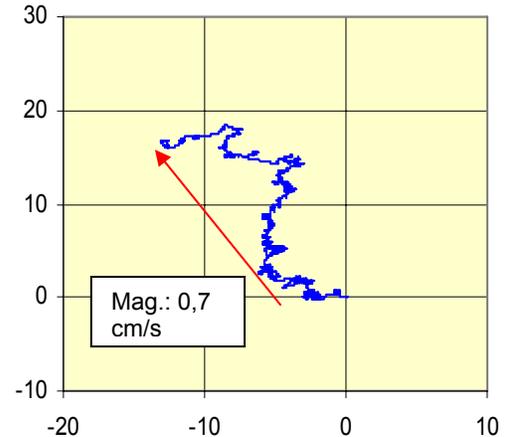
Distancia Recorrida (Km)

Capa 2



Distancia Recorrida (Km)

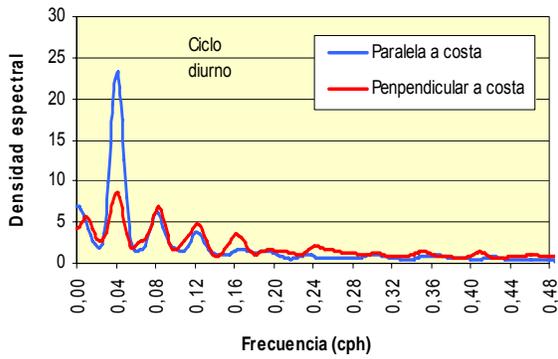
Capa 1



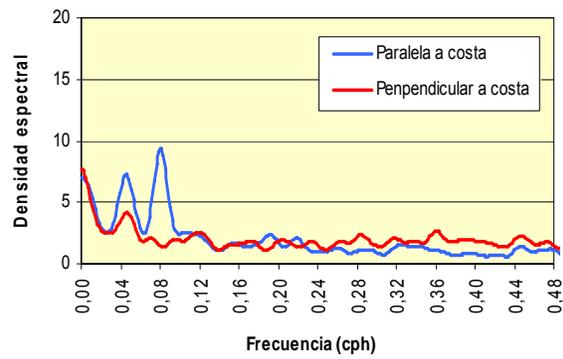
Distancia Recorrida (Km)

Capa 2

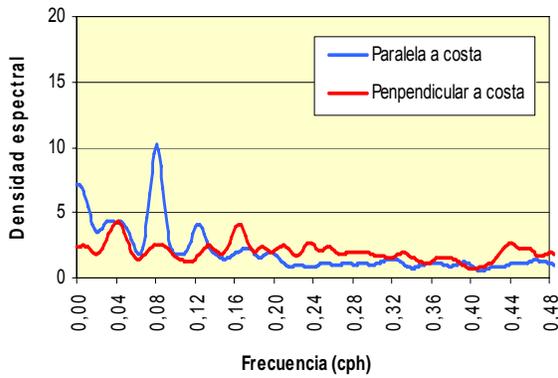
Figura 6.2.2.5. Diagramas de Vector Progresivo de las corrientes por capa.
Sector Punta Cachos.



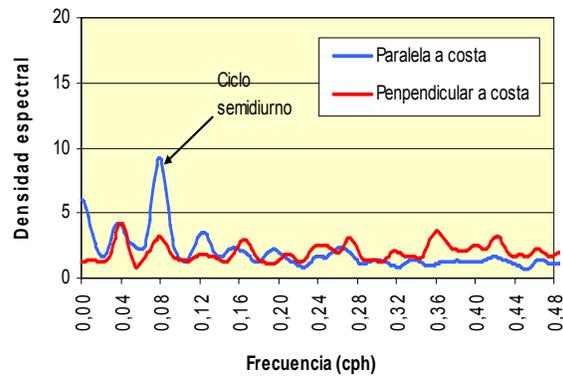
Capa 1



Capa 2



Capa 3



Capa 4

Figura 6.2.2.6. Análisis espectral componentes V y U de las corrientes por capa.
Sector Punta Cachos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	91
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Ciclo Diurno**

El comportamiento diurno de la corriente se puede apreciar en las **Figuras 6.2.2.7 y 6.2.2.8**.

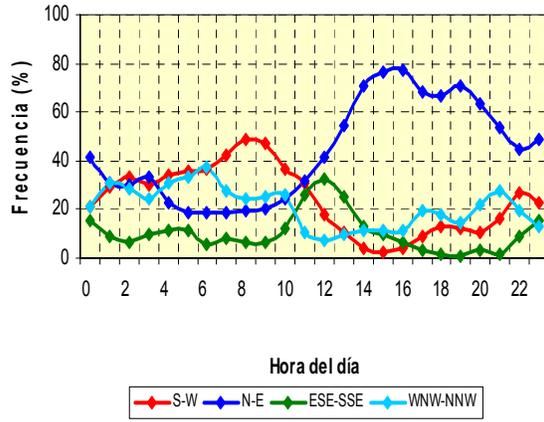
Al cotejar la distribución de direcciones para cada hora del día, se distingue que durante las horas de la tarde la corriente superficial se dirige mayoritariamente hacia el primer cuadrante, con una frecuencia de 60% o superior (**Figura 6.2.2.7**), mientras que de madrugada se registra un patrón direccional más variable, con mayor participación de los flujos hacia el sur de la playa. Lo anterior, es más evidente para la capa de agua superficial, ya que en los estratos más profundos, no se observa un patrón de distribución diurno.

Comparativamente, la circulación superficial se intensifica por la tarde, alcanzando un máximo de 12 cm/s a las 15 horas (**Figura 6.2.2.8**).

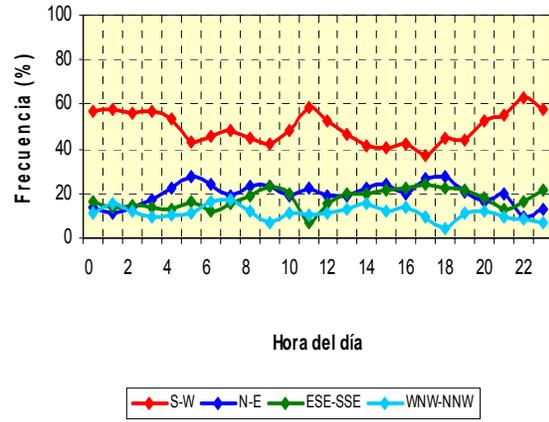
- **Ciclo Semidiurno**

El comportamiento semidiurno de la corriente se puede apreciar en las **Figuras 6.2.2.9**.

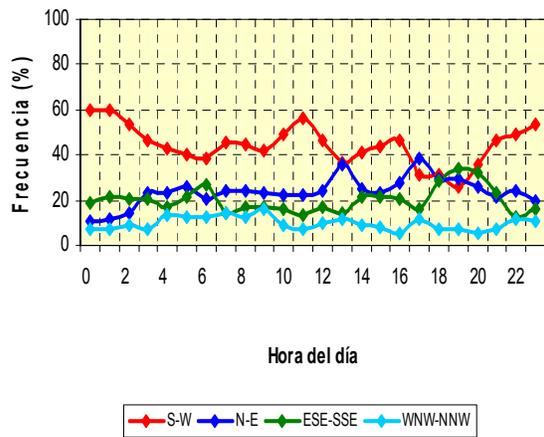
De acuerdo con la figura anterior, se aprecia que en marea vaciante, disminuye la frecuencia relativa de los flujos que se dirigen hacia el tercer cuadrante.



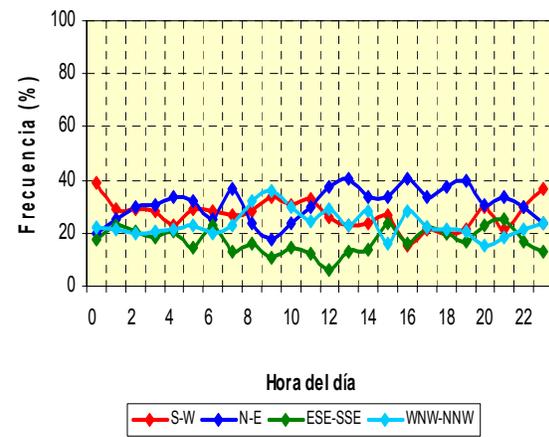
Capa 1



Capa 2



Capa 3

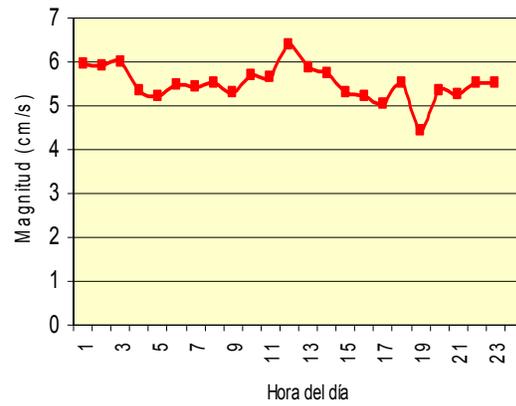


Capa 4

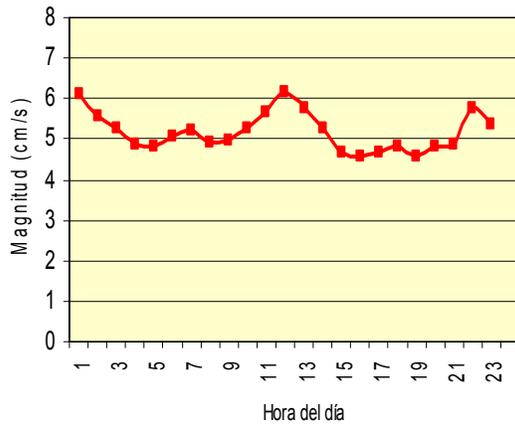
Figura 6.2.2.7. Ciclo diario – Incidencia de direcciones de las corrientes por capa.
Sector Punta Cachos.



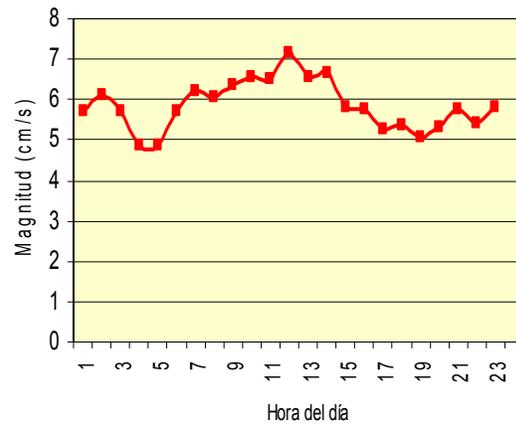
Capa 1



Capa 2

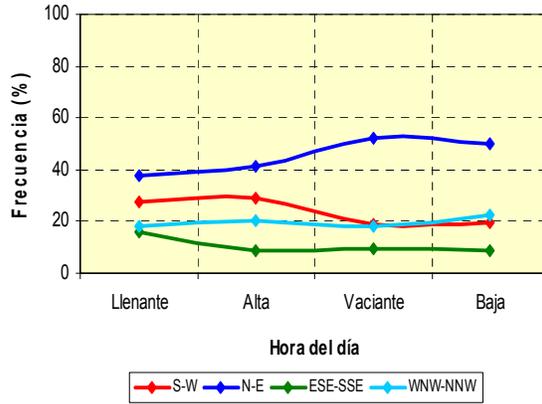


Capa 3

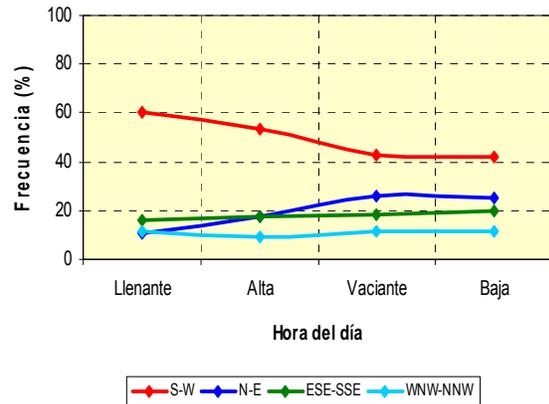


Capa 4

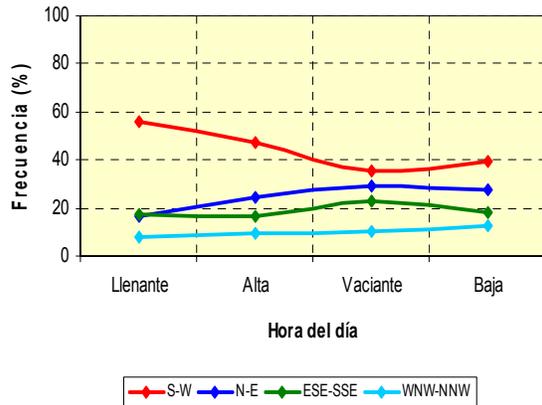
Figura 6.2.2.8. Ciclo diario de las corrientes por capa (valores medios).
Sector Punta Cachos.



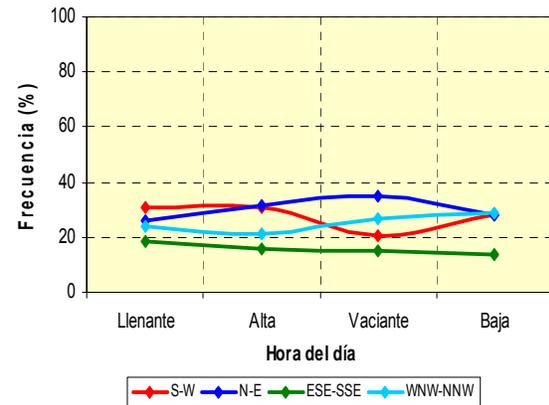
Capa 1



Capa 2



Capa 3



Capa 4

Figura 6.2.2.9. Ciclo semidiurno de las corrientes por capa. Incidencia de direcciones. Sector Punta Cachos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	95
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.2.3 *Discusión del Estudio de Correntometría Euleriana*

De acuerdo con el análisis de frecuencia, el estrato de agua superficial evidencia un transporte residual hacia el Norte de la costa, lo que es consistente con el forzamiento del viento reinante del SW, mientras que la capa de agua intermedia presenta un flujo residual hacia el SW, en sentido opuesto al movimiento de la capa de agua superficial. Debido a lo anterior, se sugiere que este transporte subsuperficial de agua hacia el sur de la costa, compensaría el flujo de agua superficial que sigue al viento y que corre hacia el Norte. Por su parte, la capa de agua de fondo fluye mayoritariamente en sentido este – oeste, probablemente inducido por la acción del oleaje. En resumen, los resultados eulerianos evidencian un patrón de circulación de tres capas a lo alto de la columna de agua.

Se advierte el forzamiento de la brisa marina como un agente modulador de las corrientes, condicionando un patrón dinámico con ciclos diurnos. Lo anterior, es más evidente en el estrato superior de la columna de agua y en horas de la tarde, cuando se registra un aumento relativo de la frecuencia de flujos hacia el Norte de la costa. Esta variación diurna de la corriente se explicaría por el forzamiento del viento sobre las capas superiores del océano. En efecto, en horas de la tarde, el viento sopla mayoritariamente del SW, lo que originaría una circulación forzada hacia el Norte de la costa, mientras que de madrugada la corriente se puede invertir hacia el SW, en coincidencia con períodos de viento calmo o del NE.

Por su parte, la estimación espectral revela que la marea es un agente más significativo en las capas de agua intermedia y de fondo. El comportamiento semidiurno de la corriente, queda reflejado durante la marea vaciante por un aumento relativo de flujos hacia el norte de la playa. En la capa de agua superficial, la contribución mareal es menos significativa con relación al efecto del viento, y en consecuencia, la marea no se presenta como un importante agente modulador de la dirección de los flujos superficiales, debido probablemente a la sobreposición del efecto del viento sobre esta.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	96
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Respecto de las magnitudes de las corrientes informadas por el método euleriano en estación fija, estas son moderadas a bajas, e inferiores en el estrato profundo de la columna de agua, siendo esto consistente con la mayor fricción del fondo marino sobre la capa de agua contigua.

6.2.4 Conclusiones del Estudio de Correntometría Euleriana

A la luz de los resultados expuestos, se concluye que el área de estudio evidencia un patrón de corrientes costeras típicamente de la zona central y norte de Chile, el cual se caracteriza por flujos de moderada a baja magnitud.

Las corrientes son altamente variables debido al efecto rotatorio de la brisa marina y de la marea. Sin embargo, a pesar de esta variabilidad existe un flujo residual superficial hacia el NE, forzado por el viento reinante del SW, y un flujo subsuperficial hacia el sur de la playa.

De acuerdo con los resultados informados en este estudio, se puede señalar que la dinámica costera esta determinada por el efecto combinado del régimen de vientos (brisa marina) y de la marea.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	97
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.3 CORRENTOMETRÍA LAGRANGIANA (DERIVADORES)

6.3.1 Metodología de Estudio de Correntimetría Lagrangiana

Para determinar las líneas de flujo de las corrientes marinas, se realizaron dos campañas de mediciones con derivadores, en época de sicigias y cuadraturas. En cada campaña se realizaron estudios lagrangianos en tres sitios (D1, D2 y D3, **Figura 2.1**), en condiciones de marea llenante y vaciante.

Las fechas y puntos de lanzamiento fueron los siguientes:

18 de diciembre de 2007 (Cuadratura Lunar, vaciante y llenante).

09 y 10 de enero de 2008 (Sicigia Lunar, vaciante y llenante respectivamente):

- D-1 : E 298.358,8 N 6.936.024,9
- D-2 : E 298.605,3 N 6.936.066,8
- D-3 : E 298.755,0 N 6.936.362,5

En cada sitio 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 60x85 cm, debidamente compensadas para flotabilidad neutra, y diseñadas para minimizar el arrastre del viento sobre el elemento derivador (**Fotografía 6.3.1.1**). 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.



Fotografía 6.3.1.1. Detalle de elemento derivador utilizado en la zona de estudio.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	98
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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.

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

6.3.2 Resultados del Estudio de Correntometría Lagrangiana

Las **Figuras 6.3.2.1 a 6.3.2.6** 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.

- **Primera Experiencia: Cuadratura – Marea Vaciante (Figura 6.3.2.1)**

La primera experiencia de derivadores lagrangianos se realizó durante la fase de marea vaciante y con vientos del SW.

Bajo estas condiciones ambientales, las boyas de deriva evidenciaron un desplazamiento general hacia el cuarto cuadrante, con excepción de la boya D3 lastrada a 5 m, que navegó hacia el SW, en sentido no coincidente con el viento.

Respecto de las velocidades de desplazamiento, las boyas superficiales se desplazaron con magnitudes entre 8 cm/s y 12 cm/s, y las boyas lastradas a 5 m de profundidad con magnitudes entre 4 cm/s y 8 cm/s.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	99
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Comparativamente, las boyas lastradas en superficie se desplazaron con magnitudes superiores respecto de las boyas lastradas a 5 m de profundidad.

- **Segunda Experiencia: Sicigia Cuadratura – Marea Llenante (Figura 6.3.2.2)**

Durante el desarrollo de esta experiencia el viento sopló del SW con intensidades de 8 nudos.

En términos de dirección de avance, las boyas lastradas en superficie evidenciaron un desplazamiento general hacia el primer cuadrante, en sentido coincidente con la geometría de la línea de costa y con la dirección del viento. Por su parte, las boyas lastradas a 5 m de profundidad, navegaron levemente hacia el SW, en sentido opuesto al viento.

Respecto de las velocidades de desplazamiento, las boyas superficiales se desplazaron con magnitudes entre 9 cm/s y 13 cm/s, y las boyas lastradas a 5 m de profundidad con magnitudes entre 1 cm/s y 3 cm/s.

Comparativamente, las boyas lastradas en superficie se desplazaron con magnitudes superiores respecto de las boyas lastradas a 5 m de profundidad.

- **Tercera Experiencia: Sicigia – Marea Vaciente (Figura 6.3.2.3)**

Esta experiencia se desarrolló en condiciones de vientos del SW.

En términos de dirección de avance, las boyas lastradas en superficie evidenciaron un desplazamiento general hacia el Norte, en sentido coincidente con la dirección del viento. Por su parte, las boyas lastradas a 5 m de profundidad navegaron hacia el W o SW, lo que representa una dirección no coincidente con el arrastre del viento.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	100
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Respecto de las velocidades de desplazamiento, las boyas superficiales se desplazaron con magnitudes entre 6 cm/s y 8 cm/s, y las boyas lastradas a 5 m de profundidad con magnitudes entre 1 cm/s y 3 cm/s.

Comparativamente, las boyas lastradas en superficie se desplazaron con magnitudes superiores respecto de las boyas lastradas a 5 m de profundidad.

- **Cuarta Experiencia: Sicigia – Marea Llenante (Figura 6.3.2.4)**

Esta experiencia se desarrolló en condiciones de vientos del NE.

A diferencia de las experiencias anteriores realizadas con viento SW, en esta ocasión las boyas de deriva evidenciaron un desplazamiento homogéneo hacia el W o SW, en sentido aproximadamente coincidente con la dirección del viento.

Respecto de las velocidades de desplazamiento, las boyas superficiales se desplazaron con magnitudes entre 4 cm/s y 6 cm/s, y las boyas lastradas a 5 m de profundidad, con magnitudes entre 2 cm/s y 3 cm/s.

Comparativamente, las boyas lastradas en superficie, se desplazaron con magnitudes superiores respecto de las boyas lastradas a 5 m de profundidad.

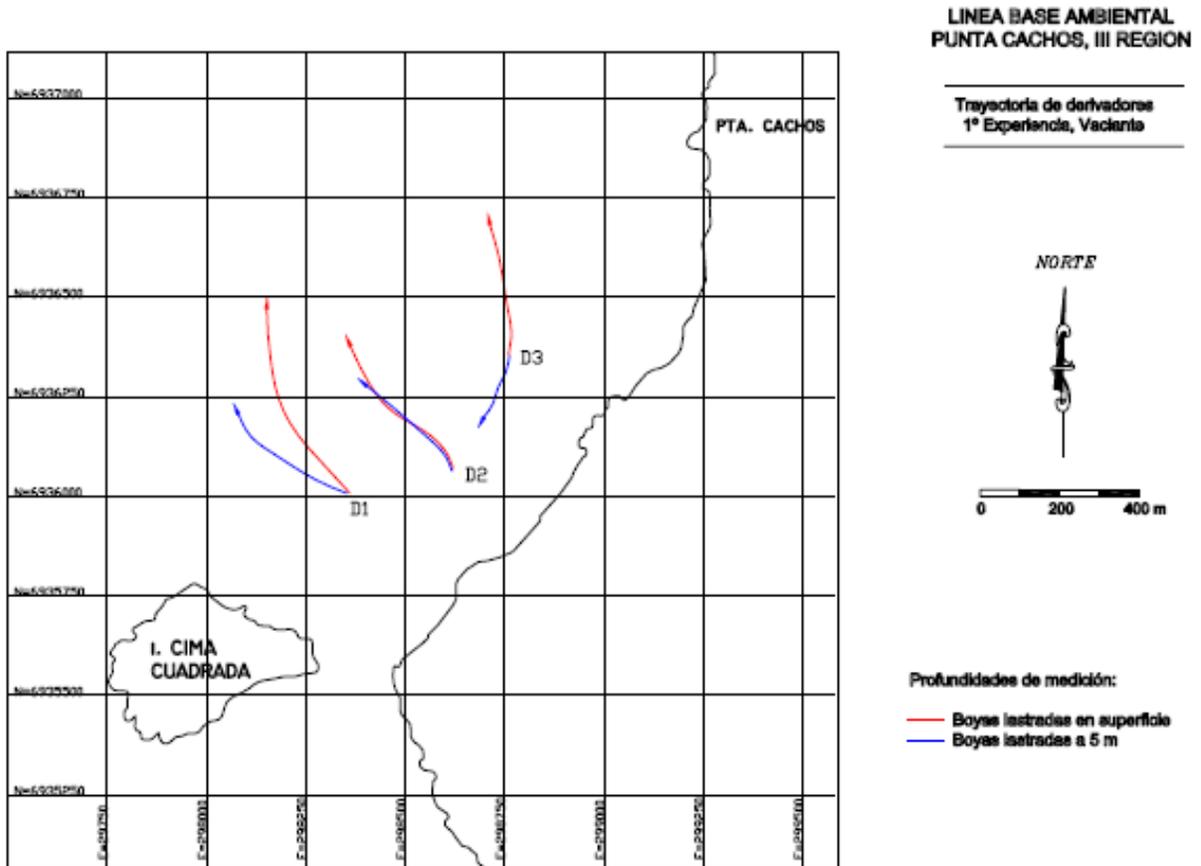


Figura 6.3.2.1. Trayectorias de los derivadores lanzados en Cuadratura. Fase vaciante. Superficie y 5 metros de profundidad.

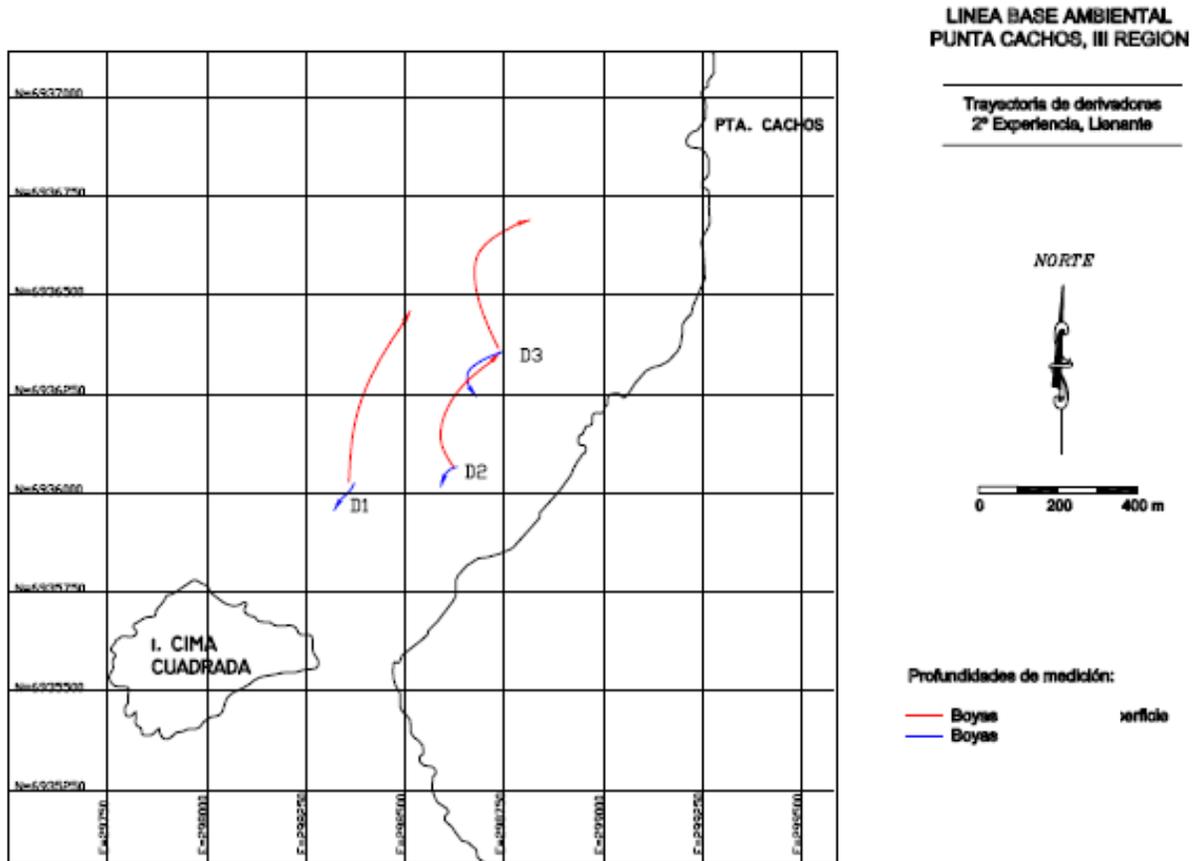


Figura 6.3.2.2. Trayectorias de los derivadores lanzados en Cuadratura. Fase llenante. Superficie y 5 metros de profundidad.

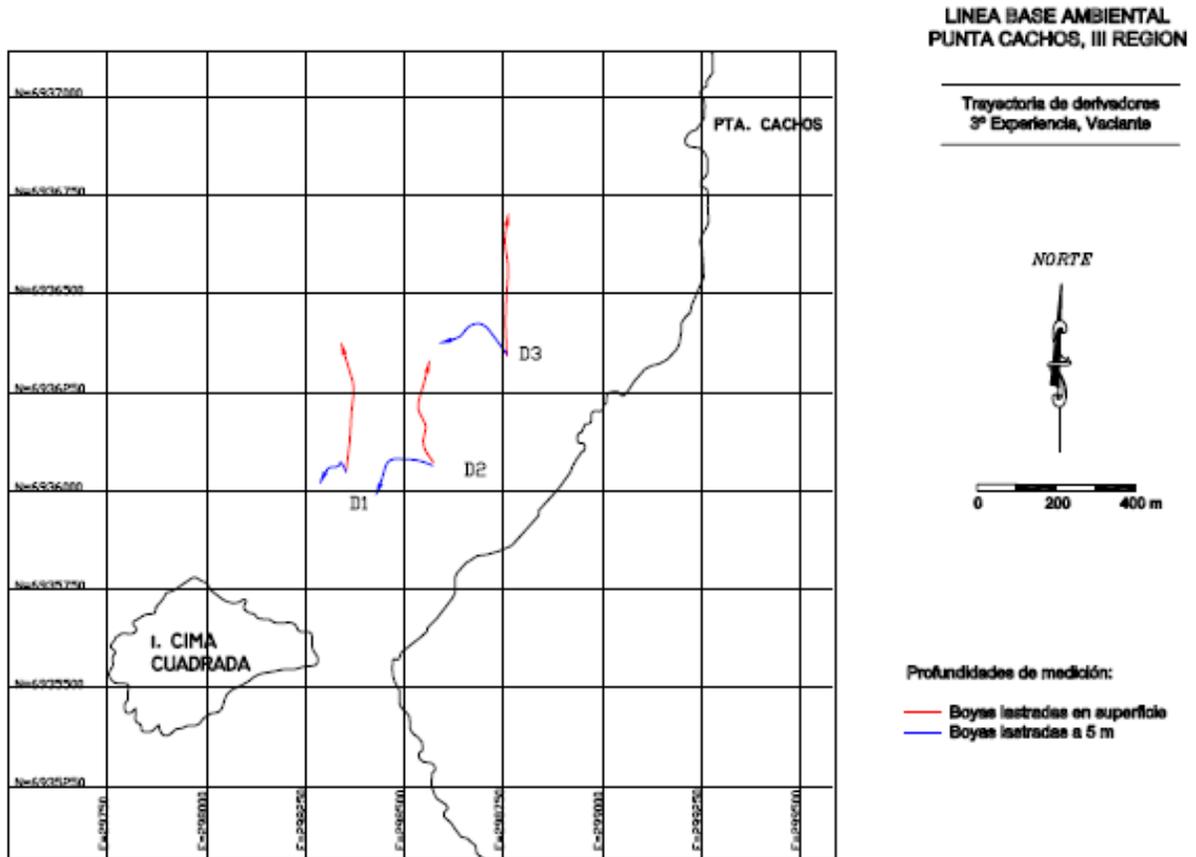


Figura 6.3.2.3. Trayectorias de los derivadores lanzados en Sicgia. Fase vaciante.
Superficie y 5 metros de profundidad.

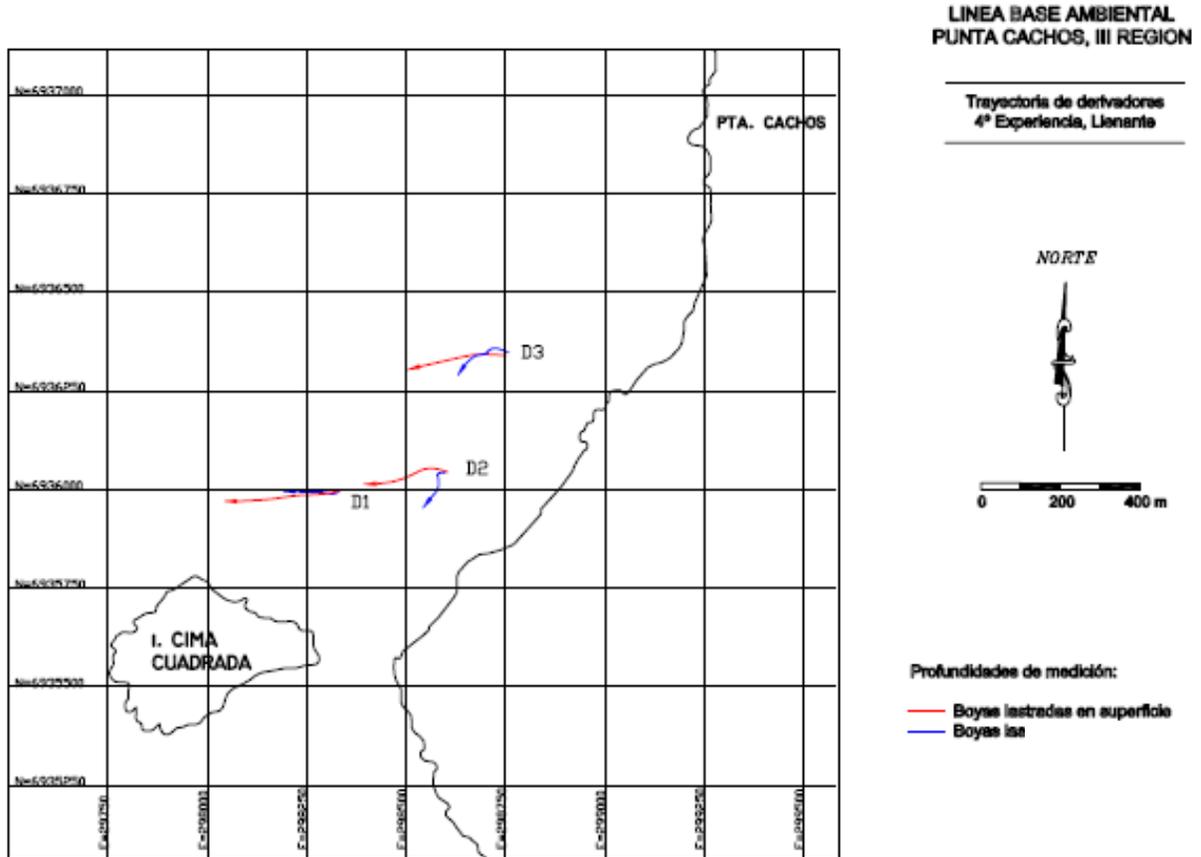


Figura 6.3.2.4. Trayectorias de los derivadores lanzados en Sicigia. Fase llenante. Superficie y 5 metros de profundidad.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	105
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.3.3 *Discusión del Estudio de Correntimetría Lagrangiana*

Los estudios lagrangianos sugieren que la marea no se presenta como un importante agente modulador de la dirección de los flujos superficiales, por cuanto se observó una tendencia de la boyas de deriva a fluir hacia el Norte de la playa, de manera independiente de la fase de marea, lo que concuerda con lo informado por el estudio euleriano.

En términos generales, se evidencian capas de circulación, fluyendo en direcciones opuestas. La capa de agua superficial muestra un patrón de circulación general hacia el Norte de la costa, en sentido coincidente con la dirección del viento reinante del SW, mientras que la dirección de los flujos subsuperficiales fueron generalmente hacia el tercer cuadrante.

Al cotejar el patrón de circulación a lo alto de la columna de agua, se evidencia que la magnitud de la corriente disminuyó con la profundidad, siendo esto consistente con el menor efecto que ejerce el viento sobre las capas de agua más profundas.

6.3.4 *Conclusión del Estudio de Correntimetría Lagrangiana*

A la luz de los resultados expuestos, se concluye que el área de estudio evidencia a un patrón de corrientes costeras típicamente de la zona central y norte de Chile, el cual se caracteriza por flujos de moderada a baja magnitud.

Desde el punto de vista de las condiciones de operación (reinantes), el patrón de circulación se caracteriza por corrientes subsuperficiales con magnitudes típicas inferiores a 7 cm/s, y máximas de 20 cm/s. En la capa de agua superficial, se registran magnitudes medias de 8 a 12 cm/s, y máximas ocasionales de 47 cm/s.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	106
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.4 DERIVA LITORAL

6.4.1 Metodología de Estudio de Deriva Litoral

El estudio de corrientes litorales se realizó en las inmediaciones de Isla Cima Cuadra, en dos estaciones con las siguientes coordenadas:

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)

El estudio de corrientes litorales se realizó usando el trazador químico Rodamina B, el cual fue descargado en forma superficial en el borde costero, en dos sitios aledaños al área de proyecto.

El desplazamiento de la mancha de rodamina fue monitoreado desde la costa, con lo cual se pudo determinar la velocidad y dirección de la corriente litoral. Las mediciones se realizaron el día 14 de enero de 2008.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	107
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.4.2 Resultados del Estudio de Deriva Litoral

Los resultados de las experiencias de deriva litoral efectuadas en el sector de I. Cima Cuadrada se presentan en la **Tabla 6.4.2.1**.

Tabla 6.4.2.1
Magnitud y dirección de la deriva litoral del sector de I. Cima Cuadrada.
14 de enero de 2008.

Sector	Hora Lanzamiento	Hora Final	Tiempo Total	Distancia acumulada (m)	Vel. (cm/s)	Dirección
L1	09:07:17	09:39:15	0:31:58	785	4,1	Paralela a playa - SW
L2	10:11:23	10:43:33	0:37:10	129	5,8	Paralela a playa - NE
L1	14:11:55	14:41:26	0:29:31	95	5,4	Paralela a playa - SW
L2	15:08:48	15:33:36	0:24:48	123	8,3	Paralela a playa - NE

Las magnitudes medidas para la deriva litoral fluctuaron entre 4,1 y 8,3 cm/s, correspondiendo las mayores magnitudes al sector localizado más al norte (sitio L2).

Comparativamente, la deriva litoral en la estación L1 fue hacia el SW, mientras en la estación L2 fue hacia el NE.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	108
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.5 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 de 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.

6.5.1 Metodología de Estudio de Dispersión

La capacidad de dispersión de la columna de agua en la zona de estudio, 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 6.5.1.1**). A ello se agrega su carácter no tóxico sobre la biota acuática.

Se realizaron un total de 4 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 (**Figura 2.1**):



Fotografía 6.5.1.1. Mancha de rodamina y su derivador asociado.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	109
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Estación R-1: E 298.605,3 N 6.936.066,8

Estación R-2: E 298.755,0 N 6.936.362,5

En cada punto o estación, se realizó un total de 4 experiencias con rodamina (2 en vaciante y 2 en llenante), los días 18 de diciembre de 2007 (cuadratura), en las fases mareales de llenante y vaciante, y 09 y 10 de enero de 2008 (sicigia), vaciante y llenante respectivamente. 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.

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 disiparse 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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	110
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.5.2 Resultados del Estudio de Dispersión

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 del sector de I. Cima Cuadrada. En tanto, en las **Figuras 6.5.2.1 a 6.5.2.4** se muestra la evolución de la mancha de rodamina de cada experiencia realizada.

A continuación se presenta un análisis de las experiencias.

- **Primera Experiencia: Cuadratura – Marea Vaciante (Figura 6.5.2.1)**

La primera experiencia con rodamina se realizó durante la fase de marea vaciante, y en condiciones de viento SW.

Bajo estas condiciones ambientales, el centroide de la mancha de rodamina se desplazó hacia el NW (lance R1) o hacia el N (lance R2), con magnitudes medias entre 11,2 cm/s y 6,3 cm/s, respectivamente.

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal (K_h) obtenidos durante este ejercicio, la mancha de rodamina creció con una tasa media entre 0,74 m²/s (lance R1) y 1,02 m²/s (lance R2).

En términos generales la mancha de rodamina del lance R1, no se dispersó en la dirección de desplazamiento de su centroide, sino que lo hizo con un sentido coincidente con la dirección del viento. En efecto, la mancha de rodamina adoptó la forma de un ovoide alargado orientado aproximadamente en sentido coincidente con la dirección el viento, lo que confirma lo anteriormente expuesto.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	111
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Segunda Experiencia: Cuadratura – Marea Llenante (Figura 6.5.2.2)**

Durante el desarrollo de esta experiencia el viento sopló del SW con intensidades de 8 nudos.

En términos de dirección de avance, el centroide de la mancha de rodamina se desplazó hacia el NW (lance R1) o hacia el NE (lance R2). Las velocidades medias de desplazamiento de la mancha fluctuaron entre 7,0 cm/s (sitio R1) y 10,8 cm/s (sitio R2).

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal obtenidos durante este ejercicio, la mancha de rodamina creció con una tasa media entre 0,89 m²/s (lance R1) y 1,53 m²/s (lance R2).

De manera similar a lo informado en la primera experiencia, la mancha de rodamina adoptó la forma de un ovoide alargado, con su eje mayor orientado aproximadamente en sentido de la dirección de viento.

- **Tercera Experiencia: Sicigia – Marea Vaciante (Figura 6.5.2.3)**

Esta experiencia se desarrolló en condiciones de vientos del SW.

En términos de dirección de avance, el centroide de la mancha de rodamina se desplazó hacia el E (lance R1) o hacia el NE (lance R2), con magnitudes de 3,9 cm/s (lance R1) y 6,0 cm/s (lance R2).

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal, la mancha de rodamina creció a una tasa promedio de 0,85 m²/s (lance R1) y 1,04 m²/s (lance R2).

La mancha de rodamina adoptó la forma de un huso alargado en sentido coincidente con la dirección del viento.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	112
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Cuarta Experiencia: Sicigia – Marea Llenante (Figura 6.5.2.4)**

Esta experiencia se desarrolló con vientos del NE.

En términos de dirección de avance, el centroide de la mancha del lance R1 permaneció en el mismo punto de lanzamiento. Por su parte, la mancha del lance R2 se desplazó levemente hacia el E, con magnitudes medias de 3,2 cm/s.

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal, la mancha de rodamina creció a razón entre 1,03 m²/s (lance R1) y 1,24 m²/s (lance R2).

Comparativamente, la mancha de rodamina del lance R2 adoptó la forma de un huso alargado, mientras que la mancha del lance R1 formó una figura aproximadamente circular.

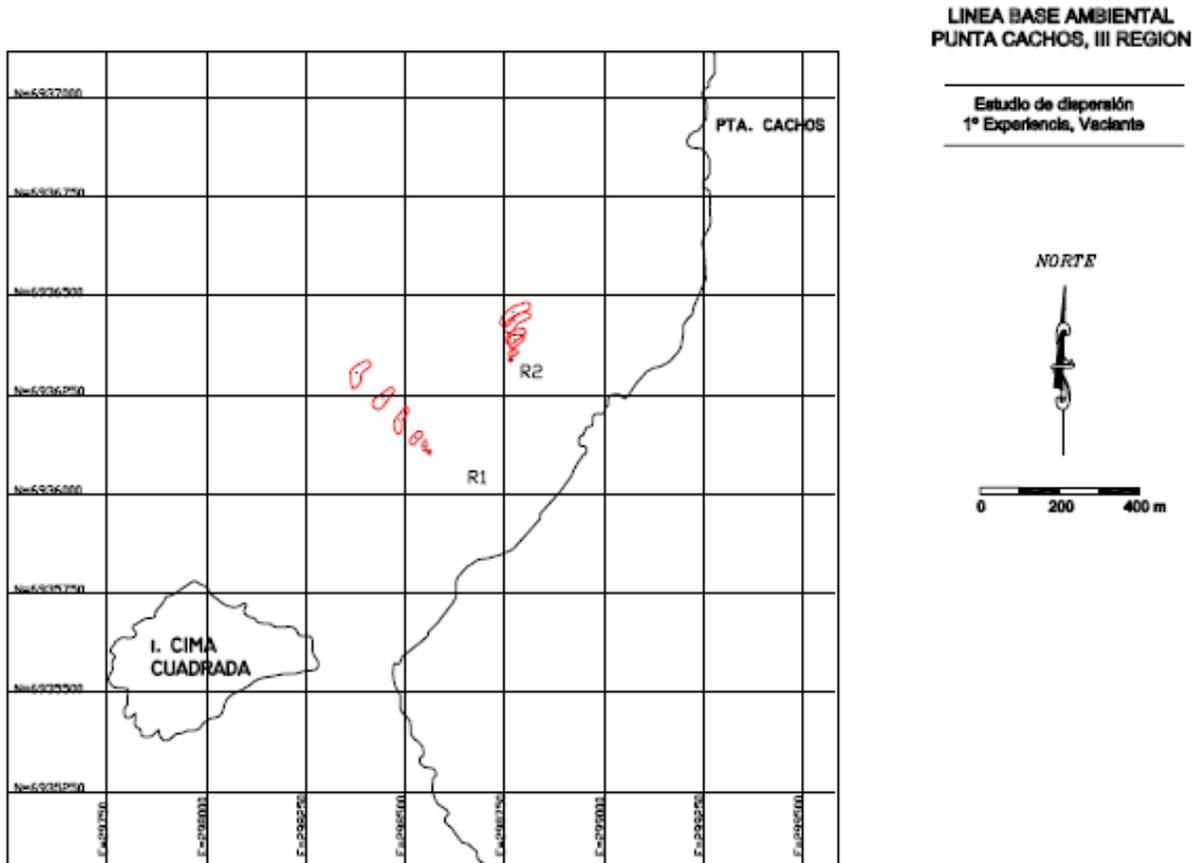


Figura 6.5.2.1. Dispersión con rodamina. Estaciones R1 y R2, marea vaciante. Cuadratura.

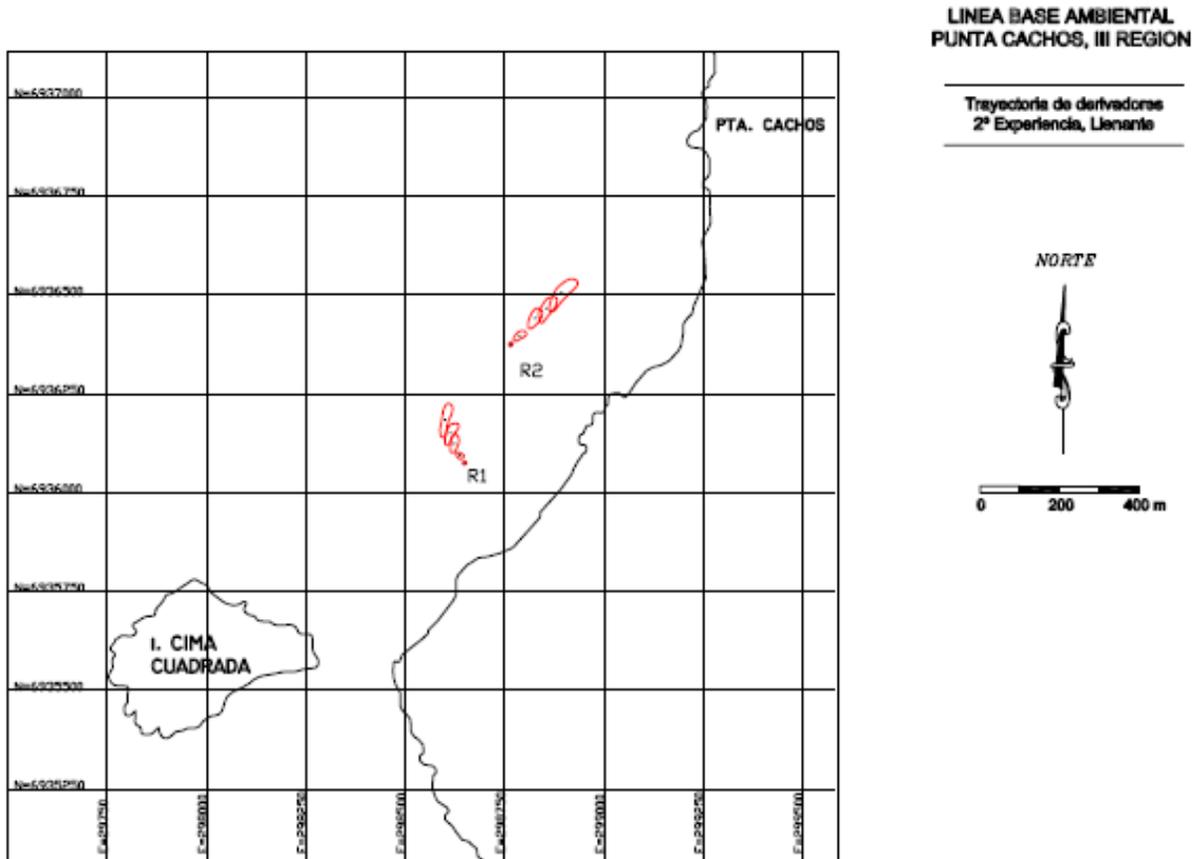


Figura 6.5.2.2. Dispersión con rodamina. Estaciones R1 y R2, marea llenante.
Cuadratura.

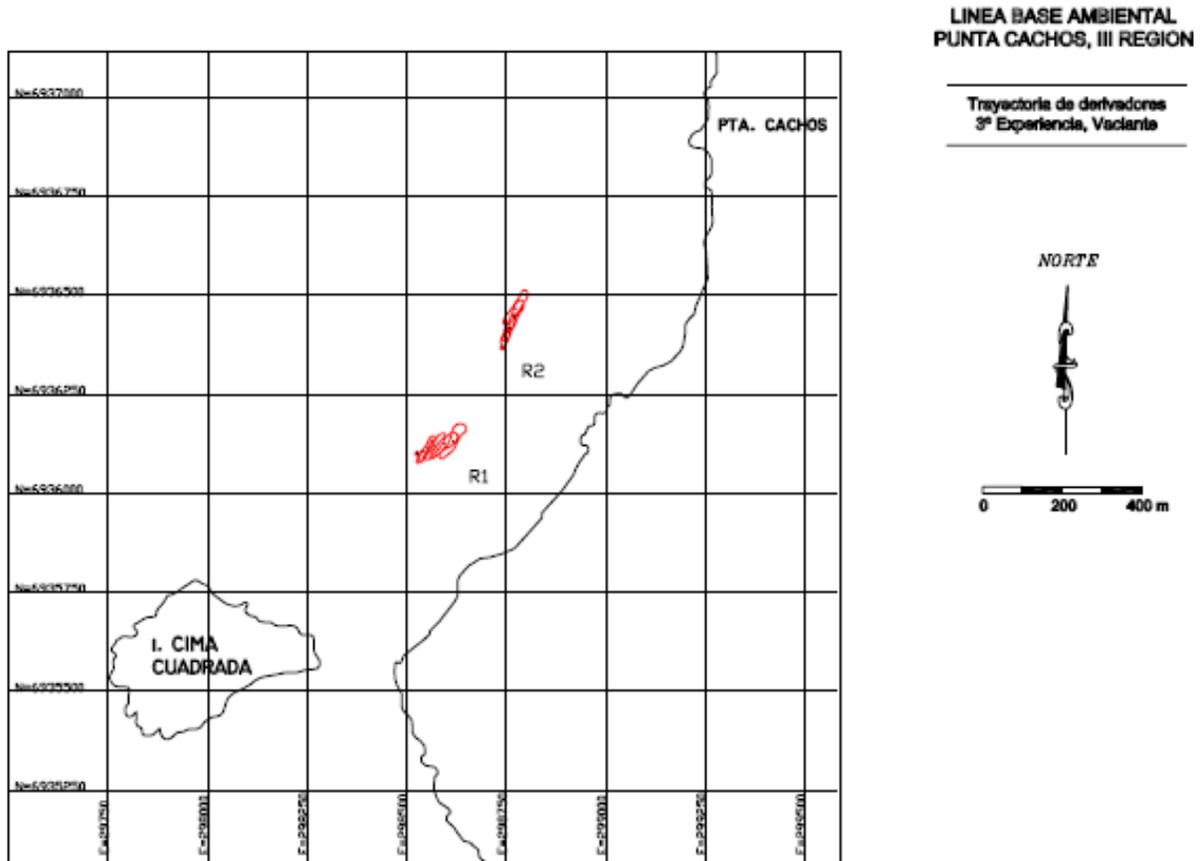


Figura 6.5.2.3. Dispersión con rodamina. Estaciones R1 y R2, marea vaciante. Sicigia.

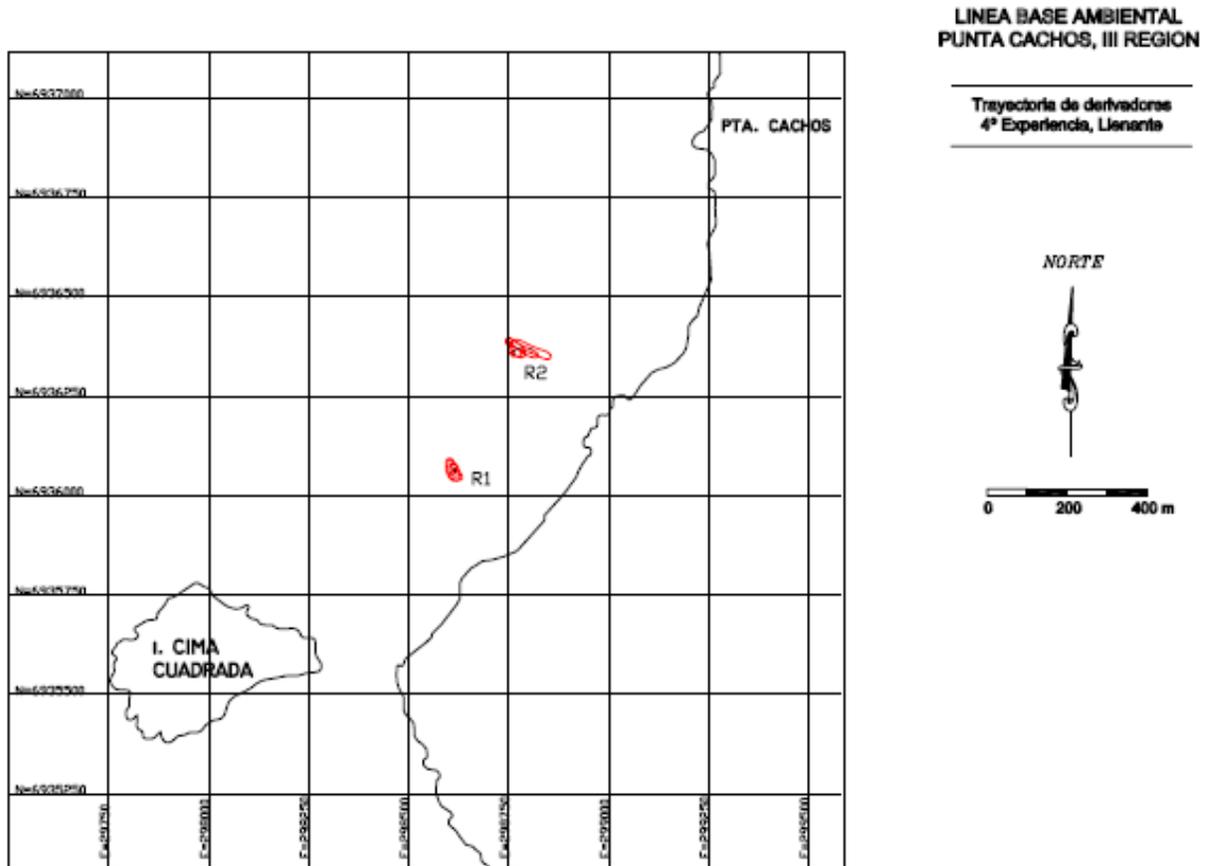


Figura 6.5.2.4. Dispersión con rodamina. Estaciones R1 y R2, marea llenante. Sicigia.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	117
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.5.3 *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 el área de estudio, los coeficientes de dispersión evidenciaron magnitudes entre 0,74 m²/s y 1,53 m²/s.

Puede diferenciarse entre coeficiente de dispersión en la dirección del desplazamiento de la mancha y en la dirección normal 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 con su eje mayor orientado en la dirección del viento, lo que sugiere una alta influencia de este sobre el mecanismo de la dispersión superficial.

Cabe consignar que el desplazamiento del centroide de la mancha no mostró relación directa con la dirección del viento, ya que en algunas experiencias realizadas, la tendencia de la mancha de rodamina fue desplazarse de manera oblicua e incluso opuesta al viento.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	118
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.5.4 Conclusiones del Estudio de Dispersión

Las experiencias de dispersión realizadas en el área del proyecto, evidenciaron una capacidad dispersiva del medio acuático moderada, con magnitudes entre 0,74 m²/s y 1,53 m²/s.

La dispersión se manifiesta por una mancha con forma de un ovoide o de un huso alargado, orientado generalmente en sentido coincidente con la dirección del viento.

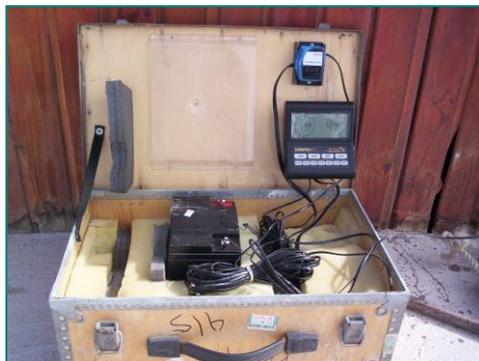
En términos de dirección de avance, la mancha de rodamina no siempre siguió al viento, incluso ésta se desplazó de manera opuesta al viento. Considerando lo anterior, es posible sugerir que la dispersión superficial está influenciada por las corrientes y el viento, pero el destino de las manchas queda determinado por procesos de transporte de masa, más que por procesos difusivos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	119
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.6 ESTUDIO DE RÉGIMEN DE VIENTOS LOCALES

6.6.1 *Materiales y Métodos*

Con la finalidad de definir y precisar la circulación atmosférica local durante la ejecución de los estudios de sitio, se realizaron mediciones de vientos durante un mes. Para este efecto, se instaló en el área de estudio, una estación meteorológica automática, marca Weather Wizard III (**Fotografía 6.6.1.1**), de registro en memoria magnética, programado para obtener una observación promedio cada 1 hora, la cual corresponde a un promedio vectorial de 60 minutos de registro continuo alrededor de cada hora.



Fotografía 6.6.1.1. Estación meteorológica Weather Wizard III.

Los sensores de vientos fueron instalados a una altura de 10 metros sobre el nivel del terreno, en un sitio aledaño al sector de estudio.

Una vez concluido el período de mediciones, los registros fueron vaciados al computador, y analizados en términos de su estadística básica, Además, se determinaron las magnitudes medias y máximas para una rosa de 16 direcciones.

Para estimar variaciones periódicas se calculó el autoespectro del viento con el método propuesto por Jenkins & Watts (1968), a partir de los datos horarios con 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, respectivamente.

Las mediciones fueron realizadas en el período comprendido entre el 14 de diciembre de 2007 y el 16 de enero de 2008. Un listado de las observaciones horarias registradas se presenta en el Listado de Vientos (**ANEXO VIII**).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	120
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.6.2 Resultados del Estudio de Vientos

- **Estadística Descriptiva**

La estadística general de los registros de vientos se entrega en las **Tablas 6.6.2.1 y 6.6.2.2**.

Las **Figuras 6.6.2.1 y 6.6.2.2** presentan los histogramas de direcciones y magnitudes del viento, respectivamente.

Estos resultados evidencian que el patrón de circulación atmosférica se caracteriza por vientos que soplan principalmente del tercer cuadrante, WSW (30%), SW (18%), W (7%), con un 54% de frecuencia conjunta para estas tres direcciones. Las situaciones no direccionales (Calmas), tienen una participación baja, con un 2% de los casos. Las otras direcciones de incidencia tienen una participación igual o inferior al 5% cada una, con excepción de las direcciones ENE y NE, con un 14% de frecuencia conjunta.

Respecto de las magnitudes del viento, estas se agruparon mayoritariamente en el rango de 4 a 7 nudos, con un 31% de incidencia, aunque también son frecuentes las magnitudes en el rango de 1 nd a 4 nd (23%), de 7 nd a 10 nd (17%) y de 10 nd a 13 nd (13%). Por su parte, intensidades superiores a 13 nudos se presentan con una frecuencia de 16%.

La intensidad de la circulación es moderada, con una media mensual de 7,7 nudos (**Tabla 6.6.2.3**). Las direcciones más ventosas son WSW y SW, con una media de 11,4 y 9,8 nd, respectivamente. Asimismo, estas direcciones son las que registran los máximos absolutos, con magnitudes iguales o superiores a 20 nudos.

Comparativamente los vientos del segundo cuadrante soplan con menos fuerza respecto de las otras direcciones de incidencia (**Figura 6.6.2.3**).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	121
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.6.2.1
Incidencia de vientos. Punta Cachos.

FRECUENCIA (%) DE INCIDENCIA DE VIENTOS

MAGNITUD (nd)	DIRECCION							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
Ca								
1 - 4	1,961	2,328	1,716	2,819	2,451	0,858	0,613	1,348
4 - 7	0,980	1,225	3,676	4,289	1,716	1,225	0,613	0,123
7 - 10	1,103	0,245	0,858	0,368	0,245	0,490	0,000	0,000
10 - 13	0,000	0,123	0,368	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13 - 16	0,000	0,000	0,245	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
16 - 19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19 - 22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
22 - 25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TOTAL %	4,044	3,922	6,863	7,475	4,412	2,574	1,225	1,471

MAGNITUD (nd)	DIRECCION								TOTAL (%)
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
Ca									1,593
1 - 4	1,225	0,980	2,206	0,980	0,735	0,735	0,735	0,858	22,549
4 - 7	0,490	1,225	2,819	4,412	3,554	1,593	1,103	1,838	30,882
7 - 10	0,000	0,123	3,554	6,373	2,574	0,368	0,368	0,368	17,034
10 - 13	0,000	0,000	5,147	6,985	0,123	0,000	0,000	0,000	12,745
13 - 16	0,000	0,000	2,328	6,005	0,000	0,000	0,000	0,000	8,578
16 - 19	0,000	0,000	1,225	3,922	0,000	0,000	0,000	0,000	5,147
19 - 22	0,000	0,000	0,368	0,980	0,000	0,000	0,000	0,000	1,348
22 - 25	0,000	0,000	0,000	0,123	0,000	0,000	0,000	0,000	0,123
> 25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TOTAL %	1,716	2,328	17,647	29,779	6,985	2,696	2,206	3,064	100,000

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	122
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.6.2.2
Excedencia de vientos. Punta Cachos.

FRECUENCIA (%) DE EXCEDENCIA DE VIENTOS

MAGNITUD (nd)	DIRECCION							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
> 25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 13	0,000	0,000	0,245	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 10	0,000	0,123	0,613	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 7	1,103	0,368	1,471	0,368	0,245	0,490	0,000	0,000
> 4	2,083	1,593	5,147	4,657	1,961	1,716	0,613	0,123
> 1	4,044	3,922	6,863	7,475	4,412	2,574	1,225	1,471

MAGNITUD (nd)	DIRECCION								TOTAL (%)
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
> 25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 22	0,000	0,000	0,000	0,123	0,000	0,000	0,000	0,000	0,123
> 19	0,000	0,000	0,368	1,103	0,000	0,000	0,000	0,000	1,471
> 16	0,000	0,000	1,593	5,025	0,000	0,000	0,000	0,000	6,618
> 13	0,000	0,000	3,922	11,029	0,000	0,000	0,000	0,000	15,196
> 10	0,000	0,000	9,069	18,015	0,123	0,000	0,000	0,000	27,941
> 7	0,000	0,123	12,623	24,387	2,696	0,368	0,368	0,368	44,975
> 4	0,490	1,348	15,441	28,799	6,250	1,961	1,471	2,206	75,858
> 1	1,716	2,328	17,647	29,779	6,985	2,696	2,206	3,064	98,407

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	123
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.6.2.3
Valore medios y máximos del viento. Punta Cachos.

DIRECCION	MEDIA (cm/s)	MAXIMA (cm/s)
N	4,8	8,9
NNE	4,2	10,7
NE	5,7	13,0
ENE	4,6	8,0
E	4,3	8,6
ESE	4,9	8,8
SE	4,0	6,8
SSE	3,1	6,2
S	2,7	4,7
SSW	4,3	7,8
SW	9,8	19,8
WSW	11,4	23,7
W	6,6	11,5
WNW	5,1	8,0
NW	5,0	7,8
NNW	5,0	8,2
TOTAL	7,7	23,7



Figura 6.6.2.1. Histograma de direcciones de vientos. Punta Cachos.

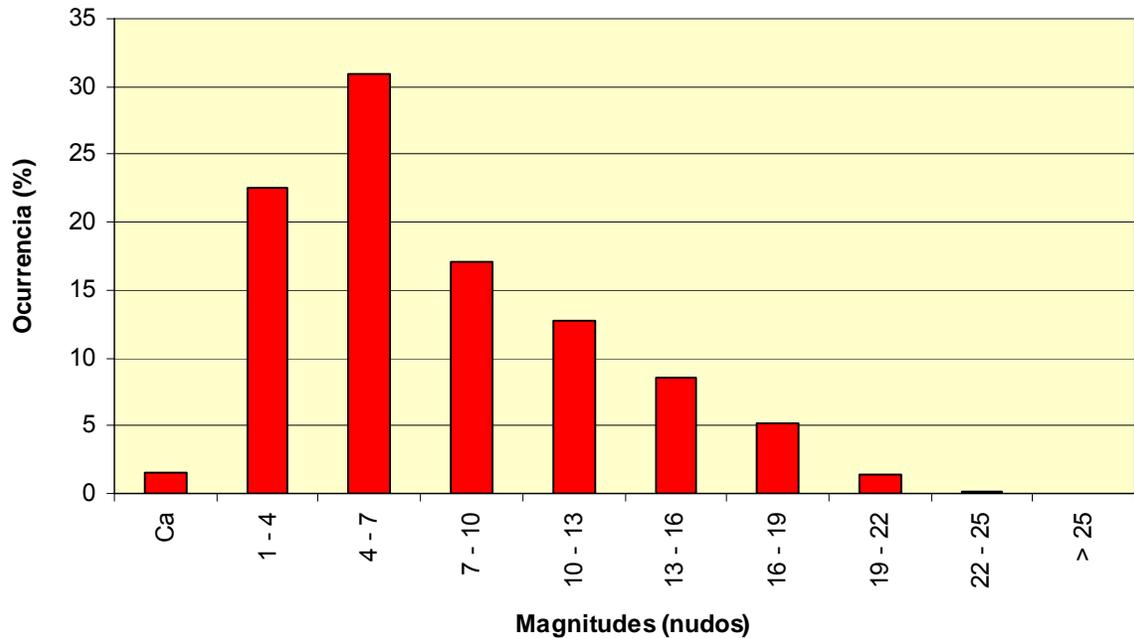


Figura 6.6.2.2. Histograma de magnitudes de vientos. Punta Cachos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	125
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

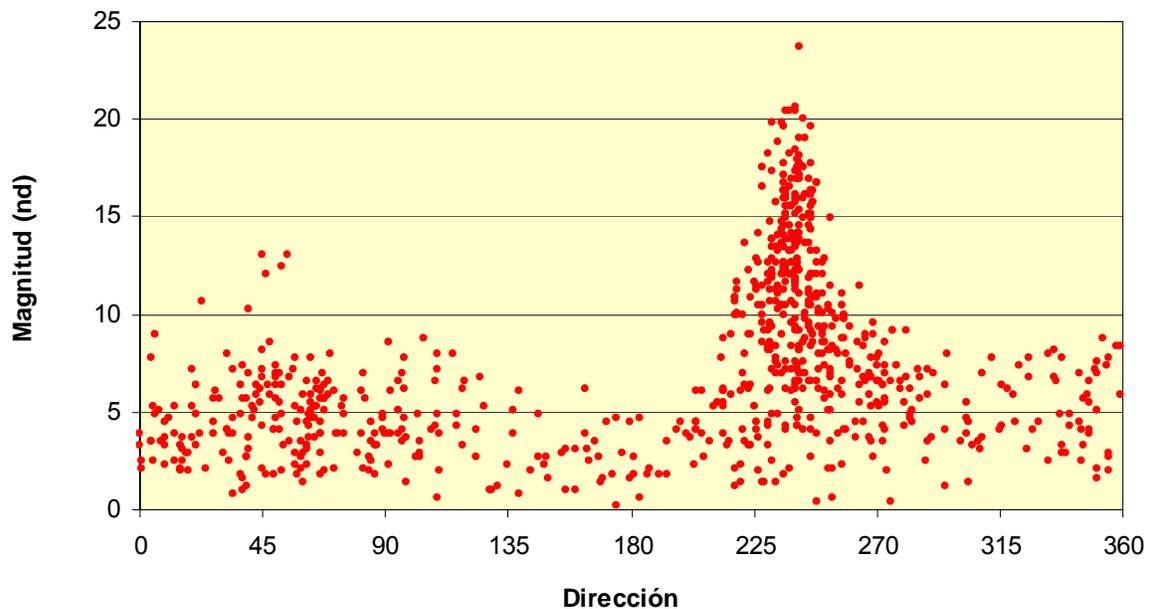


Figura 6.6.2.3. Diagrama de dispersión Magnitud – Dirección de vientos. Punta Cachos.

- **Intensidades Máximas**

La **Figura 6.6.2.4** muestra que regularmente se presentan pulsos de vientos con intensidades superiores a 15 nd. Estas intensidades corresponden principalmente a vientos de dirección WSW.

- **Diagrama de Vector Progresivo**

El diagrama de vector progresivo presentado en la **Figura 6.6.2.5** (sucesión temporal de vectores), sugiere que la circulación atmosférica residual se dirige hacia el ENE. Al respecto, suponiendo que toda la masa de aire presentara un comportamiento espacialmente homogéneo, se podría inferir que una partícula de aire sería arrastrada en el largo plazo, en la dirección del flujo residual, es decir, hacia el ENE, con una velocidad media de 4,5 nudos.

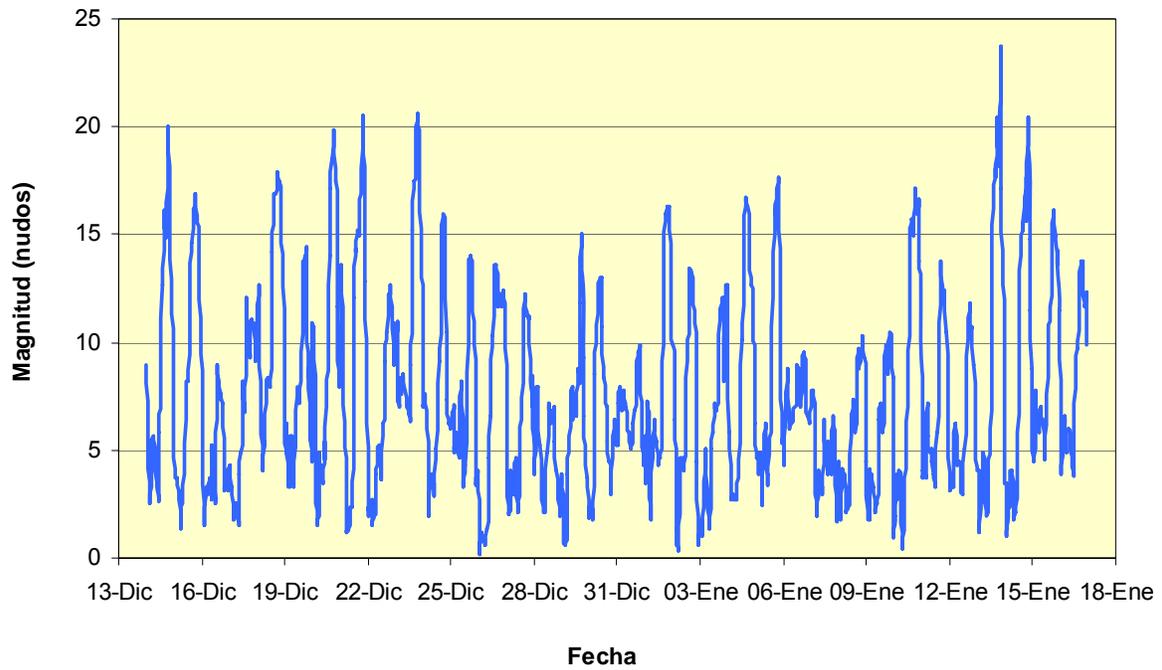


Figura 6.6.2.4. Magnitudes de vientos. Punta Cachos.

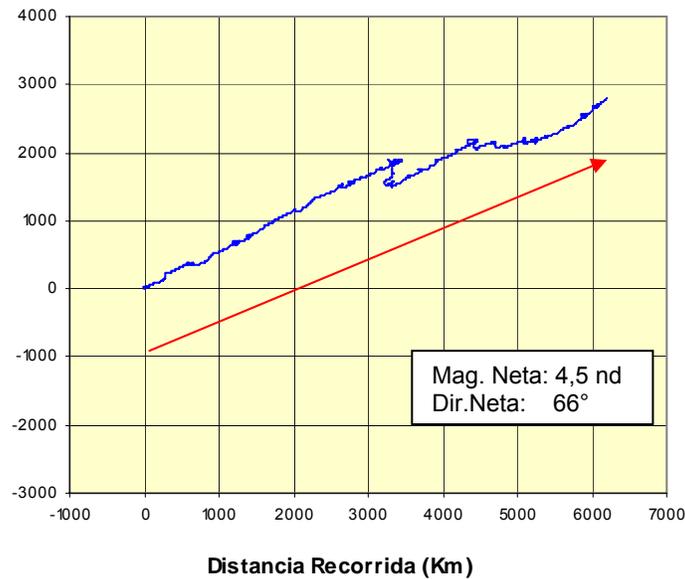


Figura 6.6.2.5. Diagrama de vector progresivo (DVP). Punta Cachos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	127
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Análisis Espectral**

Los resultados del análisis espectral de las componentes N-S y E-W del viento se presentan en la **Figura 6.6.2.6**.

Ambas componentes (E-W y N-S), muestran una punta espectral en la banda de frecuencia de 0,04 cph, sugiriendo que la circulación atmosférica experimenta ciclos con periodicidad diurna.

Por su parte, la componente N-S también evidenció concentración de energía espectral en frecuencias de oscilación inferiores a 0,01 cph, asociada a fluctuaciones aperiódicas del régimen de vientos a escalas de tiempo de 3 a 5 días o superior.

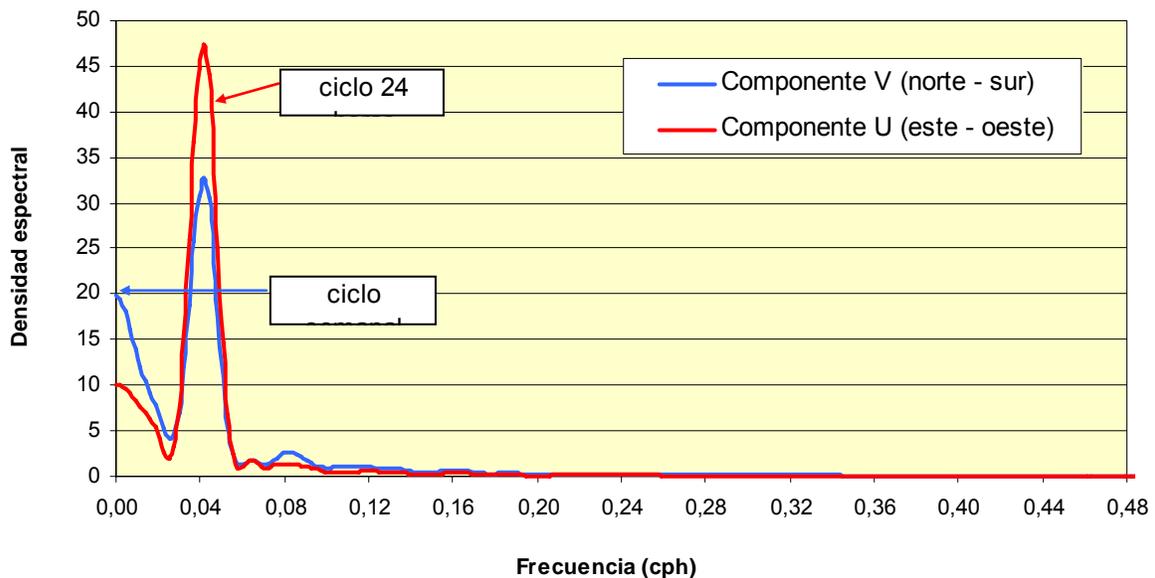


Figura 6.6.2.6. Análisis espectral componentes V y U de las corrientes superficiales. Punta Cachos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	128
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Ciclo Diurno**

El comportamiento diurno del viento se puede apreciar en la **Figuras 6.6.2.7.**

De acuerdo con este análisis, se concluye que el viento presenta una marcada diferenciación horaria: a partir del mediodía el viento sopla mayoritariamente del tercer cuadrante, mientras que de madrugada predomina la Calma o vientos de tierra del E, NE o ENE.

Comparativamente, de madrugada soplan vientos débiles de tierra, mientras que por la tarde, el viento sopla del mar.

Respecto de las magnitudes del viento, el viento se intensifica desde el mediodía, alcanzando un máximo a las 18 horas (**Figura 6.6.2.8**), para luego declinar de madrugada.

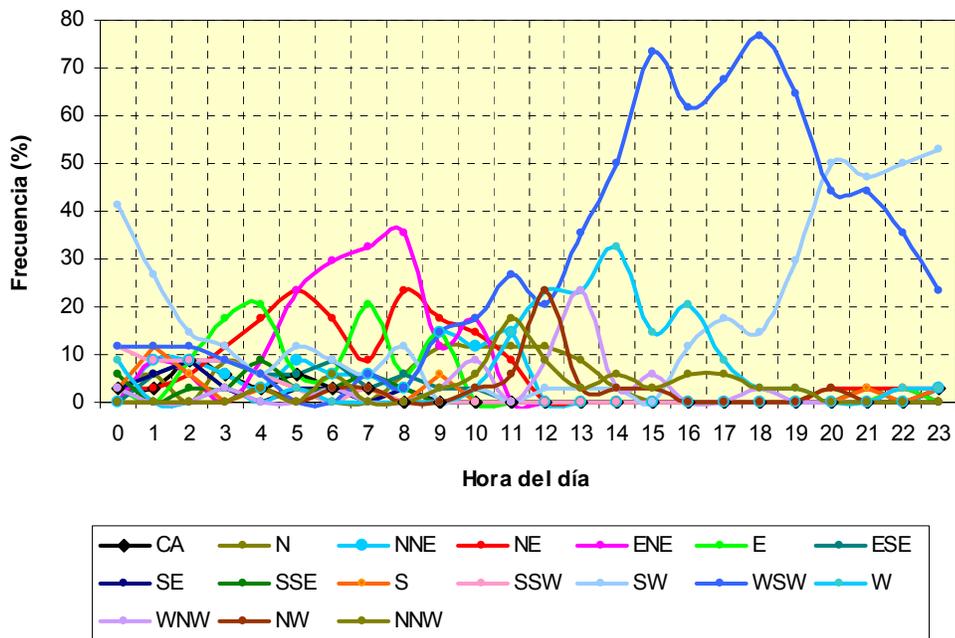


Figura 6.6.2.7. Ciclo diurno – Incidencia de direcciones de vientos. Punta Cachos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	129
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

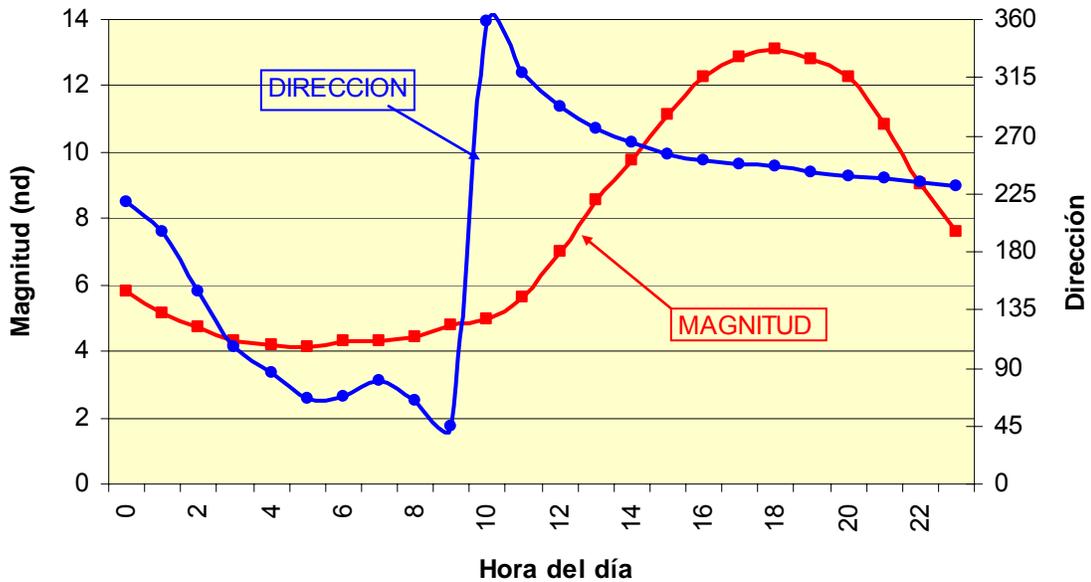


Figura 6.6.2.8. Ciclo diario de vientos (valores medios). Punta Cachos.

6.6.3 *Discusión del Estudio de Régimen de Vientos Locales*

El régimen de viento regional es producto del campo de presión resultante de la Alta Subtropical y la depresión continental, y muy ocasionalmente de ciclones migratorios del frente polar, que llegan muy atenuados a la latitud de Caldera, no obstante, el relieve y la topografía juegan un rol importante en los regímenes de vientos locales.

Como la región se encuentra bajo el predominio Anticiclónico, los vientos reinantes soplan del tercer cuadrante (WSW y SW). El rasgo más característico de este régimen, son los intensos pulsos de vientos (*surazos*) que se desarrollan cuando la alta se intensifica. Esta situación, condiciona una circulación sostenida del tercer cuadrante con magnitudes superiores a 15 nudos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	130
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Los resultados evidencian claramente que la circulación atmosférica rota con periodicidad diurna en sentido anticiclónico, lo cual es una condición típica de sectores costeros. En efecto, el ciclo térmico diario, que origina diferencias de presiones parciales entre el continente y el océano, determina el sentido de flujo atmosférico a través del día: Por la tarde sopla la brisa marina, con una componente oeste (WSW), con intensidades medias que van de 10 a 13 nudos, mientras que de noche y madrugada se presentan períodos de calma o vientos débiles de tierra (brisa terrestre).

En términos generales, el patrón de viento reinante está determinado por las direcciones WSW y SW.

Respecto de los vientos dominantes, estos soplan principalmente del tercer cuadrante asociados a condiciones de buen tiempo.

6.6.4 Conclusiones del Estudio de Régimen de Vientos Locales

En Punta Cachos, el viento presenta una notable participación de los vientos de tercer cuadrante, lo que es consistente con el sistema de presiones globales de la Región.

La base de datos analizada evidencia un patrón de diferenciación diurno, controlado por la radiación solar y la geometría de línea de costa.

De madrugada predomina la circulación tierra-mar (brisa terrestre), y por la tarde es común la circulación de mar a tierra (brisa marina).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	131
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6.7 ESTUDIO DE RÉGIMEN DE MAREAS

6.7.1 *Materiales y Métodos*

Para definir el régimen de marea en el área de emplazamiento de las obras proyectadas, se realizaron mediciones continuas de la variación del nivel del mar por un período de 1 mes, del 13 de diciembre de 2007 al 16 de enero de 2008.

Las mediciones se realizaron con perfilador ADCP equipado con un sensor de presión digital (el mismo utilizado en el estudio de corrientes eulerianas). El equipo fue programado para registrar la variación del nivel del mar en intervalos cada 10 minutos.

Una vez concluido el período de mediciones, se realizó la conversión de datos crudos medidos por el instrumento ADCP a unidades métricas, con la siguiente ecuación:

$$H = \frac{P}{g * \rho}$$

Donde,

H: Altura de la marea, metros

P: Lectura instrumental (unidades de presión)

ρ : Densidad del agua de mar, 1.025 g/m³

g: aceleración de gravedad

Se debe consignar que la presión registrada por el equipo de medición, corresponde a la presión total, es decir, al efecto combinado de la presión hidroestática más la atmosférica. En razón de lo anterior, los datos de marea incluyen perturbaciones pequeñas, atribuibles a la variación de la presión atmosférica.

En el **ANEXO IX** se entrega el Listado de Mareas en formato magnético con los registros de marea cada 10 minutos. Al respecto, estos registros están vinculados al cero

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	132
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

instrumental, el cual corresponde a un nivel de referencia equivalente a la profundidad de instalación del sensor de presión.

- **Procesamiento**

Los datos fueron sometidos a análisis no armónico y armónico de marea.

- Análisis no armónico

La determinación de los planos de referencia del nivel del mar se efectuó de acuerdo con la metodología oficial de cálculo indicada por SHOA.

Previamente, y en función de los registros cada 10 minutos, se identificaron las pleamares y bajamares de cada día lunar de todo el período de medición. Luego, se realizó un análisis estadístico de estos datos, determinándose los principales valores no armónicos de marea.

- Análisis armónico

El análisis armónico es un procedimiento matemático que consiste en representar la altura del nivel del mar en un instante cualquiera como la sumatoria de varias ondas sinusoidales simples, denominados constituyentes armónicos de marea, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$H_t = Z_0 + \sum A_i \times c \cos(W_i \times t - F_i)$$

Donde,

H_t : Altura del nivel del mar en cualquier instante

Z_0 : Nivel medio del nivel del mar

A_i : Semiamplitud del i-ésimo armónico.

W_i : frecuencia angular del i-ésimo armónico (período de oscilación)

F_i : Fase del i-ésimo armónico

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	133
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

El análisis armónico consiste en determinar una curva de marea teórica (serie armónica), que represente lo más fidedignamente las variaciones del nivel del mar observadas en terreno.

Para determinar los constituyentes armónicos de marea se utilizó un modelo numérico desarrollado sobre la base del algoritmo propuesto por Hikosaka *et al.* (1983). El procedimiento de análisis consiste básicamente en un análisis de Fourier, con el método de los mínimos cuadrados.

- Nivel de reducción de sondas

El nivel de reducción de sonda (NRS) oficial de Chile es un plano que pasa tangente a la mayor bajamar de la localidad.

Para determinar el NRS se utilizó el procedimiento oficial de cálculo indicado por SHOA, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{NRS} = M_2 + S_2 + N_2 + K_1 + O_1$$

Z₀: Nivel Medio del Mar

M₂: Semiamplitud constituyente lunar principal semidiurno

S₂: Semiamplitud constituyente solar principal semidiurno

N₂: Semiamplitud constituyente lunar eclíptica mayor semidiurno

K₁: Semiamplitud constituyente lunisolar declinacional diurno

O₁: Semiamplitud constituyente lunar declinacional diurno

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	134
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- Régimen de marea

El régimen de marea fue determinado en función del coeficiente Courtier (K), de acuerdo con la siguiente expresión:

$$K = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

M₂: Semiamplitud constituyente lunar principal semidiurno
S₂: Semiamplitud constituyente solar principal semidiurno
K₁: Semiamplitud constituyente lunisolar declinacional diurno
O₁: Semiamplitud constituyente lunar declinacional diurno

6.7.2 Resultados del Estudio de Régimen de Mareas Locales

La **Figura 6.7.2.1** presenta la variación del nivel del mar del período de medición y la **Figura 6.7.2.2** indica la fluctuación mensual del rango de marea.

Se evidencia que la onda de marea sufre una fluctuación relacionada con el ciclo lunar mensual, así por ejemplo, las amplitudes de marea son más pequeñas en época de cuadraturas (17 y 31 diciembre), que en sicigias (23 diciembre y 8 enero).

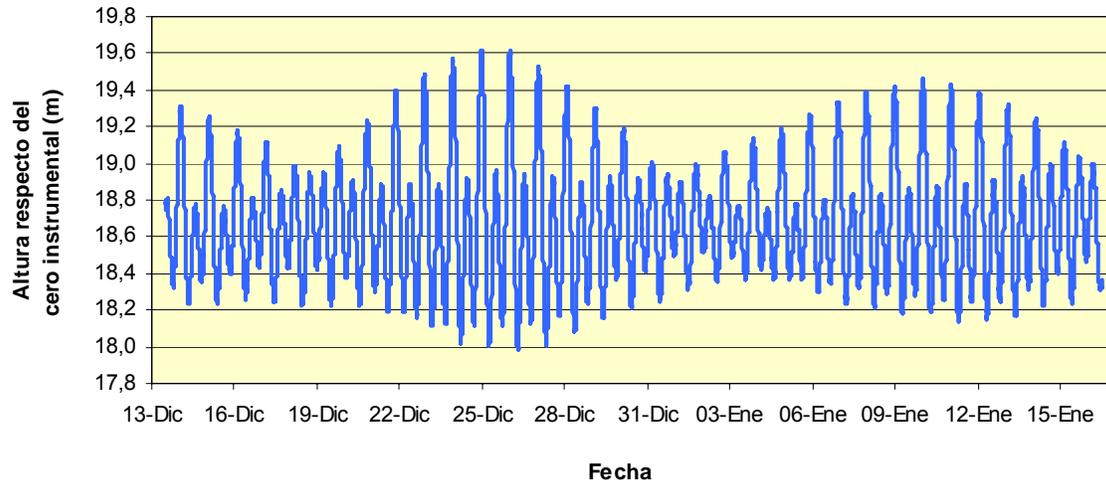


Figura 6.7.2.1. Alturas del nivel del mar. Punta Cachos.

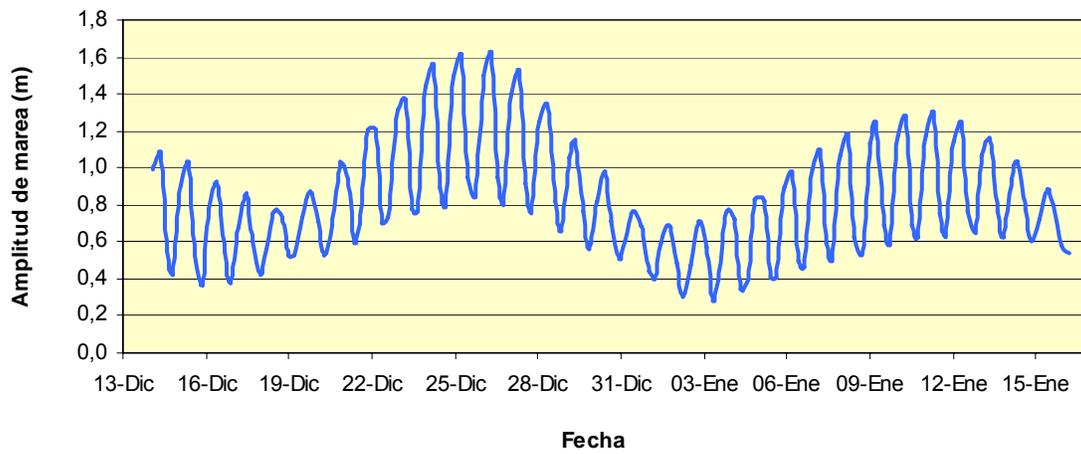


Figura 6.7.2.2. Rango de marea. Punta Cachos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	136
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Planos de Marea**

La **Tabla 6.7.2.1** indica las alturas identificadas de las pleamares y bajamares de cada día lunar. La **Tabla 6.7.2.2** presenta el análisis estadístico de estos datos.

De acuerdo con estos resultados, se concluye que el rango de marea de Punta Cachos es moderado, con un valor medio mensual de 0,83 m, y un rango máximo de sicigias de 1,62 m.

La mayor bajamar registrada fue 0,68 m bajo el nivel medio del mar, mientras que la mayor pleamar alcanzó 0,94 m sobre el NMM.

- **Análisis Armónico**

Los constituyentes armónicos de marea se entregan en la **Tabla 6.7.2.3**.

El constituyente principal es el semidiurno M_2 , con 0,39 m. Otros constituyentes significativos son los semidiurnos S_2 (0,11 m) y N_2 (0,10 m), y los diurnos K_1 (0,19 m) y O_1 (0,11 m).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	137
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.7.2.1
Listado de pleamares y bajamares. Punta Cachos.

Fecha	Altura (m)	Fecha	Altura (m)	Fecha	Altura (m)
13-12-07 18:50	18,320	25-12-07 06:10	18,010	05-01-08 14:30	18,370
14-12-07 01:20	19,310	25-12-07 11:40	18,960	05-01-08 21:30	19,270
14-12-07 08:20	18,230	25-12-07 17:10	18,110	06-01-08 04:40	18,300
14-12-07 13:40	18,780	26-12-07 00:00	19,610	06-01-08 10:10	18,800
14-12-07 19:30	18,350	26-12-07 07:10	17,990	06-01-08 15:10	18,340
15-12-07 02:00	19,260	26-12-07 12:50	18,940	06-01-08 22:10	19,330
15-12-07 08:50	18,240	26-12-07 18:30	18,130	07-01-08 05:00	18,240
15-12-07 14:50	18,770	27-12-07 00:50	19,530	07-01-08 10:40	18,830
15-12-07 20:40	18,400	27-12-07 07:40	18,010	07-01-08 16:00	18,320
16-12-07 02:50	19,180	27-12-07 13:20	18,930	07-01-08 22:50	19,390
16-12-07 09:50	18,260	27-12-07 19:00	18,170	08-01-08 05:30	18,210
16-12-07 16:20	18,810	28-12-07 02:00	19,420	08-01-08 11:10	18,830
16-12-07 21:20	18,430	28-12-07 08:30	18,080	08-01-08 16:50	18,290
17-12-07 04:00	19,110	28-12-07 14:30	18,900	08-01-08 23:30	19,420
17-12-07 11:00	18,250	28-12-07 20:00	18,240	09-01-08 06:10	18,180
17-12-07 17:00	18,850	29-12-07 02:40	19,300	09-01-08 11:40	18,870
17-12-07 23:00	18,430	29-12-07 09:10	18,160	09-01-08 17:30	18,280
18-12-07 04:50	18,990	29-12-07 15:20	18,930	10-01-08 00:00	19,460
18-12-07 11:00	18,220	29-12-07 20:40	18,370	10-01-08 06:40	18,190
18-12-07 17:40	18,950	30-12-07 03:10	19,190	10-01-08 12:20	18,880
18-12-07 23:40	18,420	30-12-07 10:20	18,210	10-01-08 18:00	18,260
19-12-07 05:30	18,950	30-12-07 16:00	18,920	11-01-08 00:20	19,430
19-12-07 12:20	18,220	30-12-07 22:00	18,410	11-01-08 07:10	18,140
19-12-07 19:10	19,090	31-12-07 04:20	19,010	11-01-08 13:20	18,890
20-12-07 01:30	18,380	31-12-07 11:10	18,250	11-01-08 18:40	18,250
20-12-07 06:50	18,910	31-12-07 17:30	18,940	12-01-08 01:00	19,390
20-12-07 13:10	18,220	31-12-07 23:30	18,500	12-01-08 07:30	18,150
20-12-07 20:10	19,240	01-01-08 05:10	18,900	12-01-08 13:20	18,910
21-12-07 02:50	18,300	01-01-08 11:10	18,310	12-01-08 19:00	18,250
21-12-07 07:40	18,890	01-01-08 17:50	19,000	13-01-08 01:40	19,320
21-12-07 14:00	18,190	02-01-08 01:00	18,520	13-01-08 08:30	18,170
21-12-07 20:40	19,400	02-01-08 06:00	18,820	13-01-08 14:10	18,930

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	138
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.7.2.1 (continuación).
Listado de pleamares y bajamares. Punta Cachos.

Fecha	Altura (m)	Fecha	Altura (m)	Fecha	Altura (m)
22-12-07 03:50	18,190	02-01-08 12:40	18,350	13-01-08 20:10	18,310
22-12-07 08:50	18,890	02-01-08 19:30	19,060	14-01-08 02:20	19,250
22-12-07 14:30	18,160	03-01-08 01:50	18,490	14-01-08 08:40	18,220
22-12-07 21:50	19,480	03-01-08 07:40	18,770	14-01-08 15:00	19,000
23-12-07 04:40	18,110	03-01-08 13:10	18,370	14-01-08 21:00	18,400
23-12-07 10:20	18,890	03-01-08 20:10	19,140	15-01-08 03:20	19,120
23-12-07 16:00	18,130	04-01-08 02:50	18,420	15-01-08 09:50	18,240
23-12-07 22:10	19,570	04-01-08 08:20	18,760	15-01-08 15:50	19,040
24-12-07 05:10	18,020	04-01-08 14:10	18,360	15-01-08 22:20	18,460
24-12-07 10:50	18,920	04-01-08 20:40	19,190	16-01-08 04:10	19,000
24-12-07 16:40	18,120	05-01-08 03:50	18,370		
24-12-07 23:20	19,620	05-01-08 09:40	18,780		

Tabla 6.7.2.2
Análisis no armónico de mareas. Punta Cachos.

PLANOS DE MAREA	ALTURA SOBRE EL CERO INSTRUMENTAL (m)	ALTURA RESPECTO DEL NIVEL MEDIO MAR (m)
CERO INSTRUMENTAL	-	-18,675
NIVEL MEDIO DEL MAR	18,675	0,000
NIVEL MEDIO DE LA MAREA	18,671	-0,004
ALTURA MEDIA DE LA BAJAMAR	18,261	-0,414
ALTURA MEDIA DE LA BAJAMAR INFERIOR	18,196	-0,480
BAJAMAR MAXIMA	17,990	-0,685
ALTURA MEDIA DE LA PLEAMAR	19,080	0,405
ALTURA MEDIA DE LA PLEAMAR SUPERIOR	19,282	0,607
PLEAMAR MAXIMA	19,620	0,945
AMPLITUD MAXIMA DE LA MAREA		1,630
AMPLITUD MAXIMA (CONSECUTIVA)		1,620
AMPLITUD MEDIA DE LA MAREA		0,819
DESIGUALDAD DIURNA DE LA BAJAMAR		0,125
DESIGUALDAD DIURNA DE LA PLEAMAR		0,401

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	139
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.7.2.3
Análisis no armónico de mareas. Punta Cachos.

CONSTITUYENTE DE MAREAL	FRECUENCIA ANGULAR 1/hrs.	PERIODO (horas)	SEMIAMPLITUD (cm)	FASE (grados)
Msm	0,0013098	763,487	1,43	303,3
MSf	0,0028219	354,367	1,27	247,5
ALP1	0,0343966	29,073	0,25	335,1
2Q1	0,0357064	28,006	0,30	298,2
Q1	0,0372185	26,868	2,37	96,3
O1	0,0387307	25,819	11,22	221,3
M1	0,0402557	24,841	0,72	20,7
K1	0,0417807	23,934	20,32	178,5
J1	0,0432929	23,098	1,01	288,5
OO1	0,0448308	22,306	0,70	351,2
OQ2	0,0759492	13,167	0,39	323,5
2N2	0,0774871	12,905	2,46	104,4
N2	0,0789992	12,658	9,47	274,6
M2	0,0805114	12,421	38,96	52,8
L2	0,0820236	12,192	0,78	10,9
S2	0,0833333	12,000	10,17	355,1
MSN2	0,0848455	11,786	0,79	314,9
2SM2	0,0861553	11,607	0,37	17,0
MO3	0,1192421	8,386	0,16	275,3
M3	0,1207671	8,280	0,42	256,7
SK3	0,1251141	7,993	0,43	276,2
M4	0,1610228	6,210	0,22	10,6
S4	0,1666667	6,000	0,18	165,0
So			1867,7	

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	140
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 6.7.2.3 (continuación).
Análisis no armónico de mareas. Punta Cachos.

PARAMETROS DE LA REGRESION

Coef. determinación, r^2	99,6
Ymedio, cm	1867,5
Yestmedia, cm	1867,7
Desviación estándar S_y , cm	33,1
Error estándar de la estimación S_{xy} , cm	2,2

- **Exactitud del Modelo Armónico**

La **Figura 6.7.2.3** indica las diferencias calculadas entre los datos ajustados por el modelo armónico (marea teórica), y los registros efectivos del nivel del mar. Una diferencia mayor que cero, se interpreta como una anomalía de marea positiva, es decir, que la altura del nivel del mar es superior a la magnitud informada por la serie armónica, y viceversa; las anomalías negativas reflejan períodos cuando el nivel del mar es inferior al valor que le corresponde por marea astronómica.

En términos generales, se evidencia que las anomalías de marea son inferiores a 5 cm, con un error estándar de estimación de S_{xy} de 2,2 cm (**Tabla 6.7.2.3**), lo que se interpreta como un buen grado de ajuste, con un coeficiente de determinación R^2 igual a 99,6.

Las diferencias entre ambas series (teórica y real), se explican en parte, a que la predicción armónica no analiza las perturbaciones del nivel del mar atribuibles a factores meteorológicos, como cambios en la estructura de densidad de la columna de agua y variaciones de la presión atmosférica. Estos fenómenos no son predecibles, y por lo tanto, no los detecta el análisis armónico.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	141
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

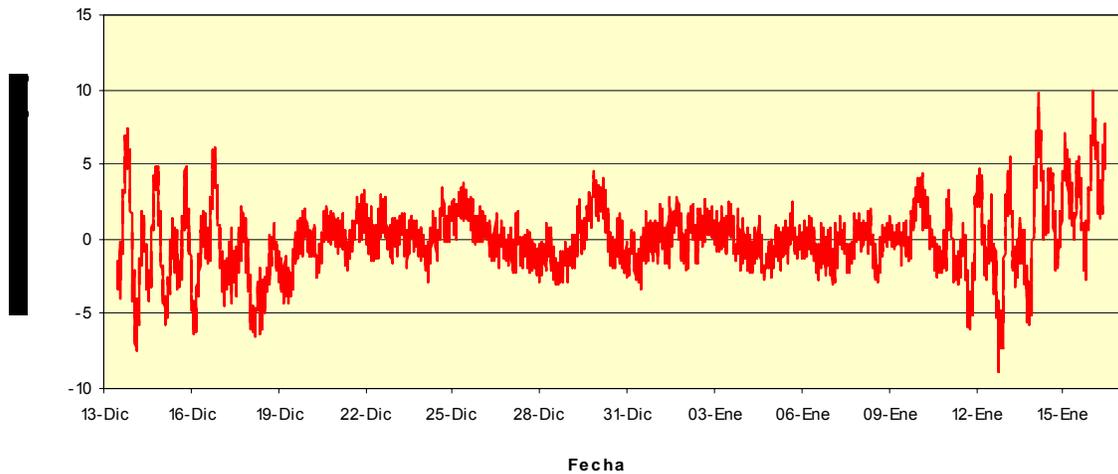


Figura 6.7.2.3. Exactitud de la serie armónica. Datos cada 10 minutos. Punta Cachos.

- **Nivel de Reducción de Sondas**

De acuerdo con los valores determinados por el análisis armónico, se calcula un NRS de:

$$\begin{aligned} \text{NRS} &= M_2 + S_2 + N_2 + K_1 + O_1 \\ \text{NRS (cm)} &= 39,0 + 10,2 + 9,5 + 20,3 + 11,2 \\ \text{NRS} &= 0,901 \text{ m bajo el NMM} \end{aligned}$$

Este valor coincide aproximadamente con el NRS informado por el SHOA para Bahía Caldera, con un valor de 0,84 m bajo el NMM histórico (SHOA, 2007).

- **Régimen de Mareas**

Se determina un valor para el coeficiente Courtier de **K = 0,64**, lo que se interpreta como un régimen de marea mixto con una componente semidiurna, es decir, con dos pleamares y dos bajamares en un día lunar.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	142
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En la marea mixta resulta ser importantes la onda semidiurna como la diurna, existiendo una desigualdad “diurna” entre las alturas de las dos pleamares o dos bajamares de cada día lunar.

Esta desigualdad afecta más a la pleamar que a la bajamar, con una media mensual de 0,40 m y 0,13 m, respectivamente (**Tabla 6.7.2.2**).

6.7.3 Conclusiones del Estudio de Régimen de Mareas Locales

El régimen de marea de Punta Cachos responde principalmente a la onda astronómica que se origina como compensación del nivel medio del mar, peraltado por acción de los astros, y alterado por factores locales típicos, como son la profundidad y la forma de la costa.

No se observan anomalías significativas de carácter local, siendo el régimen de marea perfectamente normal y predecible, de manera similar a lo informado en otras áreas cercanas, como por ejemplo, Caldera.

Punta Cachos presenta un régimen de marea típicamente astronómico, mixto semidiurno, de amplitud media 0,82 m y rango máximo de sicigias 1,62 m.

Se determina un NRS de 0,9 metros bajo el nivel medio del mar.

6.8 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO OCEANOGRÁFICO

Jenkins, G. M. & D.G. Watts. 1968. *Spectral Analysis and its Application*. Holden-Day, 525 pp.

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA). 2007. “Tablas de Marea de la Costa de Chile, 2007”, Pub. SHOA 3009.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	143
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

7. ESTUDIOS DE ECOLOGÍA DE COMUNIDADES BIOLÓGICAS

7.1 ESTUDIO DE COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS SUBMAREALES

7.1.1 Metodología de Estudio de Comunidades Macrobentónicas Submareales

El muestreo de las comunidades macrobentónicas de fondos blandos submareales del área de estudio se realizó el día 16 de enero de 2008, extrayendo muestras en siete estaciones, cada una con respectivas réplicas. La estación control fue ubicada al norte del área de influencia del futuro proyecto, siendo considerada como referencia. Cabe señalar que el criterio de ubicación de la estación 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.

Para determinar el número total de estaciones a caracterizar, se utilizaron dos criterios: 1) Se consideró el número de estaciones recomendado 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*”, confeccionada por la Autoridad Marítima; y 2) Se trazó una línea imaginaria frente a las futuras instalaciones de Transelec S.A., de manera de abarcar todo el área de influencia y se localizaron las 6 estaciones uniformemente distribuidas, adicionando la estación Control. La localización de las estaciones resultó ser la detallada en la **Figura 2.1**.

Posteriormente, se extrajeron (como se detallarán más adelante) tres muestras en cada estación (Elliot, 1977). Efectuando el análisis de las muestras que se describirá en los siguientes párrafos, se determinó el número promedio total de especies identificadas en cada estación y los resultados se plotearon en un gráfico. Con esto, de acuerdo a Gerlach (1972) y Gray (1981) se determinó si el número de estaciones seleccionadas permitía

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	144
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

describir, desde un punto de vista estadístico, sobre el 95% del número total de especies del área.

En la **Figura 7.1.1.1** se visualiza el resultado de esta gráfica. Cada punto de esta figura representa el promedio de especies de tres réplicas por estación.

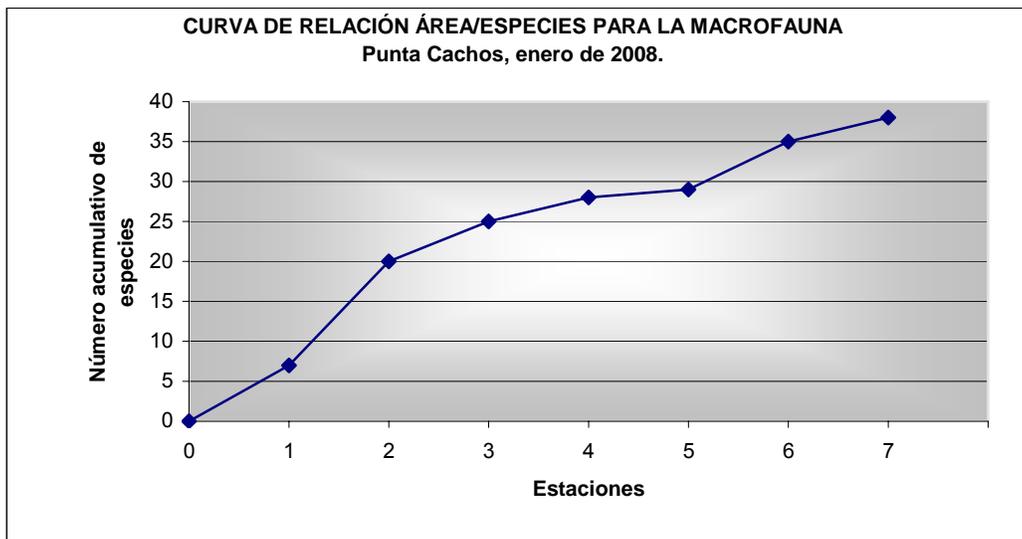


Figura 3.3.4.3.1. Curva relación área-especies. Punta Cachos, enero de 2008.

En ésta se puede observar que con las seis estaciones trazadas frente a las futuras instalaciones de la Central se estima alrededor del 92,1% de las especies presentes en el área de estudio, adicionándose sólo tres especies a partir de una séptima estación. Respecto a esto último, dado que los individuos del bentos se distribuyen logarítmicamente entre las especies de una comunidad bentónica (Gray & Mirza, 1979), la adición de estas especies nuevas en cada réplica son consideradas numéricamente “raras”. De acuerdo a este análisis, se concluyó que el número de estaciones seleccionado para la caracterización del macrobentos para el área de estudio era el apropiado. Por tanto, considerando que de acuerdo Elliot (1977), el número de muestras a tomar es un acuerdo entre la mejor representación posible de especies y el tiempo que se

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	145
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

toma en obtener y procesar las muestras, se consideró un número total de seis estaciones con tres réplicas cada una más una estación control.

La extracción de las muestras se llevó a cabo por medio de buceo autónomo, 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 7.1.1.1**).



Fotografía 7.1.1.1. 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 7.1.1.2**).

Todo el material biológico retenido fue fijado en una solución de formalina diluida en agua de mar al 4% (**Fotografía 7.1.1.3**), para su posterior identificación, recuento y pesaje de especies.



Fotografía 7.1.1.2. 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 cuadrado (ind/m²) y la

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	146
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

biomasa promedio, expresada en gramos por metro cuadrado (g/m^2). Para este efecto, los organismos fueron mantenidos en alcohol, para luego secarlos a temperatura ambiente y calcinarlos en un horno de mufla a $500^{\circ}C$ 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, 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).



Fotografía 7.1.1.3. Proceso de fijación de las muestras de sedimento.

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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	147
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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).

7.1.2 Resultados del Estudio de Comunidades Macrobentónicas Submareales

- **Análisis Faunístico del Área de Estudio**

El análisis faunístico detallado de los alrededores del sector estudiado arrojó un total de 38 taxa (especies) diferentes. De acuerdo a la **Figura 7.1.2.1**, 17 especies pertenecen al grupo de los crustáceos (equivalentes al 45% del total de especies encontradas), 13 al grupo de los poliquetos (34% del total de taxa), 6 al grupo de los moluscos (16% del total) y 2 al ítem otros (5% del total, constituido por un representante de la Clase Enolpa y uno del Phylum Nematoda). La **Tabla 7.1.2.1** muestra el listado de especies encontradas en cada una de las estaciones estudiadas. En general, se puede visualizar un número dispar de especies en las estaciones, sin relación con la cercanía a la costa o las profundidades de las mismas. Así, por ejemplo, la estación 1 posee un número de 7 especies, ubicada cercana a la costa y con una profundidad de 13 metros aproximadamente. Mientras que en la estación 2, también ubicada cerca de la costa, con unos 12 metros de profundidad, se registraron 16 especies. No se observa la presencia dominante de una especie en particular para todas las estaciones. Sin embargo, 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. Sin embargo, en el caso particular de las estaciones 2 y 3, se aprecia una alta dominancia del molusco gasterópodo *Turritela cingulata*, lo que produce una disminución, como se verá más adelante, en el cálculo de la uniformidad específica.

En cuanto al grupo más representativo del macrobentos de fondos blandos, los gusanos anélidos poliquetos, se presentaron en esta ocasión en un porcentaje relativamente alto,

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	148
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

representando un 34% de la abundancia promedio total. Lo anterior coincide, por ejemplo, con el estudio de Zuñiga *et al.* (1983), realizado en la Bahía de Mejillones del Sur, donde 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 el caso del presente estudio, se observa un tipo sedimentario predominante en todas las estaciones de arenas medias a guijarros. Además, el sedimento de las estaciones tiene un contenido bajo de materia orgánica (capítulo 5.2), todo lo cual explicaría el bajo porcentaje de moluscos bivalvos registrados en esta oportunidad.

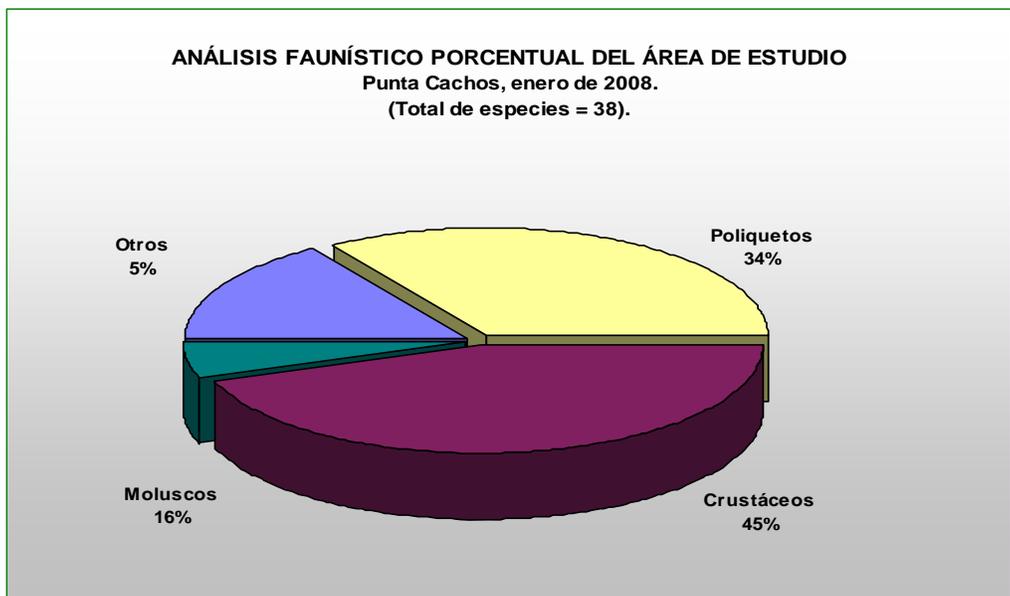


Figura 7.1.2.1. Análisis faunístico porcentual del área de estudio. Punta Cachos, enero de 2008.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	149
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Desde el punto de vista de la composición especie-específico (**Tabla 7.1.2.2**), alrededor del 47% de las especies presentó una frecuencia de aparición mayor al 33,33% (presentes en 2 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 5,26% de las especies (2 taxa), las que corresponden a individuos de hábitos suspensívoros como es el crustáceo *Metharpina longirostris* y carnívoro como es el caso de *Oliva peruviana*.

Comparativamente, se ha incorporado en la **Tabla 7.1.2.3** 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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	150
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.1.2.1

Listado de especies encontradas en el área de estudio, por estación. Punta Cachos, enero de 2008. Se incluyen entre paréntesis las desviaciones estándar.

ESTACIÓN 1 SUBMAREAL			
	ABUNDANCIA (ind./m³)	BIOMASA (g/m³)	H'
Gastropoda			
<i>Oliva peruviana</i>	33	6.8633	0.1563
Crustacea			
<i>Macrochiridothea</i> sp.	467	0.3567	0.5218
<i>Metharpinia longirostris</i>	67	0.0633	0.2500
Ostracoda 2	67	0.0067	0.2500
<i>Phoxocephalopsis zimmeri</i>	333	0.0200	0.5244
Polychaeta			
<i>Nephtys</i> sp.	33	0.1533	0.1563
<i>Ophelina delapidans</i>	67	0.7200	0.2500
TOTAL	1,067	8.183	
		H'	2,109 (0,092)
		J'	0,751 (0,046)
		S	7

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	151
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.1.2.1 (continuación).

ESTACIÓN 2 SUBMAREAL			
	ABUNDANCIA (ind./m³)	BIOMASA (g/m³)	H'
Gastropoda			
<i>Prisogaster niger</i>	100	1.3500	0.082
<i>Oliva peruviana</i>	33	5.3800	0.034
<i>Turritella cingulata</i>	5733	1650.2633	0.314
Bivalvia			
Bivalvo	33	2.0400	0.034
<i>Transennella pannosa</i>	33	0.8600	0.034
Polyplacophora			
Polyplacophora	67	0.0067	0.060
Crustacea			
<i>Ampelisca</i> sp.	33	0.0133	0.034
<i>Metharpinia longirostris</i>	667	0.5300	0.306
Ostracoda 1	33	0.0033	0.034
Ostracoda 2	33	0.0033	0.034
Ostracoda 4	33	0.0033	0.034
<i>Pagurus</i> sp.	300	3.7533	0.183
Platyischnopidae	33	0.0033	0.034
Polychaeta			
<i>Hemipodus simplex</i>	67	0.0167	0.060
<i>Pareurythoe chilensis</i>	433	0.7100	0.234
Syllidae	33	0.0033	0.034
TOTAL	7667	1664.94	
		H'	1,545 (0,560)
		J'	0,386 (0,027)
		S	16

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	152
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.1.2.1 (continuación).

ESTACIÓN 3 SUBMAREAL			
	ABUNDANCIA (ind./m³)	BIOMASA (g/m³)	H'
Gastropoda			
<i>Oliva peruviana</i>	33	2.1600	0.032
<i>Prisogaster niger</i>	100	10.8033	0.077
<i>Turritella cingulata</i>	6633	1909.3200	0.262
Crustacea			
<i>Cirolana urostylis</i>	33	0.0900	0.032
Cumacea	33	0.0033	0.032
<i>Metharpinia longirostris</i>	467	0.5067	0.233
Ostracoda 1	33	0.0033	0.032
<i>Pagurus</i> sp.	67	2.8333	0.056
Sphaeromatidae	733	0.3567	0.309
Polychaeta			
<i>Hemipodus simplex</i>	33	0.0133	0.032
<i>Notomastus chilensis</i>	67	0.3100	0.056
<i>Ophelina delapidans</i>	67	10.2567	0.056
Nemertea			
Enopla	33	2.2400	0.032
TOTAL	8333	1938.897	
		H'	1,238 (0,405)
		J'	0,335 (0,187)
		S	13

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	153
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.1.2.1 (continuación).

ESTACIÓN 4 SUBMAREAL			
	ABUNDANCIA (ind./m³)	BIOMASA (g/m³)	H'
Gastropoda			
<i>Oliva peruviana</i>	33	11.417	0.120
Crustacea			
<i>Edotia</i> sp.	33	0.003	0.120
<i>Macrochiridothea</i> sp.	200	0.207	0.383
<i>Metharpinia longirostris</i>	500	0.357	0.527
Ostracoda 4	33	0.003	0.120
<i>Phoxocephalopsis zimmeri</i>	167	0.020	0.348
Platyischnopidae	133	0.010	0.306
Stomatopoda	67	0.120	0.197
Polychaeta			
<i>Notomastus chilensis</i>	67	0.533	0.197
<i>Ophelina delapidans</i>	33	0.003	0.120
<i>Spiophanes bombyx</i>	267	0.287	0.439
TOTAL	1,533	12.960	
		H'	2,878 (0,742)
		J'	0,832 (0,019)
		S	11

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	154
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.1.2.1 (continuación).

ESTACIÓN 5 SUBMAREAL			
	ABUNDANCIA (ind./m³)	BIOMASA (g/m³)	H'
Gastropoda			
<i>Oliva peruviana</i>	33	0.003	0.209
Crustacea			
<i>Macrochiridothea sp.</i>	133	0.013	0.456
<i>Metharpinia longirostris</i>	200	0.090	0.516
<i>Phoxocephalopsis zimmeri</i>	200	0.007	0.516
Platyischnopidae	67	0.003	0.323
Polychaeta			
Nereididae	33	6.777	0.209
<i>Spiophanes bombyx</i>	33	0.030	0.209
TOTAL	700	6.923	
		H'	2,439 (0,113)
		J'	0,869 (0,273)
		S	7

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	155
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.1.2.1 (continuación).

ESTACIÓN 6 SUBMAREAL			
	ABUNDANCIA (ind./m³)	BIOMASA (g/m³)	H'
Gastropoda			
<i>Oliva peruviana</i>	33	8.253	0.186
Crustacea			
<i>Metharpinia longirostris</i>	67	0.010	0.292
Ostracoda 1	33	0.177	0.186
<i>Pinnixa</i> sp.	167	5.533	0.464
Sphaeromatidae	33	0.003	0.186
Polychaeta			
Arabellidae	33	0.003	0.186
Cirratulidae	133	0.003	0.423
<i>Tharyx</i> sp.	33	0.050	0.186
<i>Notomastus chilensis</i>	200	3.657	0.494
Polynoidae	33	0.013	0.186
Sigalionidae	33	0.627	0.186
<i>Spiophanes bombyx</i>	33	0.003	0.186
TOTAL	833	18.333	
		H'	3,159 (1,345)
		J'	0,881 (0,524)
		S	12

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	156
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.1.2.1 (continuación).

ESTACIÓN 7 SUBMAREAL			
	ABUNDANCIA (ind./m³)	BIOMASA (g/m³)	H'
Gastropoda			
<i>Turritella cingulata</i>	233	65.2867	0.435
Crustacea			
Isopoda	33	0.0033	0.131
Polychaeta			
<i>Hemipodus simplex</i>	33	0.0167	0.131
<i>Pareurythoe chilensis</i>	667	0.3433	0.505
Pisionidae	233	0.0333	0.435
Syllidae	67	0.0033	0.213
Nematoda			
Nematoda	100	0.0033	0.276
TOTAL	1,367	65.690	
		H'	2,126 (0,540)
		J'	0,757 (0,091)
		S	7

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	157
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.1.2.2

Listado de especies presentes en el área de estudio con una frecuencia de aparición mayor o igual a 33,33% (presentes en 2 o más estaciones, de un total de 6). Punta cachos, enero de 2008.

ESPECIE	FRECUENCIA DE APARICIÓN (%)
<i>Metarpina longirostris</i>	85,71%
<i>Oliva peruviana</i>	85,71%
<i>Hemipodus simplex</i>	42,86%
<i>Turritela cingulata</i>	42,86%
<i>Sphiophanes bombix</i>	42,86%
Ostracoda 1	42,86%
<i>Ophelina delapidans</i>	42,86%
<i>Phoxocephalopsis zimmeri</i>	42,86%
Platyschnopidae	42,86%
<i>Macrochiridothea sp.</i>	42,86%
<i>Notomastus chilensis</i>	42,86%

Tabla 7.1.2.3

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

TAXA	Área de Estudio	Puerto Antofagasta (1)	Canal Chiguao (2)	Las Salinas (3)	Isla Taucolón (4)
Poliquetos	34% (13)	17% (4)	38% (14)	26% (9)	23% (11)
Crustáceos	45% (17)	22% (5)	32% (12)	29% (10)	23% (11)
Moluscos	16% (6)	61% (14)	22% (8)	36% (13)	41% (19)
Otros	5% (2)	-	8% (3)	9% (3)	13% (6)
Total de Especies	38	23	37	34	47

(1) EPA. (2003)

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

(3) EcoTecnos Ltda. (2003)

(4) Silob Chile (2002)

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

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	158
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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).

- **Índices Ecológicos**

La **Tabla 7.1.2.4** 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 7.1.2.4

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

ESTACIÓN	DIVERSIDAD (H')	UNIFORMIDAD (J')	RIQUEZA (S)
EST-I1	2,109 (0,092)	0,751 (0,046)	7
EST-I2	1,545 (0,027)	0,386 (0,027)	16
EST-I3	1,238 (0,405)	0,335 (0,187)	13
EST-I4	2,878 (0,742)	0,832 (0,019)	11
EST-I5	2,439 (0,113)	0,869 (0,273)	7
EST-I6	3,159 (1,345)	0,881 (0,524)	12
EST-I7 (Control)	2,126 (0,540)	0,757 (0,091)	7
Prom. incluyendo Est. Control	2,213 (0,466)	0,687 (0,167)	11
Prom. excluyendo Est. Control	2,228 (0,454)	0,676 (0,179)	11

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	159
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- *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 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 $2,213 \pm 0,466$. En tanto, si se excluye la estación control (estación 7) este valor cambia a $2,228 \pm 0,454$. Lo anterior indica que el número de especies hallados en la estación de referencia y el aporte de tres nuevas especies, no genera cambios 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 $2,213 \pm 0,466$ 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):

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	160
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- 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.

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 7.1.2.2**), como se observa en este caso para la estación 6. 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 3 ($H' = 1,238 \pm 0,405$ bits), estaría determinado por la alta dominancia del molusco gasterópodo *Turritella cingulata*, que representa el 79,6% de la abundancia total de la estación. Una situación similar presenta la estación 2, la que pese a contar con un número importante de especies (16), presenta una alta dominancia de *Turritella cingulata*, la cual representa por si sola el 74,77% de la abundancia total de la estación. Esto explicaría la disminución de H', así como también la disminución de la uniformidad específica. De esta forma, las estaciones las estaciones 2 y 3 se clasificarían con *Polución Moderada*, estaciones 1, 4, 5 y 7 se clasificarían como con *Polución Ligera* y la estación 6 se clasificaría con *Polución No Detectable*.

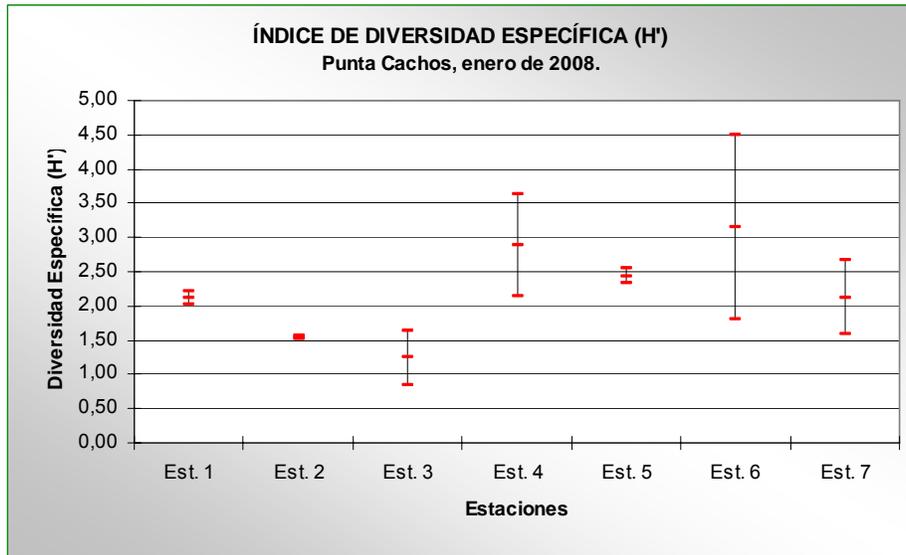


Figura 7.1.2.2. Variación del índice de diversidad específica (H') por estación. Punta Cachos, enero de 2008.

- *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 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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	162
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Los resultados de la **Tabla 7.1.2.4** y la **Figura 7.1.2.3** 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 $J' = 0,676 \pm 0,179$. Igualmente, existen diferencias importantes entre las uniformidades específicas de las estaciones analizadas, especialmente respecto a la ya comentada dominancia de *T. cingulata* en las estaciones 2 y 3, que representa el 74,8 y 79,6% de la abundancia total de la estación.

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.

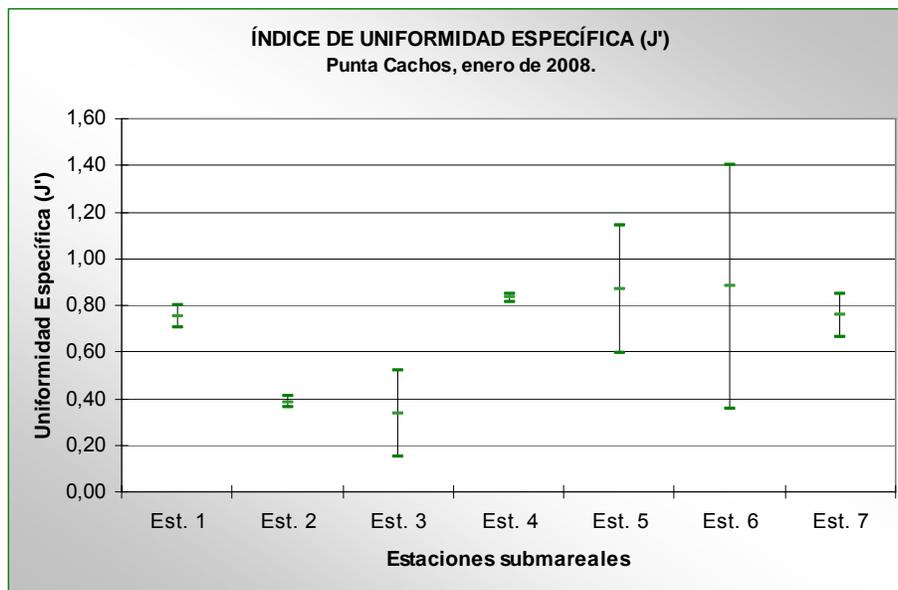


Figura 7.1.2.3. Variación del índice de uniformidad específica (J') por estación. Punta Cachos, enero de 2008.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	163
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- *Riqueza Específica*

En cuanto a los valores de **Riqueza Específica** (número de especies encontradas en cada estación), se visualizan ciertas diferencias entre estaciones (**Figura 7.1.2.4 y Tabla 7.1.2.4**). El número promedio de especies del área de estudio fue de 11 especies (considerando o no la estación Control), mientras que el número total fue de 38, 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, 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 3.3.5.1.3**), se observa que los registros para la zona se encuentran dentro de los rangos registrados 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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	164
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

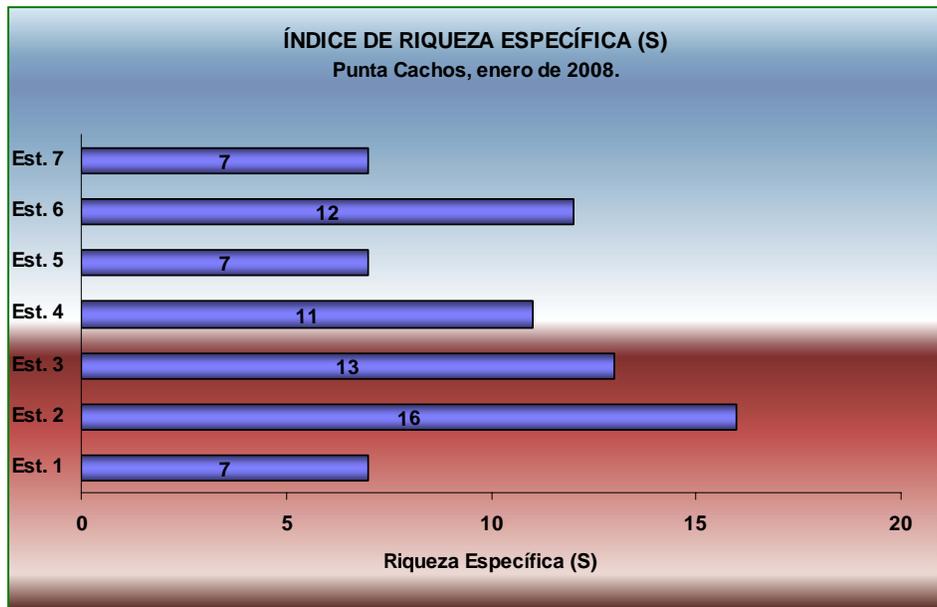


Figura 7.1.2.4. Variación del índice de riqueza específica (S) por estación. Punta Cachos, enero de 2008.

- **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

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	165
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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, sólo se grafican las estaciones 2, 3, 4 y 6 por ser éstas las únicas que registran más de 8 especies (**Figura 7.1.2.5 a Figura 7.1.2.6**): Por lo tanto, las estaciones se podrían clasificar de la siguiente manera:

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

Estos resultados denotan que las comunidades estudiadas en I. Cima Cuadrada varían desde No Alteradas a Muy Alteradas. Estos resultados coinciden sólo parcialmente con los resultados obtenidos de los diferentes índices ecológicos, toda vez que las estaciones que fueron clasificadas como polución moderada (2 y 3), son clasificadas como no alteradas según los resultados arrojados por las curvas ABC. Asimismo, las estaciones 1, 5 y 7, clasificadas como con polución ligera según los índices ecológicos, caen en la categoría de muy alteradas según los resultados de las curvas ABC debido a que el número de especies encontradas en ellas fue inferior a 8.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	166
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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.

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, estos deben ser realizados, 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.

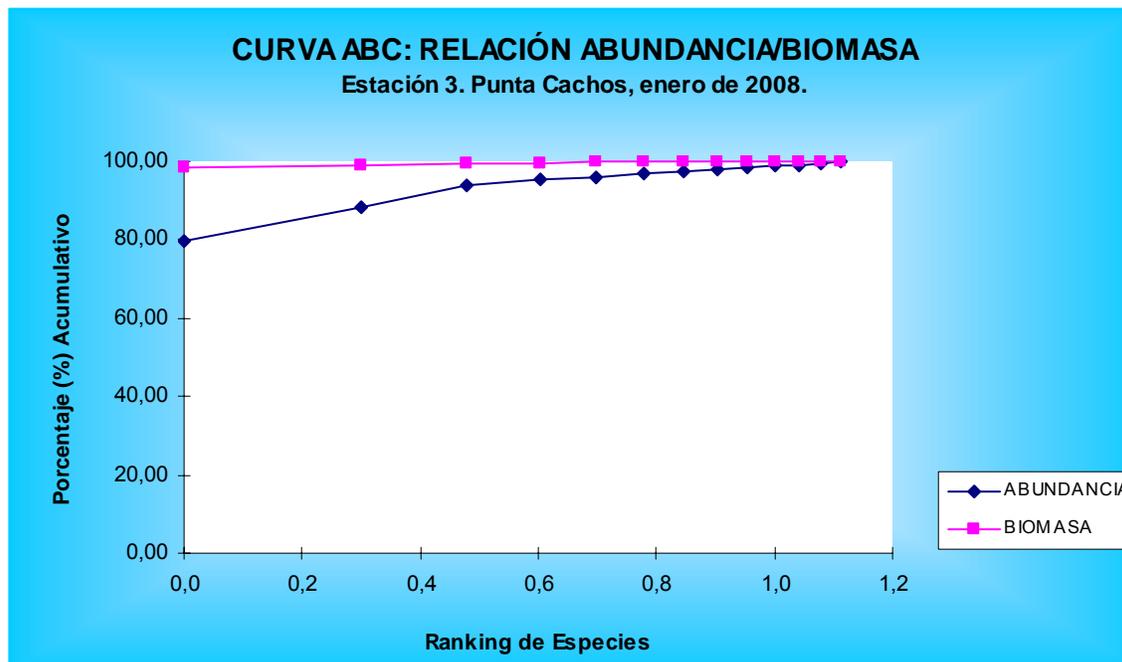
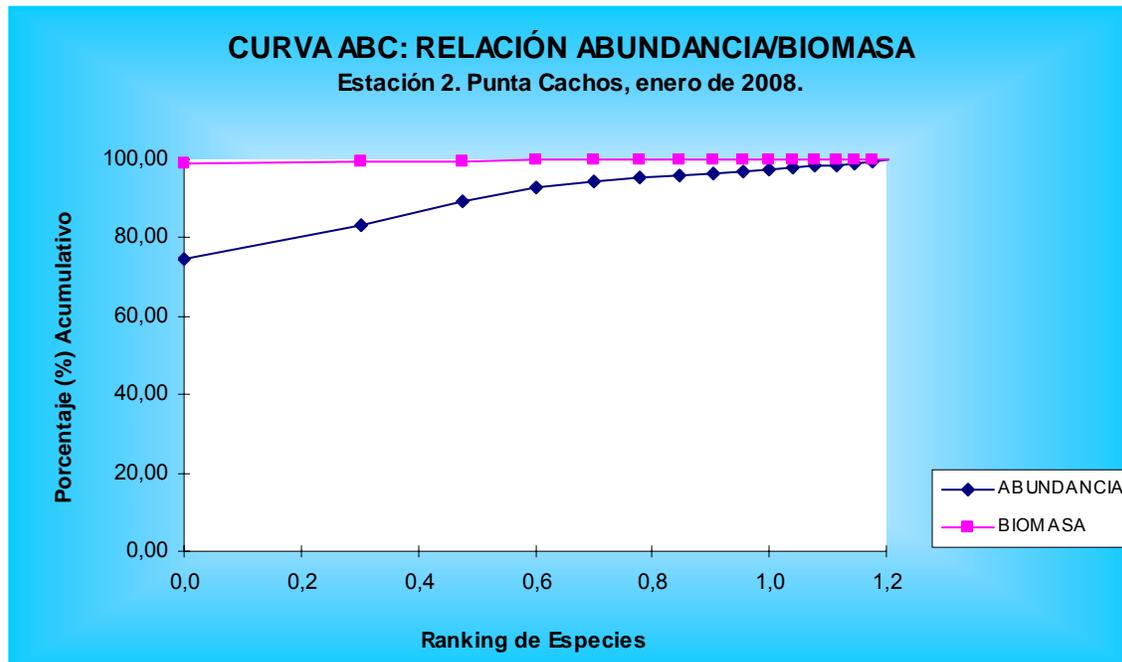


Figura 7.1.2.5. Curvas de relación abundancia/biomasa de las estaciones 2 y 3. Punta Cachos, enero de 2008.

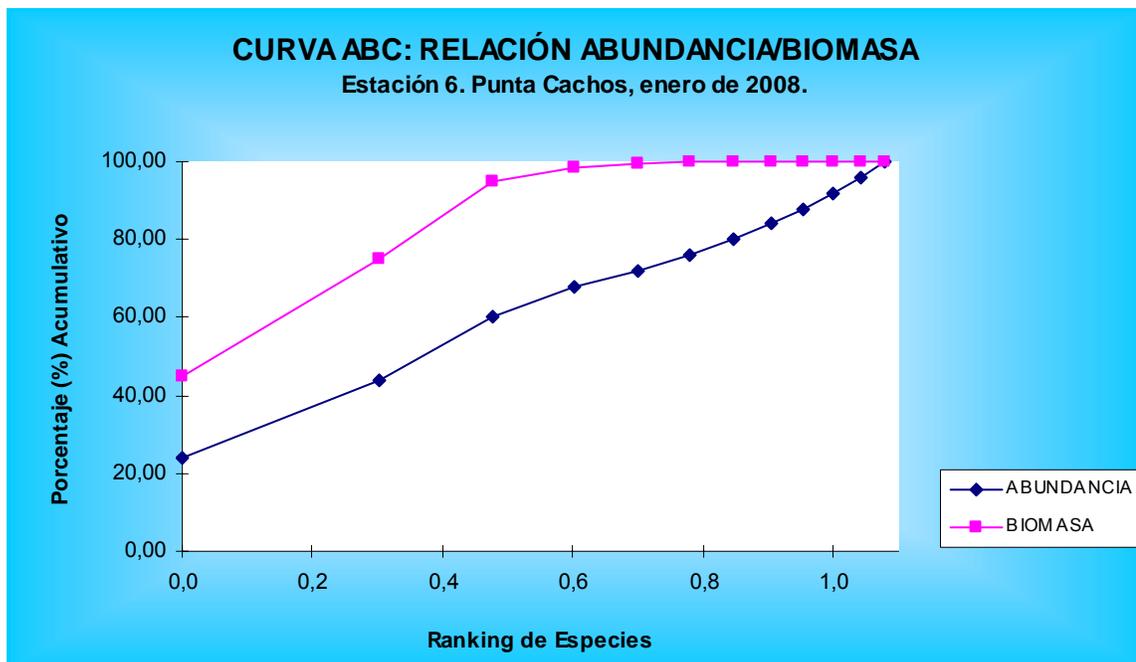
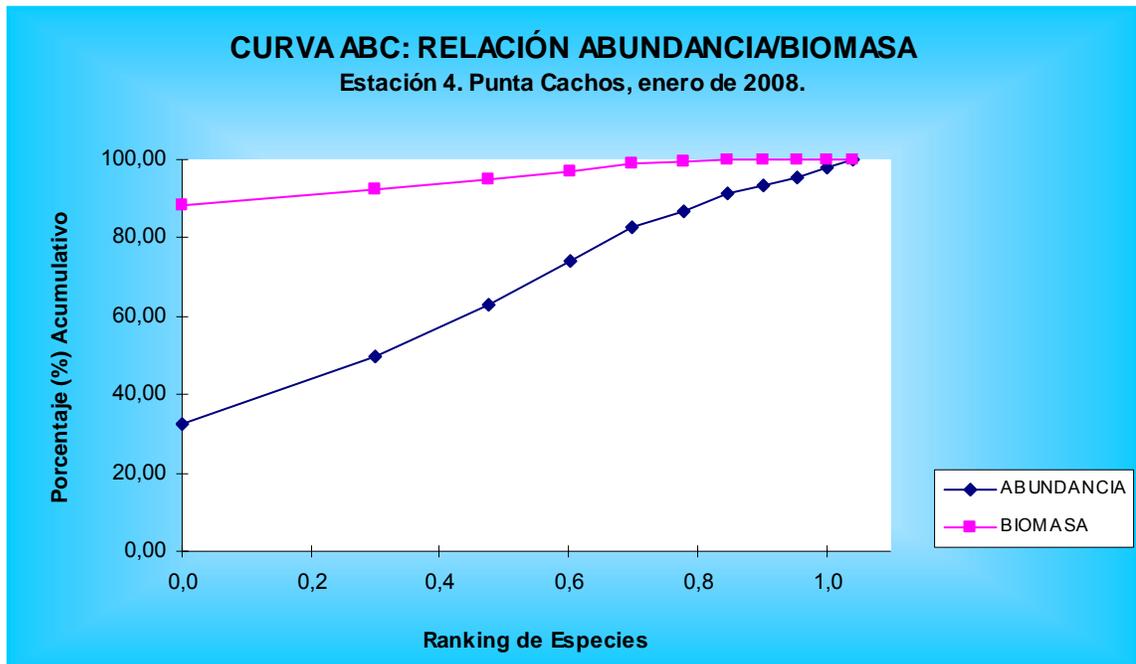


Figura 7.1.2.6. Curvas de relación abundancia/biomasa de las estaciones 4 y 6. Punta Cachos, enero de 2008.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	169
		Fecha de emisión: 28/01/2008	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 7.1.2.7**. Si se considera un nivel de decisión del 75% de disimilitud para separar grupos (Palma *et al.*, 1982), se podría determinar la presencia de tres grupos: uno conformado por las estaciones 1, 4 y 5, al cual posteriormente se añade la estación 6; otro formado por las estaciones 2 y 3 y, por último, aquel formado por la estación 7 (control). Este aislamiento de la estación 7 respondería básicamente a la incorporación de tres nuevas especies en dicha estación, es decir, cerca del 50% de las especies presentes son exclusivas de esta estación (Isopoda, Nematodo y Pisionidae). En tanto, la similitud de las restantes estaciones se relacionaría con similitudes en las características físico-químicas de los sedimentos, así como en su muy similar composición faunística. 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).

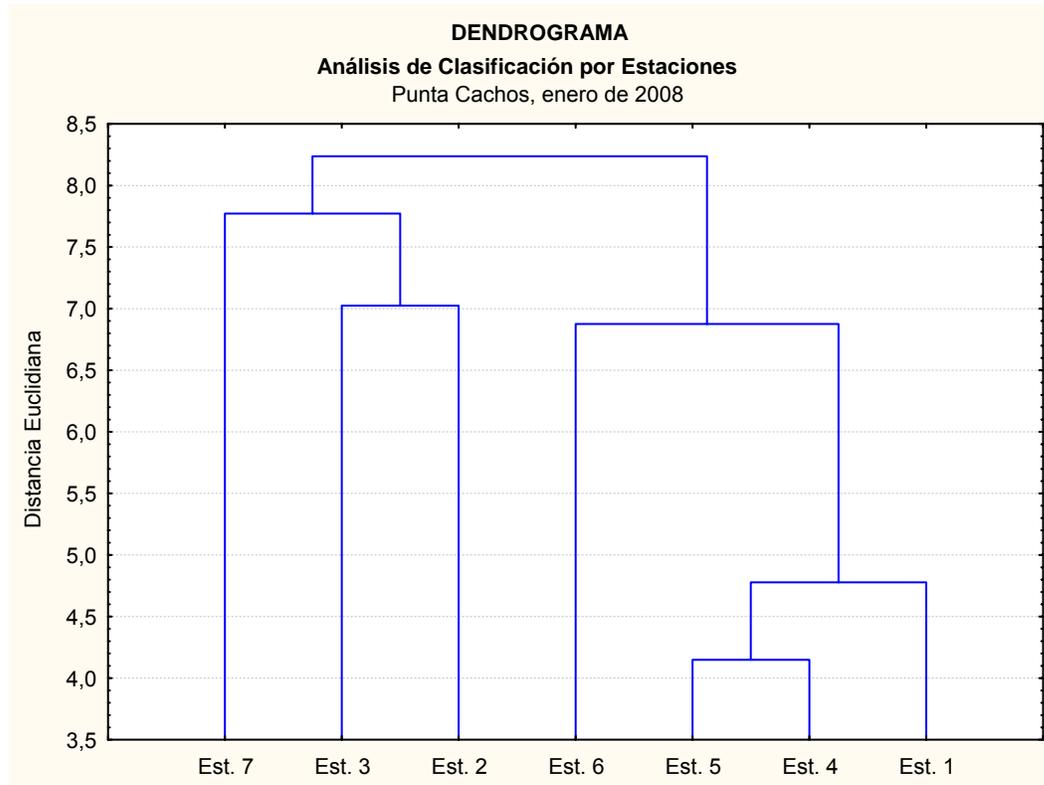


Figura 7.1.2.7. Dendrograma clasificador de las estaciones de comunidades bentónicas submareales. Punta Cachos, enero de 2008.

- **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 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

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	171
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Análisis de componentes Principales. El ENM supone que la curva respuesta es no lineal y monótonica. 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 7.1.2.8** se observa el resultado de este análisis.

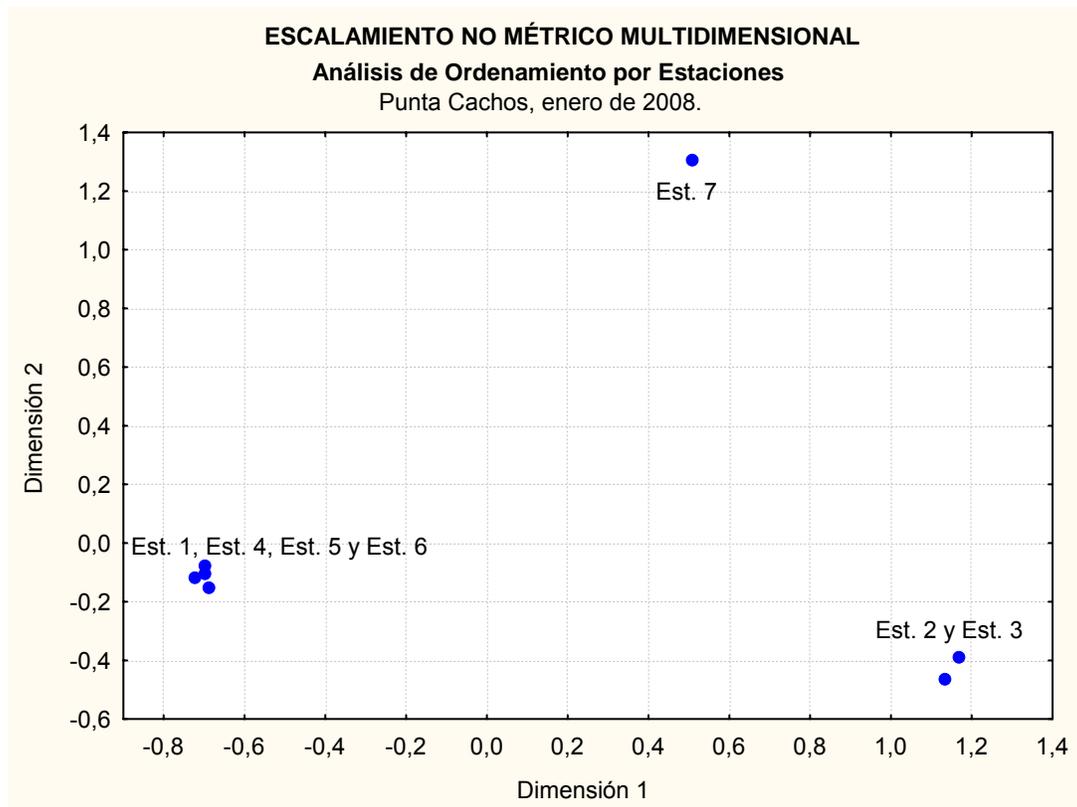


Figura 7.1.2.8. Análisis de Escalamiento No-métrico Multidimensional (ENM) por de las estaciones de comunidades bentónicas submareales. Punta Cachos, enero de 2008.

Básicamente el resultado del ENM coincide con lo obtenido con el análisis de clasificación aplicado a las estaciones. Sin embargo, este análisis deja aún más en claro las características propias de las comunidades de las estaciones 2, 3 y 7, lo que coloca de manifiesto su evidente aislamiento del resto de las estaciones. Además, se aprecia de mejor forma la similitud entre las comunidades bentónicas submareales de las estaciones 1, 4, 5 y

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	172
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

6. Sin embargo, a la luz de los resultados expuestos en la **Tabla 7.1.2.1**, estas comunidades (estaciones 2 y 3) tienen una conformación muy diferente.

- **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 7.1.2.5** se señalan las especies correspondientes a las clases geométricas de abundancia V y VI para las diferentes estaciones de la presente campaña. 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 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

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	173
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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 7.1.2.5

Listado de posibles especies indicadoras de contaminación (Clase Geométrica V y VI) para las estaciones muestreadas en el presente estudio. Punta Cachos, enero de 2008.
(Clase Geométrica V = 16 a 31 ind/m²; Clase Geométrica VI = 32 a 63 ind/m²).

ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3
<i>Nephtys</i> sp. <i>Oliva peruviana</i>	<i>Ampelisca</i> sp. Bivalvia <i>Hemipodus simplex</i> <i>Metharpinia longirostris</i> <i>Oliva peruviana</i> Ostracoda 1 Ostracoda 2 Ostracoda 4 <i>Pagurus</i> sp. <i>Pareurythoe chilensis</i> Platyischnopidae Polyplacophora <i>Prisogaster niger</i> Syllidae <i>Transennella pannosa</i>	<i>Cirolana urostylis</i> Cumacea Enopla <i>Hemipodus simplex</i> <i>Metharpinia longirostris</i> <i>Notomastus chilensis</i> <i>Oliva peruviana</i> <i>Ophelina delapidans</i> Ostracoda 1
ESTACIÓN 4	ESTACIÓN 5	ESTACIÓN 6
<i>Edotia</i> sp. <i>Oliva peruviana</i> <i>Ophelina delapidans</i> Ostracoda 4	Nereididae <i>Oliva peruviana</i> <i>Spiophanes bombyx</i>	Arabellidae <i>Tharyx</i> sp. <i>Oliva peruviana</i> Ostracoda 1 Polynoidae Sigalionidae Sphaeromatidae <i>Spiophanes bombyx</i>
ESTACIÓN 7		
<i>Hemipodus simplex</i> Isopoda		

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	174
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

7.1.3 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 de la Central Termoeléctrica en Punta Cachos, presentan una condición diversa, que fluctúa entre un buen estado y alteradas. El análisis de los diversos índices ecológicos junto con el análisis de las curvas ABC, permite desprender que la combinación entre un bajo número de especies en algunas estaciones, y una alta dominancia de la abundancia en otras, genera diferentes efectos en la estructura comunitaria, lo que se puede observar con gran claridad en las estaciones 2 y 3, donde se observó una gran dominancia del gasterópodo *Turritella cingulata*, 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.

En tanto, los análisis clasificatorios y de ordenación de las estaciones indican una alta similitud entre las estaciones 1, 4 y 5, sin mostrar un patrón claro relacionado, por ejemplo, con la cercanía a la costa o la profundidad de las estaciones.

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 crustáceos y bajo de moluscos.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	175
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

7.1.4 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.

Burd, B.J.; Nemec, 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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	176
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- 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.
- 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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	177
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- Lie, U.** 1969. Standing crop of benthic infauna in puget sound an 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.
- 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. Johansen.** 1983. Objctive 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 sucesion in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanography and Marine Biology Annual Review. 16: 229-311.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	178
		Fecha de emisión: 28/01/2008	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.

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.

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 Assesment. 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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	179
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

7.2 ESTUDIO DE COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS INTERMAREALES

7.2.1 Metodología de Estudio de Comunidades Macrobentónicas Intermareales

El día 05 de diciembre de 2007 se efectuó el muestreo de las comunidades macrobentónicas de fondos duros intermareales del área de estudio, 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 7.2.1.1 a) a f)**). Las transectas se denominaron como TI-1 a TI-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 7.2.1.2**).

En cada transecta se consideraron 5 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 7.2.1.2. 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 7.2.1.1. Detalle de las transectas intermareales del sector de estudio.
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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	181
		Fecha de emisión: 28/01/2008	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).

7.2.2 Resultados del Estudio de Comunidades Macrobentónicas Intermareales

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

Como se observa en la **Fotografía 7.2.2.1**, la zona del intermareal rocoso en estudio 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 7.2.2.1. 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

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	182
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

por un cordón rocoso, sino por una serie de rocas y promontorios que han sido colonizados por macroorganismos.

En la **Tabla 7.2.2.1** se muestran los resultados obtenidos del análisis biológico de las transectas intermareales de fondo duro estudiadas. En ésta se observa que en prácticamente todas las transectas estudiadas el alga Phaeophyta *Mazella laminarioides* (“luga”), es la que presenta las mayores coberturas, seguidas por el cirripedio *Jehlius cirratus* y el alga Chlorophyta *Ulva lactuca*. 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 caragenano 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. En cuanto a *J. cirratus*, este es un crustáceo 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 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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	183
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.2.2.1
Especies del intermareal de fondo duro presentes en el área de estudio.
Punta Cachos, diciembre de 2007.

TRANSECTA 1		
Intermareal Superior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
Roca desnuda	100	
TOTAL	100	

TRANSECTA 1		
Intermareal Medio		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Porphyra columbina</i>	20	0,4379
<i>Ulva lactuca</i>	13	0,5295
TOTAL	33	
Roca desnuda	67	
	H'	0,967
	J'	0,967
	S	2

TRANSECTA 1		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Lessonia nigrescens</i>	100	0,0000
TOTAL	100	
	H'	0,000
	J'	0,000
	S	1

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	184
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 1		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Porphyra columbina</i>	6,667	0,4111
<i>Ulva lactuca</i>	4,333	0,3279
<i>Lessonia nigrescens</i>	33,333	0,3094
TOTAL	44	
Roca desnuda	56	
	H'	1,048 (0,559)
	J'	0,661 (0,558)
	S	3

TRANSECTA 2		
Intermareal Superior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Porphyra columbina</i>	45	0,0310
<i>Nodilittorina peruviana</i>	1	0,120
TOTAL	46	
Roca desnuda	54	
	H'	0,151
	J'	0,151
	S	2

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	185
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 2			
Intermareal Medio			
		COBERTURA	H'
		(%)	
<i>Notochamalus scabrosus</i>		45	0,000
	TOTAL	45	
Roca desnuda		54	
	H'		0,000
	J'		0,000
	S		1

TRANSECTA 2			
Intermareal Inferior			
		COBERTURA	H'
		(%)	
<i>Lessonia nigrescens</i>		100	0,000
	TOTAL	100	
	H'		0,000
	J'		0,000
	S		1

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	186
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 2		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Lessonia nigrescens</i>	33,33	0,49
<i>Nodilittorina peruviana</i>	0,33	0,04
<i>Notochamalus scabrosus</i>	15	0,49
<i>Porphyra columbina</i>	15	0,49
TOTAL	64	
Roca desnuda	36	
	H'	1,511 (0,151)
	J'	0,756 (0,151)
	S	4

TRANSECTA 3		
Intermareal Superior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
Roca desnuda	100	
TOTAL	100	

TRANSECTA 3		
Intermareal Medio		
	COBERTURA	H'
	(%)	
Roca desnuda	100	
TOTAL	100	

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	187
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 3		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Lessonia nigrescens</i>	60	0,311
<i>Durvillaea antarctica</i>	20	0,500
TOTAL	80	0,811
Roca desnuda	20	
	H'	0,811
	J'	0,811
	S	2

TRANSECTA 3		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Lessonia nigrescens</i>	20	0,31
<i>Durvillaea antarctica</i>	6,67	0,50
TOTAL	27	
Roca desnuda	73	
	H'	0,866 (0,468)
	J'	0,866 (0,468)
	S	2

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	188
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.2.2.1 (continuación).

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

TRANSECTA 4			
Intermareal Medio			
		COBERTURA (%)	H'
<i>Phymanthea pluvia</i>		2	0,500
<i>Patiria chilensis</i>		1	0,500
<i>Porphyra columbina</i>		1	0,500
	TOTAL	4	
Roca desnuda		96	
	H'		1,500
	J'		0,946
	S		3

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	189
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 4		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Lessonia nigrescens</i>	50	0,471
<i>Durillaea antarctica</i>	40	0,520
TOTAL	90	
Roca desnuda	10	
	H'	0,991
	J'	0,991
	S	2

TRANSECTA 4		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Nodilittorina peruviana</i>	1,67	0,22
<i>Phymanthea pluvia</i>	0,67	0,07
<i>Patiria chilensis</i>	0,33	0,04
<i>Porphyra columbina</i>	0,33	0,04
<i>Lessonia nigrescens</i>	16,67	0,51
<i>Durillaea antarctica</i>	13,33	0,47
TOTAL	33,00	
Roca desnuda	67,00	
	H'	1,344 (0,763)
	J'	0,520 (0,646)
	S	6

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	190
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 5		
Intermareal Superior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Nodilittorina peruviana</i>	3	0,442
<i>Tegula atra</i>	1	0,464
<i>Scurra scurra</i>	1	0,464
TOTAL	5	
Roca desnuda	95	
	H'	1,371
	J'	0,865
	S	3

TRANSECTA 5		
Intermareal Medio		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Jehlius cirratus</i>	2	0,139
<i>Porphyra columbina</i>	73	0,038
TOTAL	75	
Roca desnuda	25	
	H'	0,177
	J'	0,177
	S	2

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	191
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 5		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Lessonia nigrescens</i>	30	0,528
<i>Gelidium chilensis</i>	70	0,282
TOTAL	100	
	H'	0,810
	J'	0,991
	S	2

TRANSECTA 5		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA	H'
	(%)	
<i>Nodilittorina peruviana</i>	1,000	0,0985
<i>Tegula atra</i>	0,333	0,0416
<i>Scurra scurra</i>	0,333	0,0416
<i>Jehlius cirratus</i>	0,667	0,0721
<i>Porphyra columbina</i>	24,333	0,5281
<i>Lessonia nigrescens</i>	10,000	0,4309
<i>Gelidium chilensis</i>	23,333	0,5299
TOTAL	60,00	
Roca desnuda	40,00	
	H'	1,743 (0,600)
	J'	0,621 (0,402)
	S	7

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	192
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.2.2.1 (continuación).

TRANSECTA 6		
Intermareal Superior		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Nodilittorina peruviana</i>	3,00	0,211
<i>Porphyra columbina</i>	20,00	0,527
<i>Perumytilus purpuratus</i>	3,00	0,211
<i>Nothochamalus scabrosus</i>	7,00	0,355
<i>Jehlius cirratus</i>	5,00	0,293
TOTAL	38	
Roca desnuda	62	
	H'	1,598
	J'	0,688
	S	5

TRANSECTA 6		
Intermareal Medio		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Scurra scurra</i>	3	0,000
TOTAL	3	
Roca desnuda	97	
	H'	0,000
	J'	0,000
	S	1

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	193
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 7.2.2.1 (continuación).

ESTACIÓN 6		
Intermareal Inferior		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Lessonia nigrescens</i>	80	0,151
<i>Gellidium chilensis</i>	20	0,482
TOTAL	100	
	H'	0,633
	J'	0,633
	S	2

TRANSECTA 6		
Promedio Intermareal		
	COBERTURA (%)	H'
<i>Gellidium chilensis</i>	6,67	0,3997
<i>Jehlius cirratus</i>	1,67	0,1709
<i>Lessonia nigrescens</i>	26,67	0,4639
<i>Nodilittorina peruviana</i>	1,00	0,1182
<i>Nothochamalus scabrosus</i>	2,33	0,2151
<i>Perumytilus purpuratus</i>	1,00	0,1182
<i>Porphyra columbina</i>	6,67	0,3997
<i>Scurra scurra</i>	1,00	0,1182
TOTAL	47,00	
Roca desnuda	53,00	
	H'	2,004 (0,959)
	J'	0,668 (0,398)
	S	8

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	194
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

7.2.3 Conclusiones del Estudio de Comunidades Macrobentónicas Intermareales

Los resultados obtenidos en el área de estudio 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; Stephenson & Stephenson, 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 13 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 3 se encontraron sólo 2 especies, que se ubican en la zona de exposición al oleaje. En tanto, en la zona superior y media no se encontró especies macroscópicas bentónicas, lo que se relacionaría con la presencia de cantos rodados, lo que redundaría en definitiva en la escasez total de especies. 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 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 especies 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.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	195
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

7.2.4 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.

Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal Theoretical Biology, 13: 131-144.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	196
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	197
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

7.3 ESTUDIO DE AVIFAUNA

7.3.1 Protocolo de Estudio de Avifauna

Entre los días 05 y 07 de diciembre de 2007 se efectuó el Estudio de Línea Base de aves presentes en el área, emplazada en el sector suroeste de Punta Cachos, 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 1.100 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 19:30 hrs.) en los tres días de estudio.

El método utilizado fue aquel denominado “método de transectas” (Bibby *et al.*, 2000). La metodología de estudio consistió en contabilizar e identificar todas las aves que se presentaron en el área de estudio. Para tal efecto se utilizaron binoculares 7 x 50 (**Fotografía 7.3.1.1**) y una cámara digital Sony Cyber-Shot de 1.3 Megapíxeles, 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 estudiadas.



Fotografía 7.3.1.1. Avistamiento de aves.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	198
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Posteriormente se ordenaron los datos en planillas de cálculo para la presentación de valores de abundancia y densidad. El presente estudio permite observar y describir la composición y concentración de aves del sector para la época de verano.

7.3.2 Resultados del Estudio De Avifauna

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 la zona de estudio arrojó un total de **7 especies**, incluidas en 5 familias (**Tabla 7.3.2.1**). De éstas, 5 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 oeste norte 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, 2 de las 7 especies encontradas son endémicas, esto quiere decir que se encuentran sólo en Chile. Estas especies corresponden al canastero *Asthenes humicola humicola*, que es propia de zonas precordilleranas, campos y laderas semi-áridos; y el churrete costero *Cinclodes nigrofumosus*, que se encuentra exclusivamente en la costa.

Cabe hacer notar que 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*), gaviota de franklin (*Larus pipixcan*), churrete costero (*Cinclodes nigrofumosus*), yeco (*Phalacrocorax brasilianus*), y zarapito (*Numenius phaeopus*) avistadas en el área. Éstas se asocian directamente con la costa, aunque este último zarapito (*Numenius phaeopus*) ,puede apreciarse en estuarios y desembocaduras de ríos, pero muy raramente en el interior (Araya & Milie, 1996). En 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. En el caso del canastero (*Asthetes humicola humicola*), éste se encuentra asociado a las zonas más

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	199
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

áridas, anidando en poblados de espinos y cactus. Cabe hacer mención que en el área de estudio se pudo observar dos nidos de jote cabeza colorada, encontrando en ambos casos un juvenil. No se observó presencia de huevos en ninguno de los casos.

Tabla 7.3.2.1

Listado de las especies y densidad de aves identificadas en el área de estudio. Punta Cachos, diciembre de 2007.

Familia	Especie (nombre común)	Ejemplares Avistados	Densidad (ind/km²)
<u>Phalacrocoracidae</u>	<i>Phalacrocorax brasilianus brasilianus</i> (Yeco)	11	200
<u>Larinae</u>	<i>Larus dominicanus</i> (Gaviota dominicana)	9	164
<u>Cathartidae</u>	<i>Cathartes aura</i> (Jote cabeza colorada)	7	127
<u>Furnariidae</u>	<i>Cinclodes nigrofumosus</i> (Churrete costero)	4	73
<u>Larinae</u>	<i>Larus pipixcan</i> (Gaviota franklin)	1	18
<u>Furnariidae</u>	<i>Asthenes humicola humicola</i> (Canastero)	1	18
<u>Scolopacidae</u>	<i>Numenius plaeopus hudsonicus</i> (Zarapito)	1	18
Densidad Promedio			88

Si bien en el área de estudio se observó una baja riqueza y abundancia de aves, se debe considerar que en el sector de Isla Cima Cuadrada, ubicada frente al área de emplazamiento del proyecto, se pudo observar diversos ejemplares de gaviota dominicana (*Larus dominicanus*), gaviota franklin (*Larus dominicanus*), yeco (*Phalacrocorax brasilianus*) y pingüino de humboldt (*Spheniscus humboldti*). 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 gaviota dominicana (*L. dominicanus*), yeco (*P. brasilianus*) así como también se registra una pequeña colonia de pingüino de humboldt (*S. humboldti*). Al respecto cabe mencionar que esta especie se encuentra en la categoría de vulnerable según la lista del "Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile" (Corporación Nacional Forestal – CONAF, 1993).

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	200
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Desde el punto de vista de la abundancia de especies, la densidad promedio de aves en la zona de estudio, considerando un área de 0,055 km², fue de 88 ind/km². En la **Tabla 7.3.2.1** se observa que la mayor abundancia la presenta la especie residente yeco (*Phalacrocorax 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 desde isla Lobo de Tierra, al norte del Perú, hasta Cabo de Hornos en Chile. Su alimento suele ser peces, 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 la gaviota de franklin (*Larus pipixcan*), especie migratoria que llega a las costas de Chile en grandes grupos a partir del mes de octubre, la cual pese a ser la segunda gaviota más abundante en Chile, después de *L. dominicanus*, presentó una muy baja densidad en el área de estudio; sin embargo se observaron varios ejemplares descansando en la isla Cima Cuadrada, en las proximidades del área de estudio; el canastero (*Asthenes humicola humicola*), asociado a las áreas más áridas, que rodean el área de emplazamiento de la futura Central Termoeléctrica, pero se puede encontrar esporádicamente en el área costera y el zarapito (*Numenius plaeopus hudsonicus*), una de las especies migratorias más comunes en las costas de Chile que llega durante la primavera.

Desde el punto de vista del estado de conservación de las aves en Chile, cabe mencionar que de acuerdo al "*Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile*" (Corporación Nacional Forestal – CONAF, 1993), a nivel nacional 1 especie se encuentra dentro de la categoría de Extinta, 10 en la categoría En Peligro, 32 son Vulnerables, 12 Raras y 18 se consideran Inadecuadamente Conocidas. En este caso, ninguna de las especies

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	201
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

avistadas en el área de estudio se encuentra en alguna de las categorías antes señaladas. 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. Asimismo, de acuerdo al DS. 05/98 Reglamento de la Ley de Caza, las especies de gaviota de franklin (*L. pipixcan*), zarapito (*N. plaeopus hudsonicus*), jote cabeza colorada (*C. aura*) y churrete costero (*C. nigrofumosus*) se encuentran catalogadas como **B**, es decir, especie catalogada como beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria, en tanto la especie gaviota dominicana (*L. dominicanus*) es catalogada como **E**, es decir, especie catalogada como benéfica para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales.

Algunos representantes de la avifauna identificada se observan en las **Fotografías 7.3.2.1 a 7.3.2.2.**



Fotografía 7.3.2.1. Detalle de la gaviota dominicana *Larus dominicanus*.



Fotografía 7.3.2.2. Detalle de zarapito *Numenius phaeopus hudsonicus*.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	202
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

7.3.3 Conclusiones del Estudio de Avifauna

Los resultados obtenidos en el área de estudio, comprendida por los aproximadamente 55.000 m² en el sector de Isla Cima Cuadrada, colindantes a las futuras instalaciones de la Central Termoeléctrica, es frecuentada por al menos 7 especies de aves para el período de verano (en la época de estudio), de las cuales ninguna de ellas se encuentra en alguna categoría de conservación de acuerdo al Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile y el D.S. 05/98 Reglamento de la Ley de Caza. En todo caso, 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 de la isla es relativamente bajo para la época del año, ya que es en esta temporada existen en el país un gran número de aves migratorias, como es el caso del zarapito (*Numenius phaeopus hudsonicus*), la gaviota franklin (*Larus pipixcan*), playeros y chorlos, entre otros visitantes procedentes preferentemente desde el hemisferio norte. En este contexto, la baja diversidad encontrada puede explicarse debido a las condiciones geográficas del lugar, ya que al ser 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.

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 guanay, quienes se encuentran en la categoría de vulnerables según la lista roja de la IUCN y Reglamento de la Ley de Caza, por lo que deberá tenerse especial cuidado en no alterar significativamente su hábitat.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	203
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

7.3.4 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.

Araya, B. & G. Millie. 1996. Guía de Campo de las Aves de Chile. Editorial Universitaria, 7ª Edición. 406 p.

Bibby, C.J., N.D. Burgess, D.A. Hill, & S.H. Mustoe. 2000. Bird Census Techniques. 2a Ed. Academic Press, London. 302 pp.

Corporación Nacional Forestal (CONAF). 1993. Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile. Alfonso Glade (Ed.). Segunda Edición. 67 p.

Decreto Supremo 05. 1998. Reglamento de la Ley de Caza. 9 de enero de 1998.

Jaramillo, A. 2003. Birds of Chile. Princeton University Press. 240 pp.

Monroe Jr., B.L. & C.G. Sibley. 1993. A World Checklist of Birds. Yale University Press, New Haven and London.

Thornback, J & Jenkins, M. 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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	204
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

7.4 ESTUDIO DE MAMÍFEROS Y REPTILES MARINOS

7.4.1 *Protocolo de Estudio*

Entre los días 05 y 07 de diciembre de 2007 se efectuó el levantamiento de los mamíferos y reptiles marinos posibles de hallar en el área de estudio, emplazada en el sector suroeste de Punta Cachos, 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 1.100 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 19:30 hrs.) en los tres días. A esto se adicionó un par de recorridos diarios en bote (AM y PM) por la zona, con el fin de detectar la presencia de mamíferos y/o reptiles marinos.

Se contaron e identificaron todos los mamíferos marinos y reptiles que se presentaron. Para este efecto se utilizaron binoculares 7 x 50 y una cámara digital Sony Cyber-Shot de 1.3 Megapixeles, con la cual se intentó fotografiar 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).

7.4.2 *Resultados del Estudio de Mamíferos Marinos*

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 en el área de estudio, tanto por tierra como por mar.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	205
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Asimismo, cabe mencionar que en el área ubicada inmediatamente frente a las futuras instalaciones de la Central Termoeléctrica, **NO** se registraron especies pertenecientes a reptiles marinos.

7.4.3 Conclusiones del Estudio de Mamíferos y Reptiles Marinos

Los resultados obtenidos indican que en los alrededores de I. Cima Cuadrada no fue posible visualizar especies de mamíferos marinos como se han observado en otros estudios. Lo anterior no indica que éstas no se encuentren. Asimismo, no se apreciaron ejemplares de reptiles marinos en la zona de estudio.

Es importante recalcar 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, por lo que debe tenerse especial cuidado de no alterar significativamente su hábitat.

7.4.4 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.

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.

Sielfeld, W. 1983. Mamíferos marinos de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago. 199 pp.

	ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO CENTRAL TÉRMICA PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	206
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

8. 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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	207
		Fecha de emisión: 28/01/2008	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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	208
		Fecha de emisión: 28/01/2008	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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	209
		Fecha de emisión: 28/01/2008	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	Nº DOCUMENTO INF-PCH/012008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	210
		Fecha de emisión: 28/01/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

ANEXOS