

## **INFORME TÉCNICO**

# **"ESTUDIO DE LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA, BAHÍA CHASCOS, PUNTA CACHOS, REGIÓN DE ATACAMA" "Campaña de Invierno"**



Preparado por:  
EcoTecnos Ltda. - División Ambiental



- OCTUBRE 2008 -

**ELB MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA, BAHÍA CHASCOS,**  
**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. Lorena Morales M.**

Biología Marina

**Oceanog. Ricardo Rubio**

Oceanografía

Personal Técnico


---

**Aquacien Ltda.**

Laboratorios de Análisis


---

Laboratorio de Análisis Bentónico, EcoTecnos Ltda.  
Laboratorio de Química Ambiental, Universidad de Valparaíso.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 2/1	4
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## CONTENIDO


	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>2. CALENDARIO DE ACTIVIDADES CAMPAÑA DE INVIERNO</b>	<b>7</b>
<b>3. ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA</b>	<b>10</b>
3.1 PROTOCOLO DE MUESTREO Y ANÁLISIS	10
3.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA	12
3.3 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA	29
3.4 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA	30
<b>4. ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE SEDIMENTOS SUBMAREALES</b>	<b>33</b>
4.1 ANÁLISIS FÍSICO	33
4.2 ANÁLISIS QUÍMICO	44
4.3 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN SEDIMENTOS SUBMAREALES	57
4.4 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN SEDIMENTOS SUBMAREALES	57
<b>5. ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS</b>	<b>63</b>
5.1 CAMPAÑAS DE MEDICIONES CAMPAÑA DE INVIERNO	63
5.2 CORRENTOMETRÍA EULERIANA	64
5.3 CORRENTOMETRÍA LAGRANGIANA (DERIVADORES)	92
5.4 DERIVA LITORAL	103
5.5 ESTUDIO DE DISPERSIÓN CON TRAZADORES QUÍMICOS (RODAMINA B)	105
5.6 ESTUDIO DE RÉGIMEN DE VIENTOS LOCALES	117
5.7 ESTUDIO DE RÉGIMEN DE MAREAS	131
5.8 BIBLIOGRAFÍA DE LOS ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS	138

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 2/1	5
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

	<b>Pág.</b>
<b>6. ECOLOGÍA DE COMUNIDADES BIOLÓGICAS</b>	<b>139</b>
6.1 ESTUDIO DE COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS SUBMAREALES	139
6.2 ESTUDIO DE COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS INTERMAREALES	179
6.3 ESTUDIO DE AVIFAUNA	200
6.4 ESTUDIO DE MAMÍFEROS Y REPTILES MARINOS	207
<b>7. GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	<b>210</b>

<b>ANEXOS</b>	<b>214</b>
---------------	------------

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 2/1	6
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente Informe Técnico elaborado por **EcoTecnos Ltda.**, corresponde a los estudios de línea base oceanográfica, campaña de invierno, de las aguas, sedimentos inter y submareales y comunidades biológicas, ubicadas frente a las futuras instalaciones de Puerto Castilla, Ensenada San Pedro, Bahía Chascos, Punta Cachos ubicada en la IIIª Región de Atacama. 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, las *Instrucciones Oceanográficas Nº 1 SHOA Publicación 3201*, a lo que se adicionó un conjunto de estudios complementarios, entre los que destacan el estudio de las comunidades de avifauna y reptiles y mamíferos marinos.


El estudio comprendió la caracterización físico-química de la columna de agua y de los sedimentos submareales, el estudio de las corrientes (eulerianas y lagrangianas), capacidad de dispersión, vientos y marea de

la zona de interés y la caracterización de las comunidades biológicas, las que incluyeron el estudio de las comunidades macrobentónicas submareales de sustrato blando e intermareales de sustrato duro, 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 de invierno y del procesamiento, análisis e interpretación de los datos obtenidos de las mediciones realizadas.

El estudio encargado por Arcadis Geotécnica, constó de dos etapas: muestreos y mediciones *in situ*, y análisis de la información y conclusiones. La primera etapa se desarrolló en el litoral aledaño a las futuras instalaciones de Puerto Castilla, Bahía Chascos; 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.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	7
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


## 2. CALENDARIO DE ACTIVIDADES CAMPAÑA DE INVIERNO

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

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

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

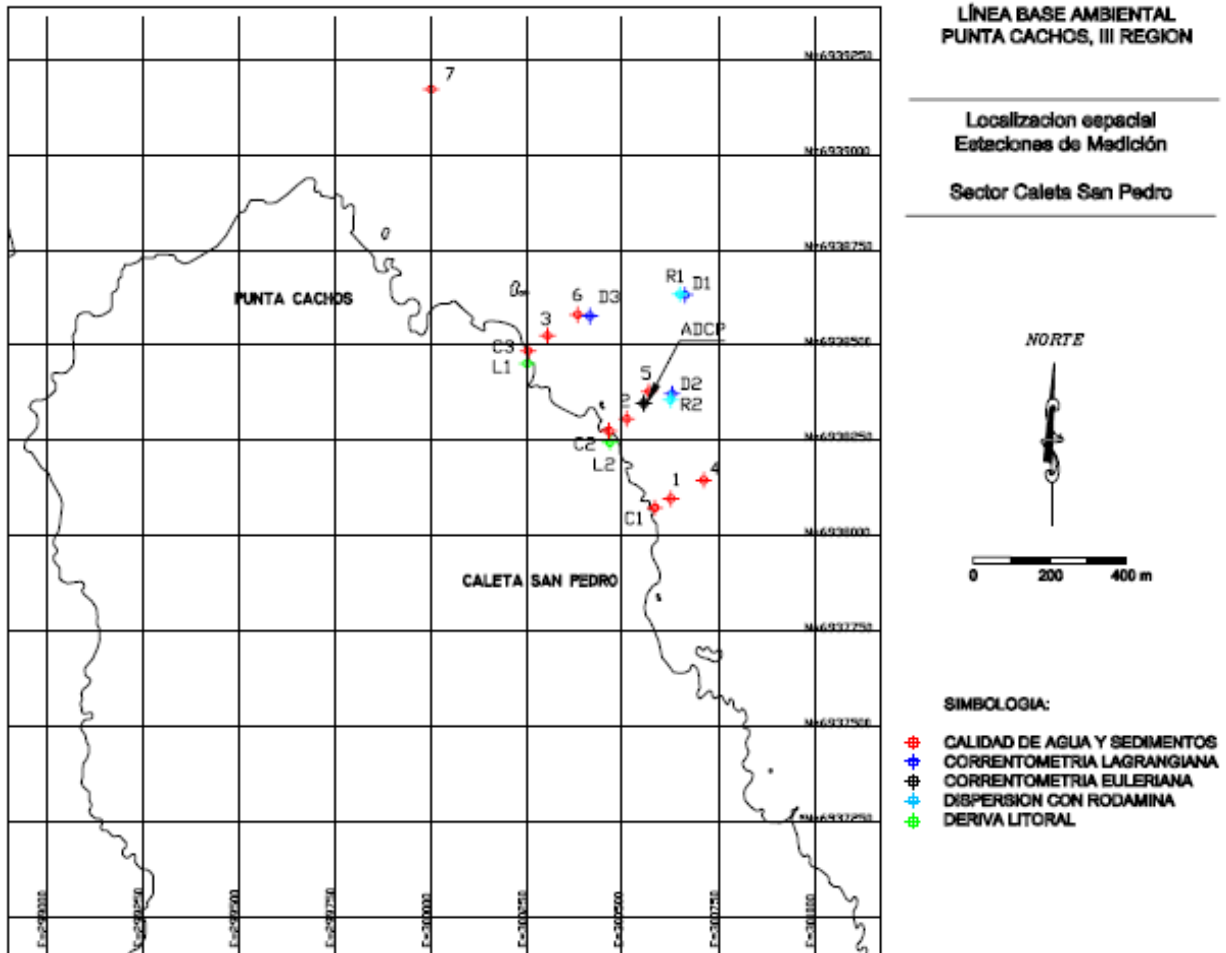
2. Día 31/07/2008: Se efectúa el estudio de comunidades intermareales de sustrato rocoso en el sector de Bahía Chascos.
3. Día 01/08/2008: Se efectúa la toma de muestras de sedimentos submareales para análisis físico-químico y de comunidades macrobentónicas submareales en el sector de Bahía Chascos. Envío de muestras de sedimentos al laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Valparaíso y al laboratorio de EcoTecnos Ltda. A partir de este día se considera la toma de datos de vientos.
4. Día 02/08/2008: Se lleva a cabo la instalación del ADCP (perfilador de corrientes) en el sector de Bahía Chascos, iniciándose la toma de datos para correntimetría euleriana y de mareas. Se efectúa, además, la toma de muestras de columna de agua y aguas de playa. Envío de muestras de aguas al laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Valparaíso.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	8
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


5. Día 14/08/2008: Se lleva a cabo la primera campaña de derivadores (correntimetría lagrangiana) y de dispersión con rodamina en sicigia, fase de marea vaciante.
6. Día 16/08/2008: Continúa la primera campaña de derivadores y de dispersión con rodamina en sicigia, fase de marea vaciante y se lleva a cabo la campaña de derivadores sicigia, marea llenante. Además, se ejecuta la campaña de deriva litoral sicigia, mareas vaciante y llenante.
7. Día 23/08/2008: Se lleva a cabo la segunda campaña de derivadores y de dispersión con rodamina en cuadratura, fase de marea vaciante, en el sector de Bahía Chascos.
8. Día 24/08/2008: Continúa la segunda campaña de derivadores y de dispersión con rodamina en cuadratura, fase de marea llenante. Además, se ejecuta la campaña de deriva litoral cuadratura, mareas vaciante y llenante, en Bahía Chascos.
9. Día 01/09/2008: Se procede al retiro del ADCP. Fin de las actividades de terreno para la campaña de medio físico.

El resultado del posicionamiento de las estaciones se ha insertado en las **Figura 2.1**. 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 Puerto Castilla, 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 E. San Pedro (Bahía Chascos).

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	10
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

#### 3.1 PROTOCOLO E MUESTREO Y ANÁLISIS

El día 02 de agosto de 2008 se llevó a cabo la toma de muestras de la columna de agua marina y de muestras de agua de playa en los alrededores del futuro Puerto Castilla (sector de **Ensenada San Pedro**). Se dispuso un total de siete estaciones (**Figuras 2.1**), en subsuperficie (0,5 metros) y a un metro del fondo, abarcando el frente del área de cada sector. Se seleccionó una estación Control, ubicada al N del área propiamente tal del proyecto, siendo considerada como estación de referencia. En tanto, las muestras de playa fueron obtenidas en tres estaciones, ubicadas en el litoral adyacente al área del proyecto (**Figuras 2.1**). Las muestras de columna de agua fueron tomadas a bordo de una embarcación menor, haciendo uso de botellas Niskin (**Fotografía 3.1**), mientras que las de playa fueron obtenidas directamente desde la orilla de la costa a los envases.




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



**Fotografía 3.2.** Envases con muestras recién obtenidas.

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	11
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


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 3.1**. Es importante mencionar que la variable pH fue medida *in situ*, utilizando un pHmetro marca Oakton pH Series 300 (waterproof), habilitado con sensor de temperatura. En tanto, los parámetros temperatura y salinidad fueron también medidos en perfiles *in situ* utilizando un CTD (las mediciones con este instrumento serán detalladas en los siguientes párrafos).

**Tabla 3.1**

Parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados en la columna de agua y en las muestras de playa y metodologías aplicadas en cada uno de ellos. Bahía Chascos, E. San Pedro. Agosto de 2008.

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

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	12
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 3.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA


### 3.2.1 *Análisis Físico-Químico y Microbiológico*

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

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

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

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	13
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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


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

En la **Tabla 3.2.1.1** se detallan los resultados de los análisis de **pH**, **Oxígeno Disuelto** y **Transparencia** (disco Secchi) obtenidos en el sector de Ensenada San Pedro.

La **Tabla 3.2.1.1** muestra que todos los valores de **pH** en este sector fueron de 7,8; por lo que no se aprecian diferencias entre las muestras ubicadas frente al futuro proyecto y la zona control, ni variaciones en la columna de agua. Esto clasificaría las aguas monitoreadas en el sector de Bahía Chascos como de buena a excelente calidad para el pH de acuerdo a la futura norma de aguas marinas. También se hallarían 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) y lo sugerido como normal en el agua de mar de acuerdo a Lozano (1978): pH de 7,2 a 8,4.

Por tanto, no habría alteración de la acidez de las aguas marinas de las estaciones estudiadas en el área de E. San Pedro, Bahía Chascos.

Lo anterior permite concluir, en base a los resultados actuales de pH, que no existen problemas de alteración de la acidez del agua de mar en las estaciones estudiadas en el

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	14
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

sector de E. San Pedro, clasificando las aguas de acuerdo a la futura norma de aguas marinas como de buena a excelente calidad para el pH.

**Tabla 3.2.1.1**

Resultados de los análisis de pH y transparencia (disco Secchi) en las estaciones de aguas marinas. Bahía Chascos, E. San Pedro. Agosto de 2008.


Estación			Parámetro		
Identificación	Prof. (m)	Prof. Muestra	pH	Oxíg. Dis. (mg/l)	Transparencia (m)
1	12,0	Sup.	7,8	6,3	11,5
		Fondo	7,8	5,7	
2	12,0	Sup.	7,8	7,0	12,0
		Fondo	7,8	6,5	
3	14,0	Sup.	7,8	6,3	11,5
		Fondo	7,8	6,1	
4	33,0	Sup.	7,8	6,5	12,0
		Fondo	7,8	5,9	
5	26,0	Sup.	7,8	6,2	12,0
		Fondo	7,8	5,9	
6	25,0	Sup.	7,8	6,2	12,5
		Fondo	7,8	6,0	
7 (Control)	34,0	Sup.	7,8	6,0	13,0
		Fondo	7,8	4,9	
<b>Referencias</b>			(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.

En cuanto a las concentraciones de **Oxígeno Disuelto**, la **Tabla 3.2.1.1** muestra que éstas variaron en superficie entre 6,0 mg/l (estación Control) y 7,0 mg/l (estación 2). Se aprecian mayores contenidos de oxígeno disuelto en superficie respecto a las mayores profundidades. Esta situación también ha sido anteriormente explicada. Estas diferencias entre los contenidos de oxígeno disuelto en superficie y fondo también generan bajas

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	15
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


oxiclinas en E. San Pedro, llegando a alcanzar un máximo de  $\Delta O_2 = 1,1 \text{ mg/l}$  en la estación control, valor levemente superior al alcanzado en el sector de I. Cima Cuadrada.

En tanto, si se comparan estos resultados con lo sugerido en la Norma Chilena 1.333 Of.78 y 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), todos los registros superficiales de este estudio estarían sobre esta concentración, no evidenciando por tanto problemas de oxigenación en las aguas superficiales del cuerpo receptor de Bahía Chascos. Lo anterior permite concluir, en definitiva, que los contenidos de oxígeno disuelto de la columna de agua del sector de Bahía Chascos, son compatibles con la sobrevivencia de los organismos acuáticos del área de estudio.

Por su parte, los valores de **disco Secchi** medidos *in situ* en el área de interés también denotan una columna de agua con una transparencia alta. Como se indicó anteriormente, la Tabla Nº 2 del anteproyecto de norma no considera la transparencia de la columna de agua. Sin embargo, la Tabla Nº 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 Bahía Chascos serían superiores al indicado por la futura norma.

Por otra parte, considerando la relación propuesta por Cognetti *et al.* (2001), es posible establecer que en la zona de E. San Pedro la capa eufótica se sitúa entre los 28,75 y 32,50 metros, por lo tanto, prácticamente en todas las estaciones toda la columna de agua correspondería a zona eufótica. Esto explicaría, entre otros factores, los altos valores de oxígeno disuelto presentes en la capa superior de cada estación de Bahía Chascos.

En tanto, en la **Tabla 3.2.1.2** se muestran los resultados de los parámetros **Alcalinidad y Grasas y Aceites** en el sector de Bahía Chascos, E. San Pedro. Como se puede

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	16
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

observar, los contenidos de **Alcalinidad** en el área de estudio fluctuaron entre 178 mgCaCO<sub>3</sub>/l (estación Control, superficie) y 194 mgCaCO<sub>3</sub>/l (estaciones 2 y 4 en superficie). Se cuenta con información de la Bahía de Penco, donde la alcalinidad osciló entre 128 y 142 mgCaCO<sub>3</sub>/l, valores inferiores a los obtenidos en esta campaña.

En cuanto a los contenidos de **Grasas y Aceites**, todos fueron menores al límite de detección del instrumental, por lo que la comparación con la futura norma de aguas marinas permite establecer que no existen evidencias de alteración de la columna de agua de Bahía Chascos por altos contenidos de estos compuestos.


**Tabla 3.2.1.2**

Resultados del análisis de Alcalinidad y Grasas y Aceites. Bahía Chascos, E. San Pedro. Agosto de 2008.

Estación	Prof. (m)	Alcalinidad (mgCaCO <sub>3</sub> /l)	Grasas y Aceites (mg/l)
1	Sup.	190	<0,05
	Fondo	187	<0,05
2	Sup.	203	<0,05
	Fondo	197	<0,05
3	Sup.	184	<0,05
	Fondo	184	<0,05
4	Sup.	203	<0,05
	Fondo	192	<0,05
5	Sup.	192	<0,05
	Fondo	185	<0,05
6	Sup.	180	<0,05
	Fondo	184	<0,05
7 (Control)	Sup.	178	<0,05
	Fondo	182	<0,05
<b>Referencias</b>		-	10,0 (2)

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



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	17
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


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

**Tabla 3.2.1.3**  
Resultados del análisis de Cloro Libre Residual, Nitrato y Nitrógeno Amoniacal. Bahía Chascos, E. San Pedro. Agosto de 2008.

Estación	Prof. (m)	Cloro Libre Residual (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Nitrógeno Amoniacal (mg/l)
1	Sup.	< 0,01	0,697	0,0276
	Fondo	< 0,01	0,703	0,0125
2	Sup.	< 0,01	0,710	0,0357
	Fondo	< 0,01	0,730	0,0268
3	Sup.	< 0,01	0,713	0,0286
	Fondo	< 0,01	0,552	0,0259
4	Sup.	< 0,01	0,742	0,0509
	Fondo	< 0,01	0,554	< 0,005
5	Sup.	< 0,01	0,716	0,0313
	Fondo	< 0,01	0,552	0,0205
6	Sup.	< 0,01	0,584	0,0250
	Fondo	< 0,01	0,540	0,0071
7 (Control)	Sup.	< 0,01	0,552	< 0,005
	Fondo	< 0,01	0,531	< 0,005
<b>Referencias</b>		<0,002 / 0,002-0,01(1)	-	<0,09 / 0,09-0,18 (1)

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

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


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	18
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En tanto, como se observa en la **Tabla 3.2.1.3**, las concentraciones de **Nitrato** en el sector Bahía Chascos fluctuaron entre 0,531 mg/l (estación Control, fondo) y 0,742 mg/l (estación 4, superficie), sin apreciarse diferencias de importancia entre los contenidos de nitrato frente a la zona de estudio y la estación control. Comparativamente los valores obtenidos en el área de estudio son superiores a los registrados, por ejemplo, en Isla Teuquelin (EcoTecnos, 2002): 0,29 y 0,45 mg/l; Isla Apiao (EcoTecnos, 2002): 0,27 y 0,55 mg/l; y Mejillones (EcoTecnos, 2006: 0,120 – 0,230 mg/l). Sin embargo, son inferiores a los observados 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 de Bahía Chascos 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 en Bahía Chascos estarían bajo este límite.

Respecto a los contenidos de **Nitrógeno Amoniacal**, en Bahía Chascos fluctuaron entre valores inferiores a 0,005 mg/l (estación 4 en fondo y estación control en fondo y superficie) y 0,0509 mg/l (estación 4, superficie). Como se observa en la **Tabla 3.2.1.3**, si bien en la estación control se registraron valores <0,005 mg/l, tanto en superficie como en el fondo, estos valores también se hallaron en algunas muestras de las restantes estaciones. Comparando los valores hallados con el anteproyecto de calidad de aguas marinas, es posible establecer que todas las estaciones analizadas se clasificarían como Clase 1, es decir, aguas de buena a excelente calidad para el amonio.

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

Los valores de **Sólidos Suspendedos** fluctuaron para Bahía Chascos entre 14,9 mg/l (estación 4, fondo) y 26,5 mg/l (estación 2, superficie y fondo). Si se considera la futura

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	19
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

norma de aguas marinas en estudio, el 71,4 % de las muestras se encontrarían dentro del rango de Clase 1, esto es, aguas de buena a excelente calidad para los sólidos suspendidos, mientras que el 28,6 % restante correspondería a aguas de buena calidad para los sólidos suspendidos (Clase 2).


**Tabla 3.2.1.4**

Resultados de los análisis de Sólidos Suspendidos y Sólidos Disueltos.  
Bahía Chascos, E. San Pedro. Agosto de 2008.

Estación	Prof. (m)	Sólidos Suspendidos (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)
1	Sup.	18,7	35.060
	Fondo	21,6	34.990
2	Sup.	26,5	35.980
	Fondo	26,5	34.965
3	Sup.	23,9	36.680
	Fondo	19,5	34.740
4	Sup.	26,2	34.420
	Fondo	14,9	34.830
5	Sup.	21,0	36.165
	Fondo	26,0	35.985
6	Sup.	16,1	36.295
	Fondo	23,3	35.585
7 (Control)	Sup.	23,7	36.215
	Fondo	18,7	34.610
<b>Referencias</b>		<25,0 / 25,0 – 80,0 (1)	-

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

En tanto, los valores de **Sólidos Disueltos** oscilaron entre 34.420 (estación 4, superficie) y 36.680 mg/l (estación 3, superficie). Como se indicó en párrafos anteriores, 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 para el sector de Bahía Chascos.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	20
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

**Tabla 3.2.1.5**


Resultados de los análisis de Níquel Disuelto (Ni), Plomo Disuelto (Pb) y Vanadio Disuelto (V). Bahía Chascos, E. San Pedro. Agosto de 2008.

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

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

La **Tabla 3.2.1.5** indica que los contenidos de **Níquel Disuelto** se hallaron todos bajo el límite de detección (<1,0 µg/l), clasificando todas las aguas muestreadas 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 en Bahía Chascos por níquel disuelto.

En cuanto a las concentraciones de **Vanadio Disuelto**, éstas se hallaron inferiores al límite de detección (<1,0 µg/l) en todas las muestras, de lo que se concluye que no existen evidencias de alteración por vanadio disuelto en las aguas de Bahía Chascos.


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	21
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Respecto a los análisis microbiológicos de las muestras, la **Tabla 3.2.1.6** muestra 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 de Ensenada San Pedro, sector Bahía Chascos.

**Tabla 3.2.1.6**  
Resultados de los análisis de Coliformes Fecales y Totales.  
Bahía Chascos, E. San Pedro. Agosto de 2008.

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

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	22
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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


**Tabla 3.2.1.7**

Resultados de los análisis efectuados a las muestras de agua de mar en playa.  
Bahía Chascos, E. San Pedro. Agosto de 2008.

Estación	Playa 1	Playa 2	Playa 3	Refer. (1)
Cloro Libre Residual (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	-
Nitrato (mg/l)	0,390	0,411	0,308	-
Nitrógeno Amoniacal (mg/l)	0,049	0,023	0,023	-
pH	7,8	7,8	7,8	<b>6,0 – 8,5</b>
Temperatura (°C)	13,692	13,721	13,632	-
Salinidad (psu)	34,54	34,53	34,53	-
Oxígeno Disuelto (mg/l)	6,5	6,6	6,7	<b>5,0 (2)</b>
Fenoles (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<b>0,05</b>
Grasas y Aceites (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	-
Sólidos Suspendidos (mg/l)	33,30	33,40	29,80	-
Sólidos Disueltos (mg/l)	35.615	35.115	35.015	-
Níquel Disuelto (µg/l)	<1,0	<1,0	<1,0	-
Plomo Disuelto (µg/l)	1,34	<1,0	1,78	<b>50,0</b>
Vanadio Disuelto (µg/l)	<1,0	<1,0	<1,0	-
HCT (µg/l)	0,930	0,920	1,010	<b>50,0</b>
HAP (µg/l)	0,016	0,016	0,018	<b>0,2</b>
HA (µg/l)	<5,0	<5,0	<5,0	<b>0,04</b>
Col. Fecales (NMP/100ml)	<2,0	<2,0	<2,0	<b>1.000</b>
Col. Totales (NMP/100ml)	<2,0	<2,0	<2,0	-

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

(2) NCh. 1333. Of. 78.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	23
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


De la **Tabla 3.2.1.7** se puede desprender que de los parámetros que se encuentran normados o considerados en la futura norma de aguas marinas, todos se hallarían en los rangos establecidos por la futura norma. Estos resultados coincidirían con lo registrado en la columna de agua adyacente. Respecto a las concentraciones de los demás parámetros no normados por la futura norma, a excepción de los **sólidos suspendidos**, todos se hallarían dentro de los rangos registrados en la columna de agua marina. Estos valores superiores de sólidos suspendidos en las muestras de playa no representarían alteración de estas muestras, sino más bien la resuspensión de sedimentos derivados del oleaje en la costa.

Lo anterior permite establecer que las aguas de playa del sector sur de E. San Pedro, Bahía Chascos, no presentan alteración de su constitución por compuestos o elementos contaminantes, de acuerdo a las referencias comparativas nacionales e internacionales con que se cuenta.

- ***Perfiles de Temperatura y Salinidad: Mediciones con CTD en el Sector de Ensenada San Pedro***

Se efectuaron mediciones de temperatura y salinidad a través de un CTD (Conductivity, Temperatura, Depth) en el sector de E. San Pedro, Bahía Chascos, con el mismo instrumental y metodología señalada anteriormente. Los resultados con los registros de superficie, fondo y las diferencias entre ambos estratos se resumen en la **Tabla 3.2.1.8**. En tanto, en las **Figuras 3.2.1.1** y **3.2.1.2** se entregan los perfiles de temperatura y salinidad de todas las estaciones, respectivamente. Los datos detallados de las mediciones se indican en el **ANEXO IV**.

Los resultados de la **Tabla 3.2.1.8** muestran que los registros de **Temperatura** fluctuaron en forma superficial entre los 13,692° C (estación 1) y 13,922° C (estación 2). Se distinguen escasas diferencias entre las temperaturas observadas en la zona adyacente al proyecto y la zona control. En tanto, en todas las estaciones los valores en superficie


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	24
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

fueron mayores a aquellos registrados a mayor profundidad, debido a que en la capa superficial el calor se “concentra” por la irradiación solar para luego transmitirse en profundidad a causa de la mezcla producida por los vientos.

Desde el punto de vista comparativo, los registros de temperatura se corresponden a aquellos informados por el SHOA (1996), quienes citan temperaturas superficiales para agosto de 16,0° C y por la información *on line* de la misma institución (CENDHOC, [http://www.shoa.cl/cendhoc\\_php/index.htm](http://www.shoa.cl/cendhoc_php/index.htm)), que indica para Caldera temperaturas extremas de 13,5 y 15,8° C y un promedio de 14,2° C. Esta información permite desprender que los registros obtenidos en esta campaña de invierno en Bahía Chascos en superficie, se encuentran acordes a la estación del año, y estarían dentro del rango requerido por la futura norma de aguas marinas, la cual indica que la variación no debe ser mayor a 2° C (temperatura promedio estacional  $\pm 2^{\circ}$  C, Clase 1).


En tanto, los registros de temperatura muestran escasa variación de este parámetro con el aumento de la profundidad (termoclina), siendo la máxima observada de  $\Delta T = 0,399^{\circ} C$  en la estación control. Se puede observar que las temperaturas se mantienen relativamente estables a lo largo de la columna de agua, incluso bajo profundidades mayores a 10 metros. Esta condición, con una muy débil termoclina y, por tanto, una capa de mezcla escasamente delimitada, permite que en esta época del año frente al vertimiento de cualquier sustancia en superficie en el futuro en Bahía Chascos, ésta se diluya en los primeros metros, facilitando su dilución y posible volatilización.



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	25
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Respecto a la **Salinidad**, la **Tabla 3.2.1.8** muestra que los valores extremos oscilaron entre 34,42 y 34,53 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  $\Delta S = 0,10$  psu.

Desde el punto de vista comparativo, los registros superficiales de salinidad de E. San Pedro, Bahía Chascos, se corresponden a aquellos informados por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA, 1996), quienes citan salinidades superficiales para julio del orden de 34,6 psu. Esto indicaría ausencia de aportes de sustancias exógenas en Ensenada San Pedro que pudiesen estar modificando la salinidad de las aguas.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	26
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 3.2.1.8**

Valores máximos, mínimos y diferencias entre superficie y fondo de los datos de temperatura y salinidad medidos con CTD. Bahía Chascos, E. San Pedro.  
Agosto de 2008.

<b>Estación 1</b>	<b>Salinidad (psu)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>
Superficie	34,53	13,692
Fondo	34,52	13,564
Diferencia ( $\Delta x$ )	<b>0,01</b>	<b>0,128</b>

<b>Estación 2</b>	<b>Salinidad (psu)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>
Superficie	34,53	13,922
Fondo	34,50	13,576
Diferencia ( $\Delta x$ )	<b>0,03</b>	<b>0,346</b>

<b>Estación 3</b>	<b>Salinidad (psu)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>
Superficie	34,50	13,776
Fondo	34,51	13,570
Diferencia ( $\Delta x$ )	<b>0,01</b>	<b>0,206</b>

<b>Estación 4</b>	<b>Salinidad (psu)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>
Superficie	34,52	13,736
Fondo	34,52	13,538
Diferencia ( $\Delta x$ )	<b>0,00</b>	<b>0,198</b>

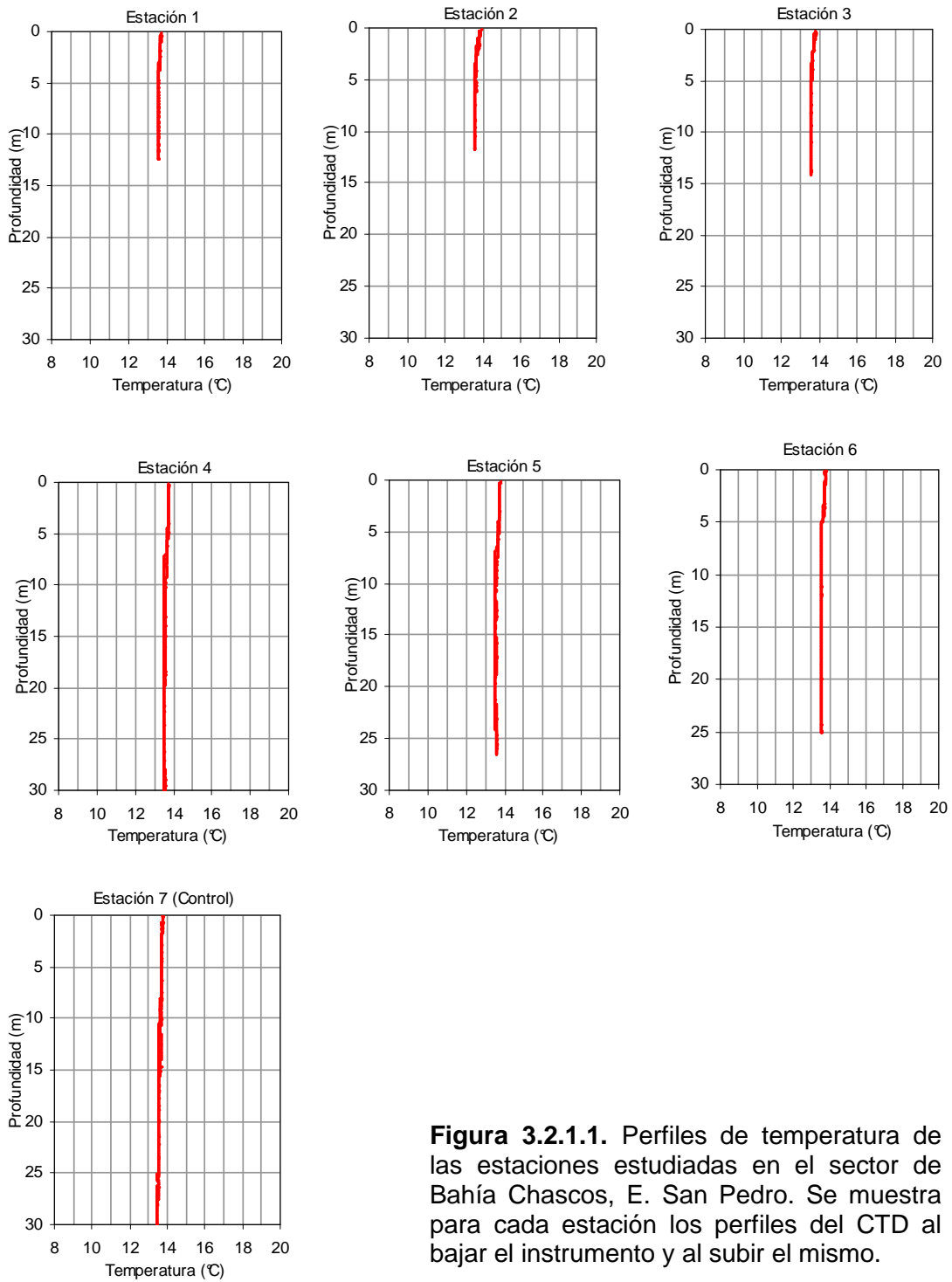
<b>Estación 5</b>	<b>Salinidad (psu)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>
Superficie	34,51	13,775
Fondo	34,53	13,546
Diferencia ( $\Delta x$ )	<b>0,02</b>	<b>0,229</b>

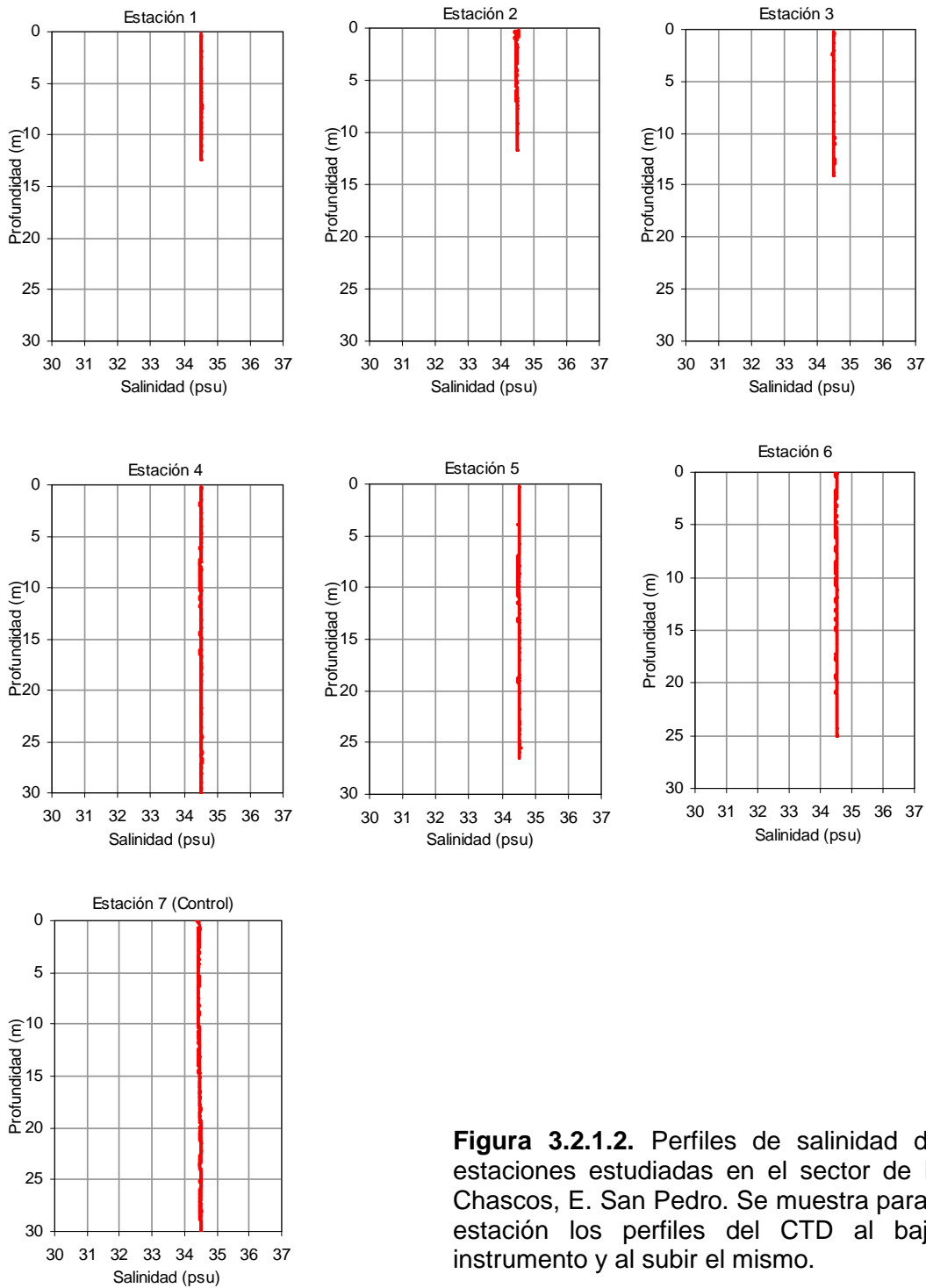
<b>Estación 6</b>	<b>Salinidad (psu)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>
Superficie	34,48	13,790
Fondo	34,51	13,559
Diferencia ( $\Delta x$ )	<b>0,03</b>	<b>0,231</b>


<b>Estación 7 (Control)</b>	<b>Salinidad (psu)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>
Superficie	34,42	13,743
Fondo	34,52	13,344
Diferencia ( $\Delta x$ )	<b>0,10</b>	<b>0,399</b>



**Figura 3.2.1.1.** Perfiles de temperatura de las estaciones estudiadas en el sector de Bahía Chascos, E. San Pedro. Se muestra para cada estación los perfiles del CTD al bajar el instrumento y al subir el mismo.



**Figura 3.2.1.2.** Perfiles de salinidad de las estaciones estudiadas en el sector de Bahía Chascos, E. San Pedro. Se muestra para cada estación los perfiles del CTD al bajar el instrumento y al subir el mismo.


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	29
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

### 3.3 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA

En esta campaña de invierno, los resultados obtenidos en la columna de agua de los alrededores de Ensenada San Pedro, sector Bahía Chascos, permiten desprender, por una parte, que los valores de **temperatura** se encuentran acordes al área (latitud) de estudio y a la época del año y son similares a los señalados por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA). No se aprecian importantes cambios en profundidad de los registros de temperatura (termoclinas). Esto generaría una escasa capa de mezcla superficial, que permitiría la dispersión de cualquier sustancia vertida al medio marino. Los datos de **salinidad** muestran escasa variación en la columna de agua, con datos similares a los obtenidos por el SHOA en áreas cercanas a las del estudio. Asimismo, la **transparencia** medida con disco Secchi mostró valores altos, estableciendo que toda la columna de agua corresponde a capa eufótica, lo cual coincide con los registros de **oxígeno disuelto**, que muestran una columna de agua bien oxigenada. Esto se refleja en los niveles basales de **sólidos suspendidos** medidos, los que clasifican a las aguas de buena calidad (para este parámetro), de acuerdo a la futura norma de aguas marinas en ambos sectores estudiados. Asimismo, los resultados indican que las aguas analizadas no presentan signos de alteración de la acidez (medida a través de los registros de **pH**), ni por **nitrito** o **nitrógeno amoniacal** y muestran ausencia de **grasas y aceites** y **cloro residual**, parámetros hallados bajo el límite de detección.

En el caso de los contenidos de **metales pesados**, todos se hallarían en el rango de buena a excelente calidad. 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 para los coliformes (fecales y totales).

Respecto a las muestras de playa, los resultados indican que, de los parámetros que se encuentran normados o considerados en la futura norma de aguas marinas, todos se hallan dentro de lo indicado por la futura norma en el sector de E. San Pedro. Esta condición coincidiría con lo hallado en la columna de agua marina. De los parámetros no

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	30
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

normados, sólo los contenidos de sólidos suspendidos presentarían valores más elevados que los de la columna de agua en el sector de E. San Pedro. Esto respondería más bien al aporte de sólidos por resuspensión turbulenta producto del oleaje y corrientes en la orilla de playa. El resto de parámetros se hallaría dentro de los rangos obtenidos en la columna de agua y no representarían alteración de las aguas de la orilla de playa.

En conclusión, el estudio de la columna de agua marina y de las muestras de playa del litoral adyacente al futuro proyecto y a la zona control, indica claramente que en la actualidad esta matriz no se encuentra alterada en esta campaña de invierno.

### 3.4 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA


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

**Cognetti, G.; Sarà, M. & G. Magazzù**. 2001. Biología Marina. 1<sup>ra</sup> 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.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	31
		Fecha de emisión: 27/10/2008	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.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	32
		Fecha de emisión: 27/10/2008	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.



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	33
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

#### **4. ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE SEDIMENTOS SUBMAREALES**


##### **4.1 ANÁLISIS FÍSICO**

###### **4.1.1 Metodología de Muestreo y Análisis**

El día 01 de agosto de 2008 se llevó a cabo el muestreo de sedimentos marinos submareales en el sector de **E. San Pedro, Bahía Chascos**. Las tomas de muestras se desarrollaron en forma paralela al de comunidades macrobentónicas submareales de fondos blandos, tomando un total de 7 muestras con sus respectivas réplicas (**Figuras 2.1**). 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, manteniendo aquellas muestreadas en la campaña de verano. Además, se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en el análisis de las comunidades macrobentónicas (capítulo 6.1) y lo indicado por la “*Guía Metodológica*” confeccionada por la Autoridad Marítima.

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

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


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	34
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

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

#### **4.1.2 Resultados del Análisis Físico**

El resultado de las gráficas para el sector de Ensenada San Pedro, Bahía Chascos, puede observarse en las **Figuras 4.1.2.1 a 4.1.2.7 a,b**. Los tamaños medianos de las partículas sedimentarias y la profundidad de las estaciones se resumen en la **Tabla 4.1.2.1**. De las figuras y tabla mencionada se puede desprender claramente que los fondos predominantes en los alrededores de Ensenada San Pedro son los tipo *gránulo* (2 – 4 mm;  $-1\phi$ ) para las estaciones 1 a 6 y tipo *arena muy gruesa* (1 - 2 mm;  $0\phi$ ) para la estación 7 (Control). Se aprecia que no existe una relación entre la profundidad de las estaciones y el tipo sedimentario predominante.


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	35
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 4.1.2.1**

Tipos sedimentarios medianos promedios de las estaciones estudiadas.  
Sector Ensenada San Pedro, Bahía Chascos. Agosto de 2008.

Estaciones	Profundidad (m)	Tipo Sedimentario Mediano
1	12	Gránulo
2	12	Gránulo
3	14	Gránulo
4	33	Gránulo
5	26	Gránulo
6	25	Gránulo
7 (Control)	34	Arena Muy Gruesa

En tanto, los resultados de la **Tabla 4.1.2.2** muestran los diferentes estadígrafos calculados en los sedimentos de los alrededores de E. San Pedro, Bahía Chascos. Como se observa en esta tabla, los tamaños promedios de los sedimentos de cada estación coinciden con los tipos sedimentarios medianos, visualizándose sedimentos promedios que van desde *arena muy gruesa* a *gránulo*. Estos resultados coinciden con los gráficos de granulometrías en porcentaje acumulativo de las fracciones (**Figuras 4.1.2.1 a 4.1.2.7a**). En tanto, de acuerdo a la clasificación de Inmann (1952), los resultados de la Desviación Estándar Inclusiva ( $\sigma_1$ ) denotan estaciones con sedimentos que van de *Poco Clasificados* a *Moderadamente Clasificados*. Estos resultados son coherentes con el tamaño promedio de ellos en cada estación e indicarían que los sedimentos de las estaciones estudiadas han sido transportados por agentes selectivos (olas, corrientes, vientos).

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	36
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

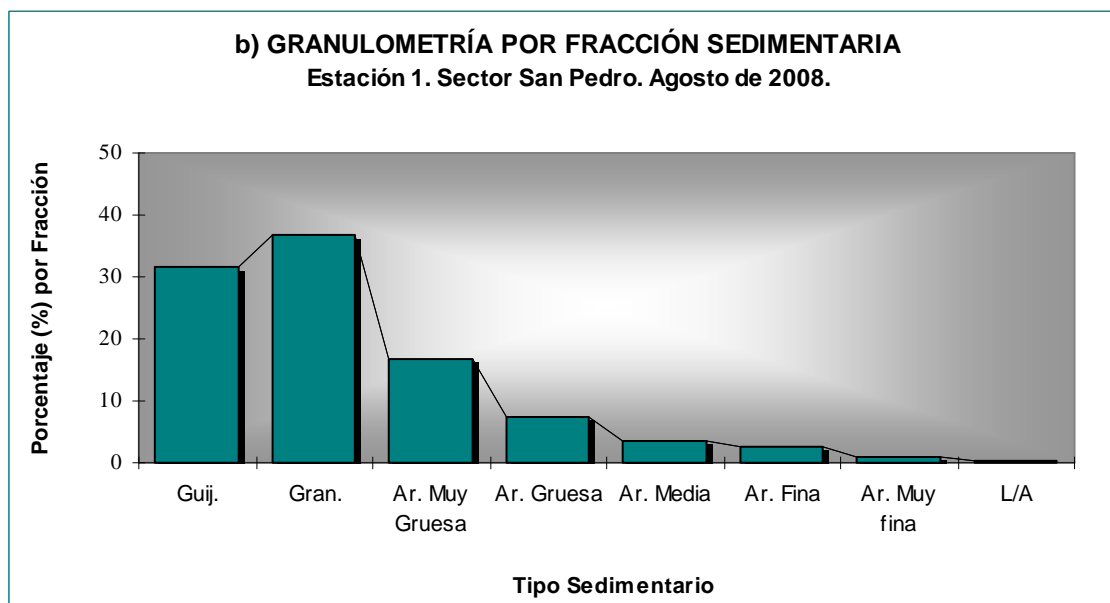
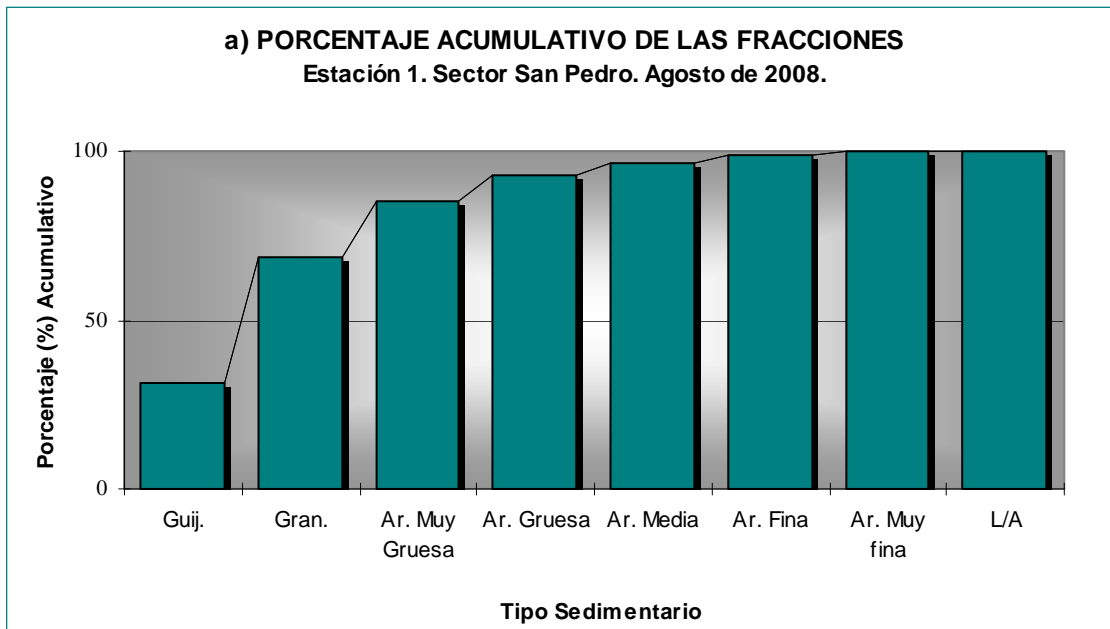
**Tabla 4.1.2.2**

Resultados de los diferentes estadígrafos calculados en los sedimentos de las estaciones estudiadas. Sector Ensenada San Pedro, Bahía Chascos. Agosto de 2008.

EST.	Tamaño Promedio (M2) $\mu\text{m}$	Desviación Estándar Inclusiva ( $\sigma_1$ )	Asimetría (SK1)	Curtosis (Kg)
1	2320	1,106	-0,427	0,844
2	2578	0,896	-0,517	2,271
3	2876	0,906	-0,612	2,387
4	2934	0,993	-0,508	2,070
5	3219	0,670	-0,459	2,124
6	2856	1,013	-0,539	1,894
7	1236	1,048	-0,317	0,723

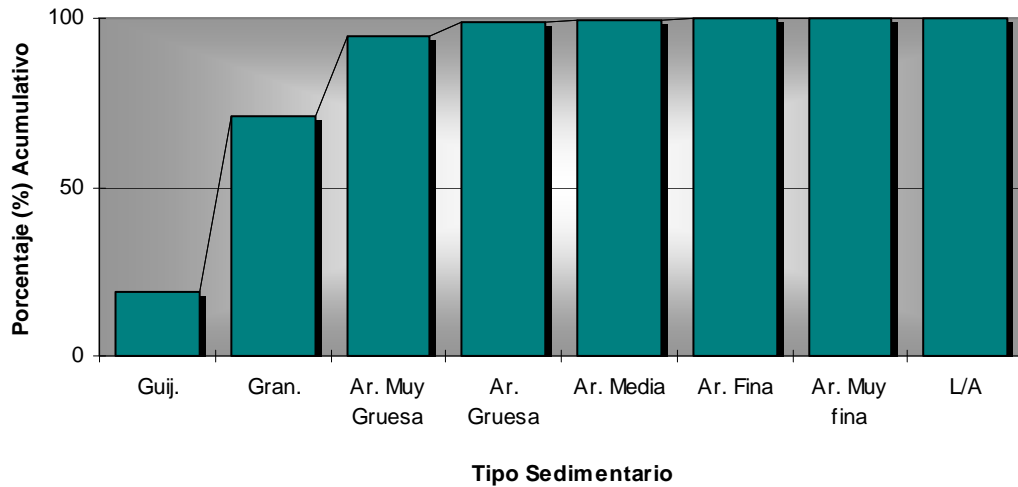
Por su parte, los resultados de la Asimetría (SK1) permiten clasificar descriptiva y cualitativamente todas las estaciones como con *Alto Exceso de Gruesos*. Estos resultados coincidirían con los gráficos de la granulometría por fracción sedimentaria (**Figuras 4.1.2.1b a 4.1.2.7b**). En tanto, la escala cualitativa para la Curtosis (Kg) permite clasificar a las estaciones 2, 3, 4, 5 y 6 en la jerarquía de *Muy Leptocúrticas*; la estación 1 estaría en el rango de *Platicúrticas*, mientras que la estación 7 (Control) se clasificaría como *Mesocúrtica*.

Estos resultados en su conjunto permiten concluir que el sector estudiado presenta sedimentos dominados por el tipo gránulo, los que probablemente han sido transportados por agentes selectivos (olas, corrientes, vientos), siendo de importancia el efecto de las corrientes y las olas, las que por su magnitud no permitirían el asentamiento de fracciones de pequeño tamaño en los fondos marinos locales.

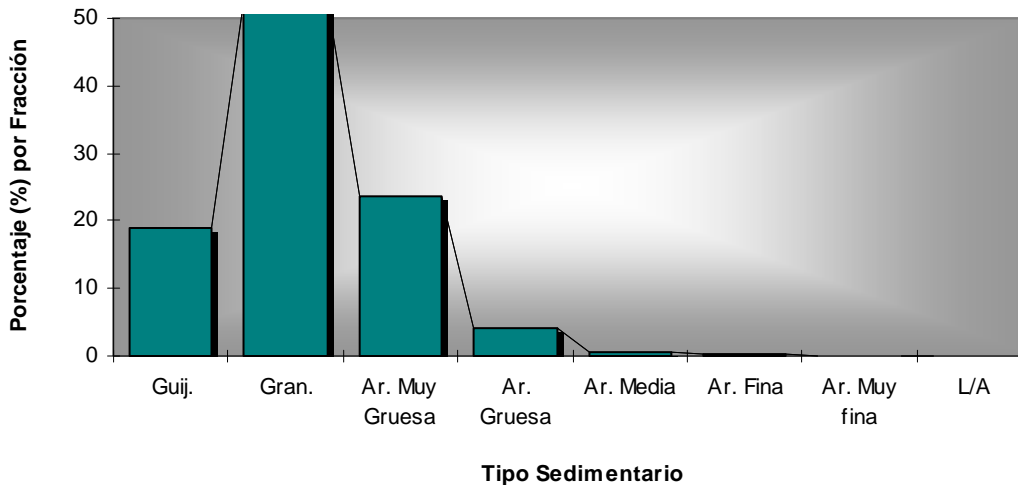


**Figura 4.1.2.1.** Análisis granulométrico de la estación 1. Sector Ensenada San Pedro, Bahía Chascos. a) Porcentaje acumulativo de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

**a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES**  
Estación 2. Sector San Pedro. Agosto de 2008.

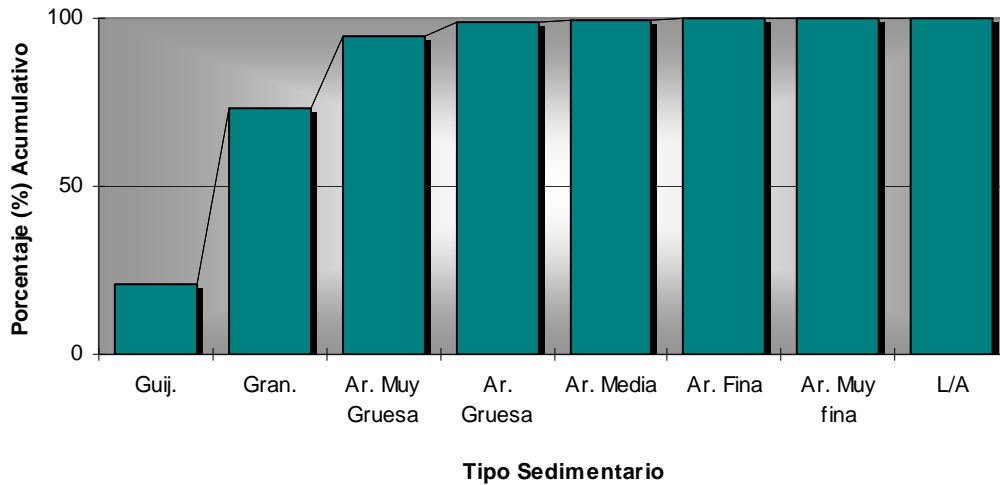


**b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA**  
Estación 2. Sector San Pedro. Agosto de 2008.

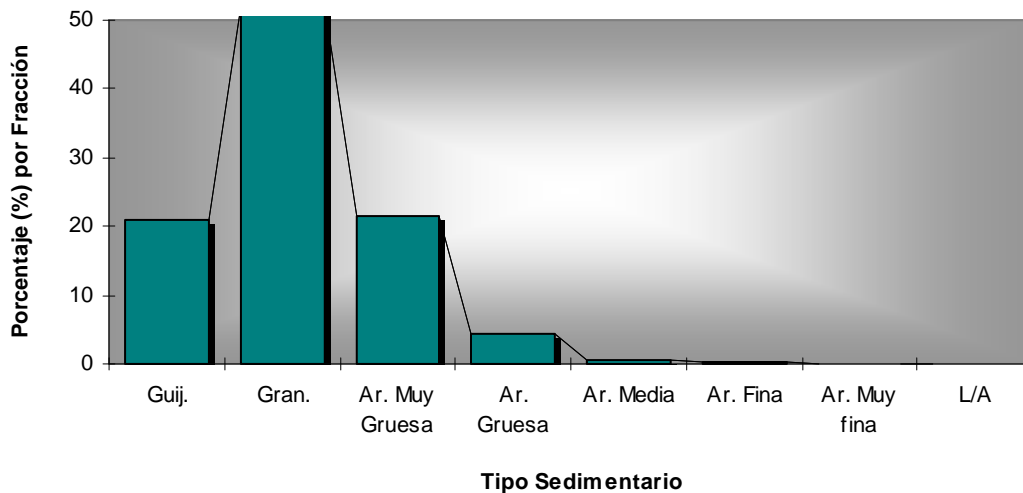


**Figura 4.1.2.2.** Análisis granulométrico de la estación 2. Sector Ensenada San Pedro, Bahía Chascos. a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

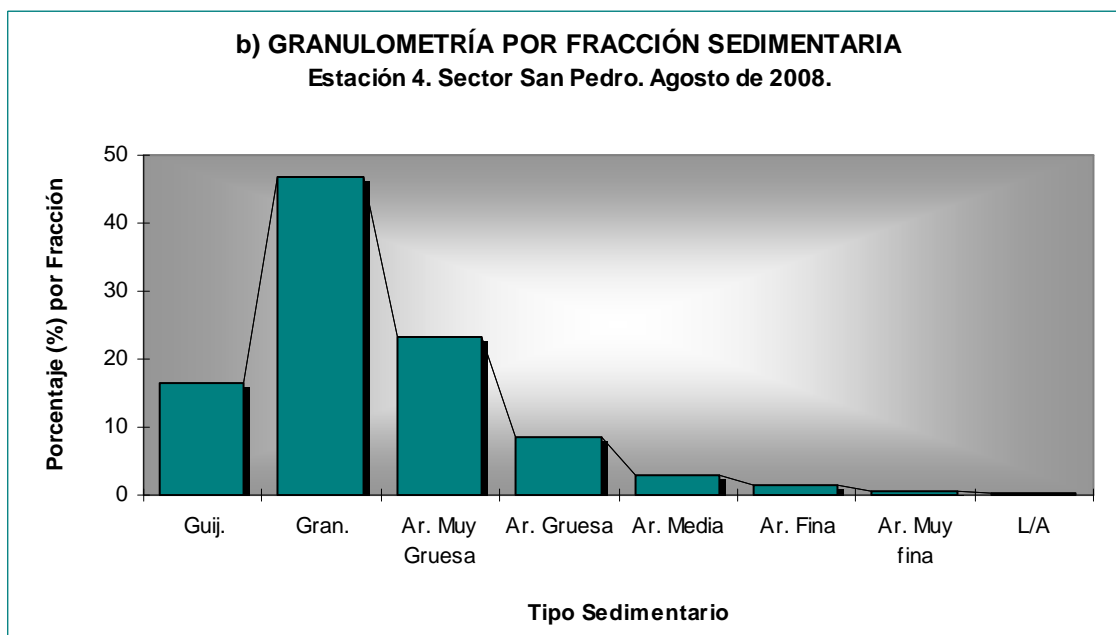
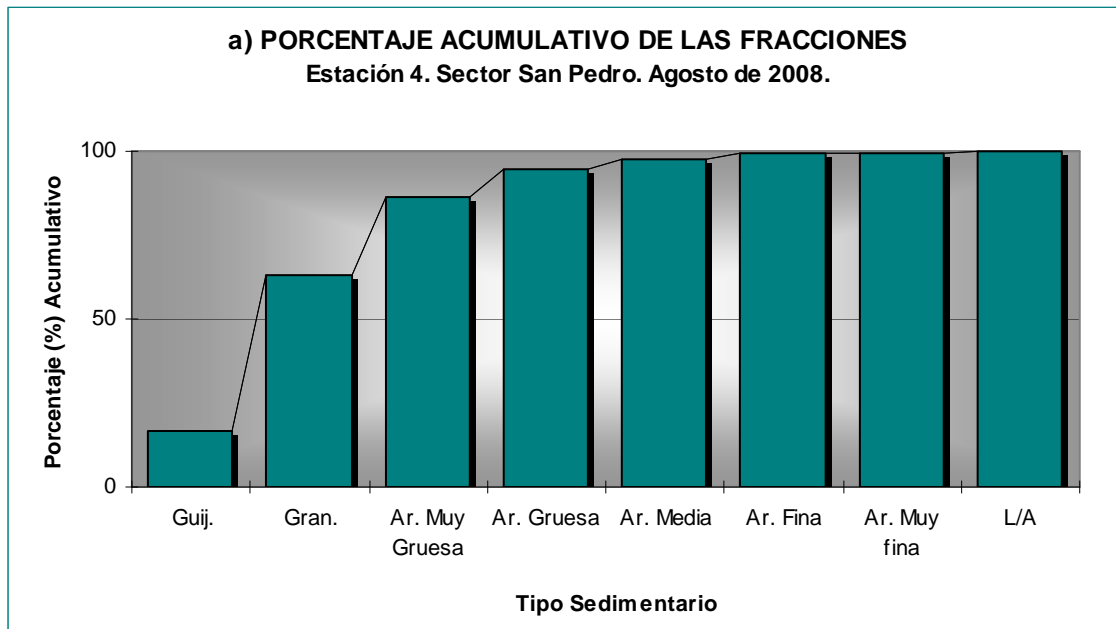
**a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES**  
Estación 3. Sector San Pedro. Agosto de 2008.



**b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA**  
Estación 3. Sector San Pedro. Agosto de 2008.



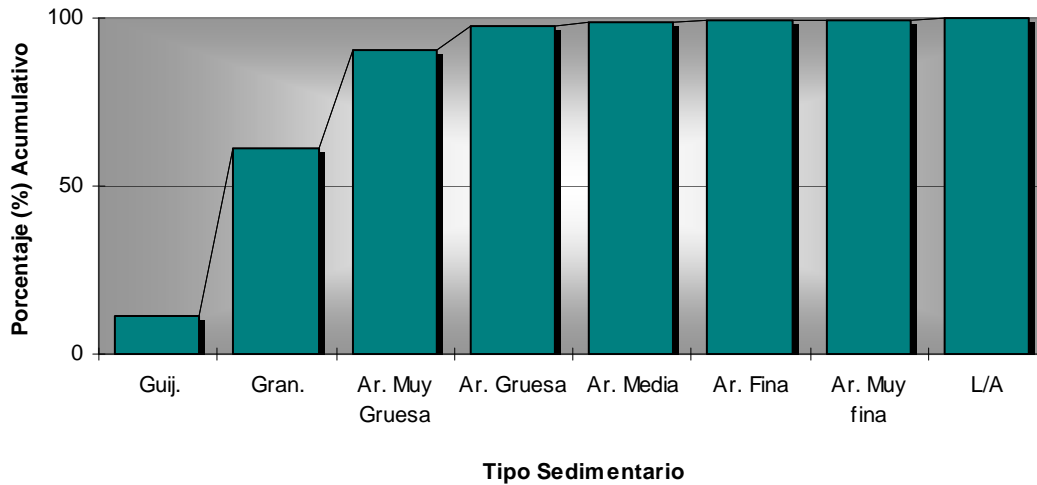
**Figura 4.1.2.3.** Análisis granulométrico de la estación 3. Sector Ensenada San Pedro, Bahía Chascos. a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.



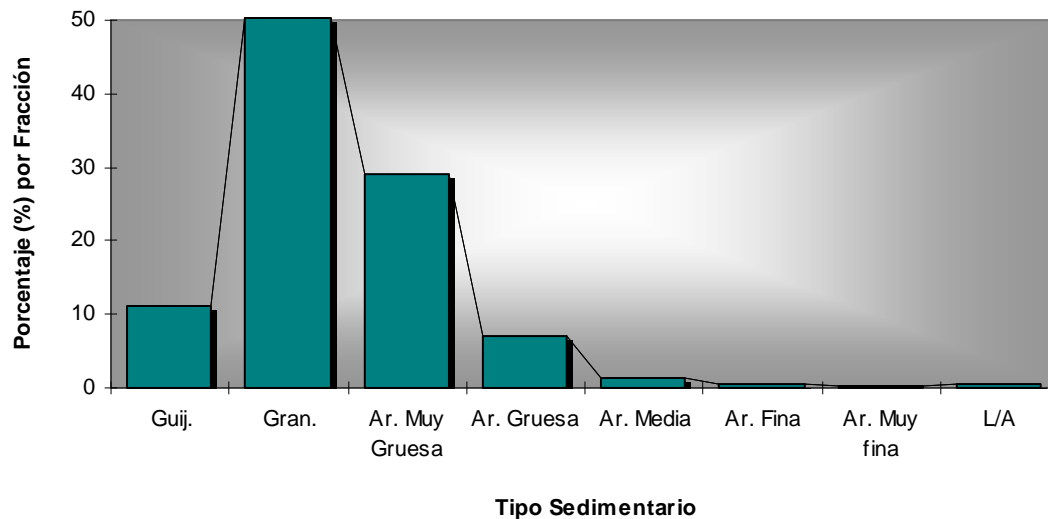
**Figura 4.1.2.4.** Análisis granulométrico de la estación 4. Sector Ensenada San Pedro, Bahía Chascos. a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.



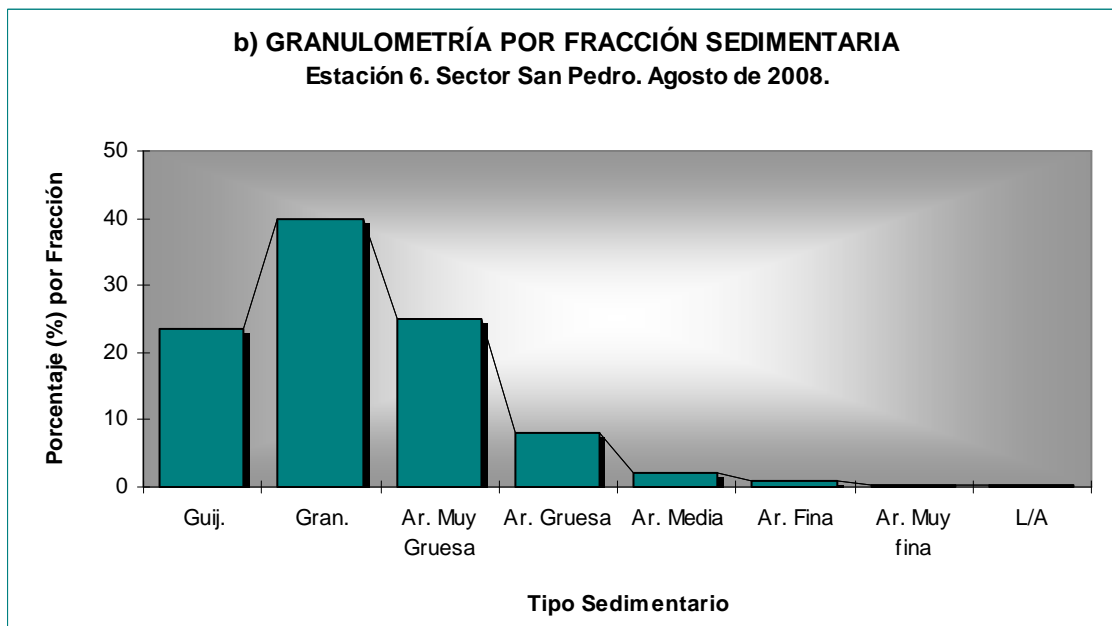
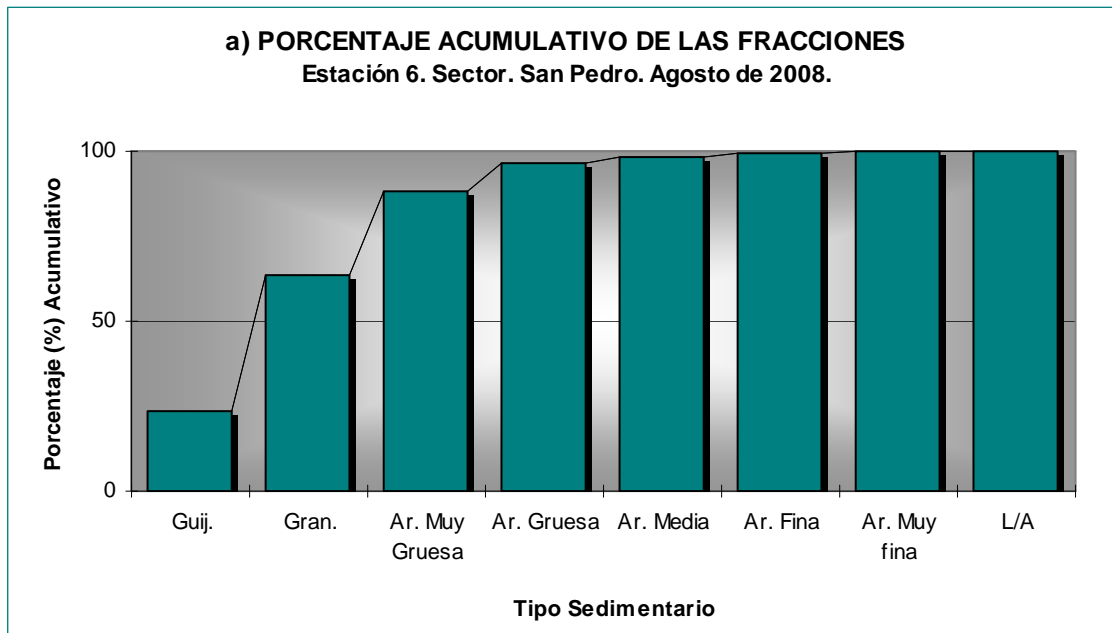
**a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES**  
Estación 5. Sector San Pedro. Agosto de 2008.



**b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA**  
Estación 5. Sector San Pedro. Agosto de 2008.

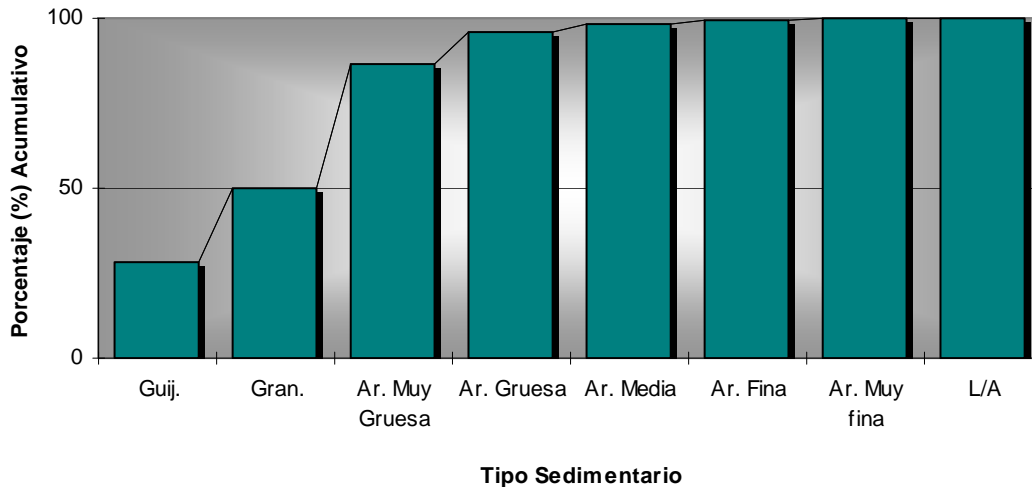


**Figura 4.1.2.5.** Análisis granulométrico de la estación 5. Sector Ensenada San Pedro, Bahía Chascos. a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

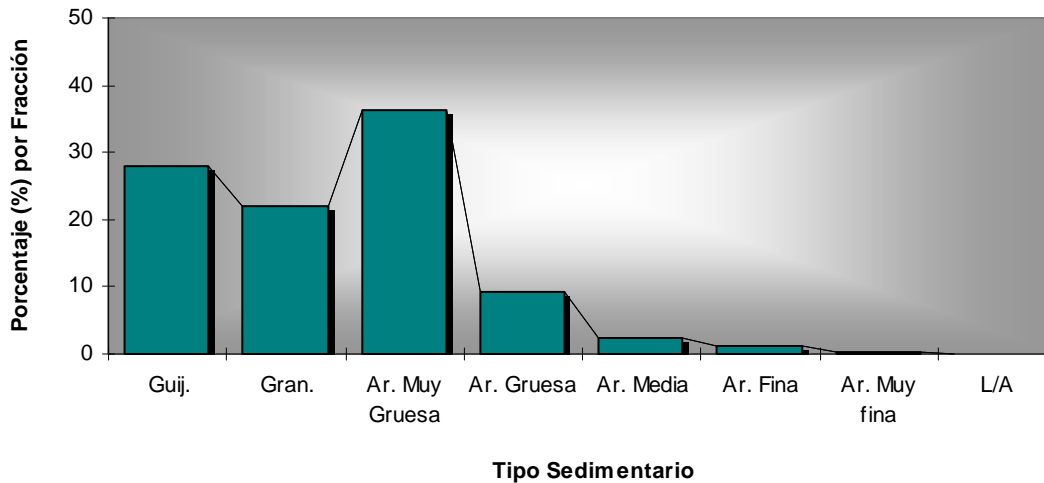


**Figura 4.1.2.6.** Análisis granulométrico de la estación 6. Sector Ensenada San Pedro, Bahía Chascos. a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.


**a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES**  
Estación 7. Sector San Pedro. Agosto de 2008.



**b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA**  
Estación 7. Sector San Pedro. Agosto de 2008.



**Figura 4.1.2.7.** Análisis granulométrico de la estación 7 (Control). Sector Ensenada San Pedro, Bahía Chascos. a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	44
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 4.2 ANÁLISIS QUÍMICO

### 4.2.1 Metodología de Muestreo y Análisis

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


**Tabla 4.2.1.1**

Parámetros y metodologías de análisis químico utilizadas en el estudio de sedimentos. Ensenada San Pedro, Bahía Chascos. Agosto de 2008.

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

(\*) EAA: Espectrometría de Absorción Atómica

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


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	45
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

#### 4.2.2 Resultados del Análisis Físico

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

En la **Tabla 4.2.2.1** se detallan las concentraciones de ***Materia Orgánica Total*** (MOT) de los sedimentos analizados en E. San Pedro, sector Bahía Chascos. Éstos oscilaron entre 0,72 (estación 7, control) y 2,18% (estación 4). Estos porcentajes de MOT se encuentran dentro de un rango medio/bajo, como se puede desprender al comparar estos datos con las referencias de la **Tabla 4.2.2.1**. Claramente los valores de MOT de E. San Pedro son muy inferiores a 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.

En tanto, si se consideran los tipos sedimentario mediano predominantes en cada estación (características granulométricas) y su correspondiente contenido de MOT, no se aprecia una relación importante entre ambas variables, toda vez que en todas las estaciones predominó el sedimento tipo gránulo, con arenas muy gruesas. Sin embargo, los relativamente bajos

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	46
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

niveles de MOT en el área de E. San Pedro se explicarían principalmente como consecuencia del dominio de sedimento grueso en el área, el cual al poseer una menor relación superficie / volumen, puede adsorber en su superficie una menor proporción de MOT.

**Tabla 4.2.2.1**

Concentraciones de Materia Orgánica Total (MOT) en porcentaje (%) encontradas en el presente estudio E. San Pedro, Bahía Chascos. Agosto de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	MOT (%)
1	1,79
2	1,76
3	1,96
4	2,18
5	1,57
6	1,45
7 (Control)	0,72
<b>PROMEDIO</b>	<b>1,63</b>

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

(1) Transredes S.A. (1998)

(4) Carrasco & Carbajal (1995)

(6) Alisan – Salpack (1999)

(9) Silob Chile (2001)

(2) Ahumada (1992)

(5) Chiang (1989)

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


(10) Silob Chile (2002a)

(3) Ahumada (1994)

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

(8) Cultivos Yadrán S.A. (2001)


(11) Silob Chile (2002b)

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	47
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En general, es posible indicar que las concentraciones de MOT en la zona de E. San Pedro, Bahía Chascos, se encuentran en un rango medio/bajo, lejos de valores de zonas altamente contaminadas por materia orgánica (como la Bahía de San Vicente), lo que evidencia ausencia de aportes externos de materia orgánica a los sedimentos, lo cual se relacionaría básicamente con el tipo de sedimento predominante. *En síntesis, las concentraciones de MOT de las estaciones estudiadas en las inmediaciones de E. San Pedro, sector Bahía Chascos, indican ausencia de contaminación orgánica de los sedimentos.*

En tanto, en la **Tabla 4.2.2.2** se visualizan los contenidos de **Cadmio** en los sedimentos del área de estudio.

En ésta se observa que los valores oscilaron entre 4,38 mg/kg (estación 6) y 4,89 mg/kg (estación 1), es decir, su distribución en los sedimentos es altamente homogénea. Comparativamente, las referencias de la **Tabla 4.2.2.2** permiten concluir que los valores registrados en este estudio son superiores a la mayor parte de los encontrados en el litoral nacional. Ahora bien, respecto a lo indicado en la normativa internacional, se observa que todos los valores hallados en este estudio son superiores al valor de efecto ligero (0,6 mg/kg) indicado por Canadá (Comunidad de Ontario); pero se hallan muy por debajo del valor de efecto severo (10,0 mg/kg) indicado en la misma norma internacional, así como también se encuentra muy por bajo la concentración límite máxima impuesta por la EPA (31,0 mg/kg). Con estos antecedentes es posible aseverar que el *nivel base de cadmio de los sedimentos estudiados en el sector de E. San Pedro, Bahía Chascos, es bajo y no evidencia alteración de los sedimentos por este metal pesado.*

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	48
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 4.2.2.2**

Concentraciones de Cadmio (Cd, mg/kg) encontradas en el presente estudio. E. San Pedro, Bahía Chascos. Agosto de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	CADMIO (mg/kg)
1	4,89
2	4,50
3	4,72
4	4,71
5	4,81
6	4,38
7 (Control)	4,51
<b>PROMEDIO</b>	<b>4,65</b>

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

(1) Transredes S.A. (1998)

(2) Chiang (1989)

(3) EcoTecnos Ltda. (2004)

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

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

(6) Ahumada (1992)


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

(8) Zarba (1989)

(9) Ministry of Environment (1993)

Por su parte, los valores de **Cromo** de los sedimentos de E. San Pedro (**Tabla 4.2.2.3**), indican una fluctuación en el área de estudio de entre 3,45 mg/kg (estación 7, control) y 22,8 mg/kg (estación 4). Desde el punto de vista de la distribución de estos contenidos de cromo, se aprecia que las más bajas concentraciones se hallan al norte de E. San Pedro, alejadas de la costa.



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	49
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Bajo el punto de vista comparativo, la **Tabla 4.2.2.3** muestra que todas las concentraciones registradas tanto a nivel nacional como internacional son superiores a las aquí mencionadas. Asimismo, considerando la normativa de la Comunidad de Ontario, es posible aseverar que los *sedimentos de los alrededores de E. San Pedro, Bahía Chascos, no presentan alteración por cromo.*

**Tabla 4.2.2.3**

Concentraciones de Cromo (Cr, mg/kg) encontradas en el presente estudio. E. San Pedro, Bahía Chascos. Agosto de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	CROMO (mg/kg)
1	14,6
2	13,0
3	13,0
4	22,8
5	18,2
6	4,13
7 (Control)	3,45
<b>PROMEDIO</b>	<b>12,74</b>


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

(2) Ahumada (1998)  
(5) Hubbard & Bellmer (1989)

(3) Chester & Stoner (1975)  
(6) Ministry of Environment (1993)

Respecto a los contenidos de **Mercurio** en los sedimentos submareales de E. San Pedro, la **Tabla 4.2.2.4** muestra que éstos oscilaron entre 0,224 (estación1) y 0,525 mg/kg (estación 4). No se aprecia una clara distribución de los valores de mercurio en el área,

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	50
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

registrando la estación Control un valor cercano al hallado en la estación 1 de la zona del proyecto.

En tanto, comparativamente los valores registrados en el área de estudio se encuentran en los rangos de algunas de las referencias a nivel nacional. A nivel internacional, si bien todas las estaciones presentan valores superiores al Nivel de Efecto Ligero de la norma canadiense, todas las estaciones presentan valores inferiores al Nivel de Efecto Severo de la norma canadiense y a lo establecido por la EPA. De lo anterior es posible concluir que *no existe alteración de los sedimentos submareales analizados en las inmediaciones de E. San Pedro, Bahía Chascos, por altos contenidos de mercurio.*

**Tabla 4.2.2.4**

Concentraciones de Mercurio (Hg, mg/kg) encontradas en el presente estudio. E. San Pedro, Bahía Chascos. Agosto de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	MERCURIO (mg/kg)
1	0,224
2	0,505
3	0,469
4	0,525
5	0,343
6	0,371
7 (Control)	0,279
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,388</b>

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)

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	51
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Por su parte, en la **Tabla 4.2.2.5** se detallan las concentraciones de **Níquel** de los sedimentos analizados en E. San Pedro, Bahía Chascos. Los valores de este metal pesado oscilaron entre 17,19 mg/kg (estación 3) y 26,02 mg/kg (estación 1).

**Tabla 4.2.2.5**

Concentraciones de Níquel (Ni, mg/kg) encontradas en el presente estudio. E. San Pedro, Bahía Chascos. Agosto de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.


ESTACIÓN	NÍQUEL(mg/kg)
1	26,02
2	18,12
3	17,19
4	17,63
5	18,40
6	17,90
7 (Control)	17,70
<b>PROMEDIO</b>	<b>18,99</b>

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)

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	52
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Si los resultados obtenidos se comparan con las referencias citadas, es posible apreciar que la mayoría de los valores son inferiores a los determinados en otras localidades nacionales y a los diferentes estudios internacionales citados. En tanto, respecto a la normativa propuesta por la Agencia Medioambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA), todas las estaciones arrojan valores por debajo lo estipulado, a excepción de lo registrado en la estación 1, concentración que supera los 20 mg/Kg que indica la normativa estadounidense. Sin embargo se encuentra muy por debajo lo informado por Alam & Sadiq (1993) para sedimentos no impactados de Antártica. Lo anterior permite concluir que, en general, los *sedimentos del área estudiada en los alrededores de E. San Pedro, sector Bahía Chascos, no se encuentran alterados por el metal pesado níquel.*

Por su parte, en la **Tabla 4.2.2.6** se visualizan los contenidos de **Plomo** en las estaciones de E. San Pedro. El menor valor de plomo se registró en la estación 1 (30,5 mg/kg), mientras que el mayor se halló en la estación Control (50,1 mg/kg).

Si se consideran las referencias de la **Tabla 4.2.2.6**, es posible aseverar que los contenidos de plomo de las estaciones estudiadas se encuentran en un rango medio, donde la mayoría se encuentra por sobre lo hallado en los distintos estudios en el litoral nacional. 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) y los de la oficina para la administración nacional del océano y la atmósfera norteamericana (NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, Long & Morgan, 1991), donde en ambos casos se observa que aproximadamente el 70% de las muestras se Clasifican como *Moderadamente Contaminadas*. En tanto para los estándares de calidad de sedimentos marinos del estado de Washington (WADOE, 1991), el 100% de las muestras obtenidas en el presente estudio se encuentran muy por debajo de lo estipulado como contaminado (**Tabla 4.2.2.7**). Por lo tanto, utilizando las normas mundialmente aceptadas, *es posible aseverar que los niveles de plomo de los sedimentos*

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	53
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

estudiados en los alrededores de E. San Pedro, Bahía Chascos, se encontrarían en rangos de No Contaminados a Moderadamente Contaminados.

**Tabla 4.2.2.6**

Concentraciones de Plomo (Pb, mg/kg) encontradas en el presente estudio. E. San Pedro, Bahía Chascos. Agosto de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	PLOMO (mg/kg)
1	30,5
2	45,9
3	48,6
4	47,9
5	48,0
6	33,2
7 (Control)	50,1
<b>PROMEDIO</b>	<b>43,46</b>

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

(1) EMPORCHI (1996)

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

(7) Ocean Horizons (2001)

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

(2) Ahumada (1995)

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


(8) Tesam Hartley (1994)

(11) Cultivos Yadrán S.A. (2001)

(3) Chiang (1989)

(6) Salmones Antártica S.A. (2000)

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	54
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 4.2.2.7**

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

<b>Valoración Conceptual</b>	<b>(A)</b>	<b>(B)</b>	<b>(C)</b>
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).

En tanto, en la **Tabla 4.2.2.8** se observa que los contenidos de **Vanadio** en los sedimentos submareales obtenidos en este estudio son bajos (5,04 – 12,1 mg/kg) y se encuentran en el límite inferior de los citados como “normales” para sedimentos marinos. Lo anterior permite concluir que los *sedimentos analizados en E. San Pedro, Bahía Chascos, no se encontrarían alterados por este metal (vanadio)*.

**Tabla 4.2.2.8**

Concentraciones de Vanadio (V, mg/kg) encontradas en el presente estudio. E. San Pedro, Bahía Chascos. Agosto de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

<b>ESTACIÓN</b>	<b>VANADIO (mg/kg)</b>
1	5,04
2	8,61
3	10,6
4	5,55
5	9,15
6	12,0
7 (Control)	12,1
<b>PROMEDIO</b>	<b>9,01</b>

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


(1) Ahumada (1998)

(2) EcoTecnos Ltda. (2004)


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

(4) Calvert (1976)

(5) Miramand & Fowler (1998)

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	55
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En cuanto a los contenidos **Zinc**, la **Tabla 4.2.2.9** muestra una alta heterogeneidad en la distribución de este metal entre las estaciones, hallándose el menor contenido de zinc en la estación 1 (4,71 mg/kg) y el mayor en la estación 6 (18,5 mg/kg). Estos valores, comparativamente hablando, son bajos e inferiores al rango citado para otras áreas del litoral nacional e internacional. Asimismo, la comparación de los contenidos de este estudio con lo legislado por la EPA (760 mg/kg) y el nivel de efecto ligero de Ontario-Canadá (120 mg/kg), permiten concluir que los *sedimentos de las inmediaciones de E. San Pedro se encuentran libres de alteración por zinc.*

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	56
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 4.2.2.9**

Concentraciones de Zinc (Zn, mg/kg) encontradas en el presente estudio. E. San Pedro, Bahía Chascos. Agosto de 2008. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	ZINC (mg/kg)
1	4,71
2	8,48
3	14,7
4	7,16
5	6,85
6	18,5
7 (Control)	5,29
<b>PROMEDIO</b>	<b>9,38</b>

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)



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	57
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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


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

En cuanto a las características químicas, los sedimentos tampoco presentan exceso de materia orgánica (medida en este estudio como MOT). Respecto a los niveles de los restantes parámetros químicos estudiados, se observa que la mayoría de las concentraciones obtenidas se encuentran en los rangos citados en otras zonas costeras nacionales o bajo las normativas internacionales de referencia, a excepción de lo hallado en para el níquel y plomo, donde se observaron estaciones con sedimentos *moderadamente alterados*, de acuerdo a lo estipulado por la normativa internacional establecida por la EPA, NOAA y WADOE. *En definitiva, los sedimentos muestreados en el área de E. San Pedro, Bahía Chascos, se encontrarían libres de alteración por materia orgánica y por los metales pesados analizados, a excepción del plomo y níquel en algunas estaciones.*

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

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

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	58
		Fecha de emisión: 27/10/2008	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.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	59
		Fecha de emisión: 27/10/2008	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.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	60
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

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

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


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

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

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

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

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	61
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

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

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


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

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

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

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

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA REGIÓN DE ATACAMA Campaña de Invierno</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/102008	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	62
		Fecha de emisión: 27/10/2008	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

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

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

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

**Zarba, C.** 1989. National Perspective on Sediment Quality. En: Contaminated Marine Sediments-Assessment 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.