

## **INFORME TÉCNICO**

# **"ESTUDIO DE LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA, III REGIÓN" "Campaña de Verano"**



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



**- FEBRERO 2009 -**

**ESTUDIO DE LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO  
CASTILLA, SECTOR BAHÍA CHASCOS, PUNTA CACHOS**  
*Campaña de Verano*


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](mailto:info@ecotecnos.cl)  
[www.ecotecnos.cl](http://www.ecotecnos.cl)

---

**Profesionales Responsables**  
**EcoTecnos Ltda.**

 EcoTECNOS	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA  PROYECTO PUERTO CASTILLA  IIIª REGIÓN  Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	3
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental 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 Fitoplancton, Universidad de Valparaíso  
Laboratorio de Zooplancton, Universidad de Valparaíso  
Laboratorio de Química Ambiental, Universidad de Valparaíso

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	4
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>2. CALENDARIO DE ACTIVIDADES CAMPAÑA DE VERANO</b>	<b>7</b>
<b>3. ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA COLUMNA DE AGUA MARINA Y AGUAS COSTERAS</b>	<b>10</b>
3.1 MARCO REGULATORIO AMBIENTAL	10
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.3 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y AGUAS COSTERAS	18
3.4 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y AGUAS COSTERAS	39
3.5 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y AGUAS COSTERAS	40
<b>4. ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE SEDIMENTOS SUBMAREALES</b>	<b>43</b>
4.1 ANÁLISIS FÍSICO	43
4.2 ANÁLISIS QUÍMICO	54
4.3 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN SEDIMENTOS SUBMAREALES	67
4.4 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN SEDIMENTOS SUBMAREALES	69
<b>5. ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS</b>	<b>75</b>
5.1 CAMPAÑAS DE MEDICIONES	75
5.2 CORRENTOMETRÍA EULERIANA	76
5.3 CORRENTOMETRÍA LAGRANGIANA (DERIVADORES)	99
5.4 DERIVA LITORAL	108
5.5 ESTUDIO DE DISPERSIÓN CON TRAZADORES QUÍMICOS (RODAMINA B)	110
5.6 ESTUDIO DE RÉGIMEN DE VIENTOS LOCALES	121
5.7 ESTUDIO DE RÉGIMEN DE MAREAS	137
5.8 BIBLIOGRAFÍA DE LOS ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS	142



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	5
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

	<b>Pág.</b>
<b>6. ECOLOGÍA DE COMUNIDADES BIOLÓGICAS</b>	<b>143</b>
6.1 ESTUDIO DE COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS SUBMAREALES	143
6.2 ESTUDIO DE COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS INTERMAREALES	179
6.3 ESTUDIO DE AVIFAUNA	199
6.4 ESTUDIO DE MAMÍFEROS Y REPTILES MARINOS	209
6.5 ANÁLISIS DE COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS	215
6.6 ANÁLISIS DE COMUNIDADES ZOOPLANCTÓNICAS	225
<b>7. GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	<b>248</b>
 <b>ANEXOS</b>	 <b>252</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 IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	6
		Fecha de emisión: 09/04/2009	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 verano, de las aguas, sedimentos inter y submareales y comunidades biológicas, ubicadas frente a las futuras instalaciones del Puerto Castilla ubicado en la 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.


El estudio comprendió la caracterización físico-química y microbiológica de la columna de agua y de las aguas costeras, la caracterización físico-química de los sedimentos submareales, el estudio de las corrientes (eulerianas y lagrangianas), capacidad de dispersión, vientos y mareas de la zona de interés y la caracterización de las comunidades biológicas, las que

incluyeron el estudio de las comunidades macrobentónicas submareales de sustrato blando e intermareales de sustratos duro, el estudio de la avifauna y el de mamíferos y reptiles marinos, y el estudio de las comunidades fito y zooplanctónicas.

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 verano 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; 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 IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	7
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 2. CALENDARIO DE ACTIVIDADES CAMPAÑA DE VERANO

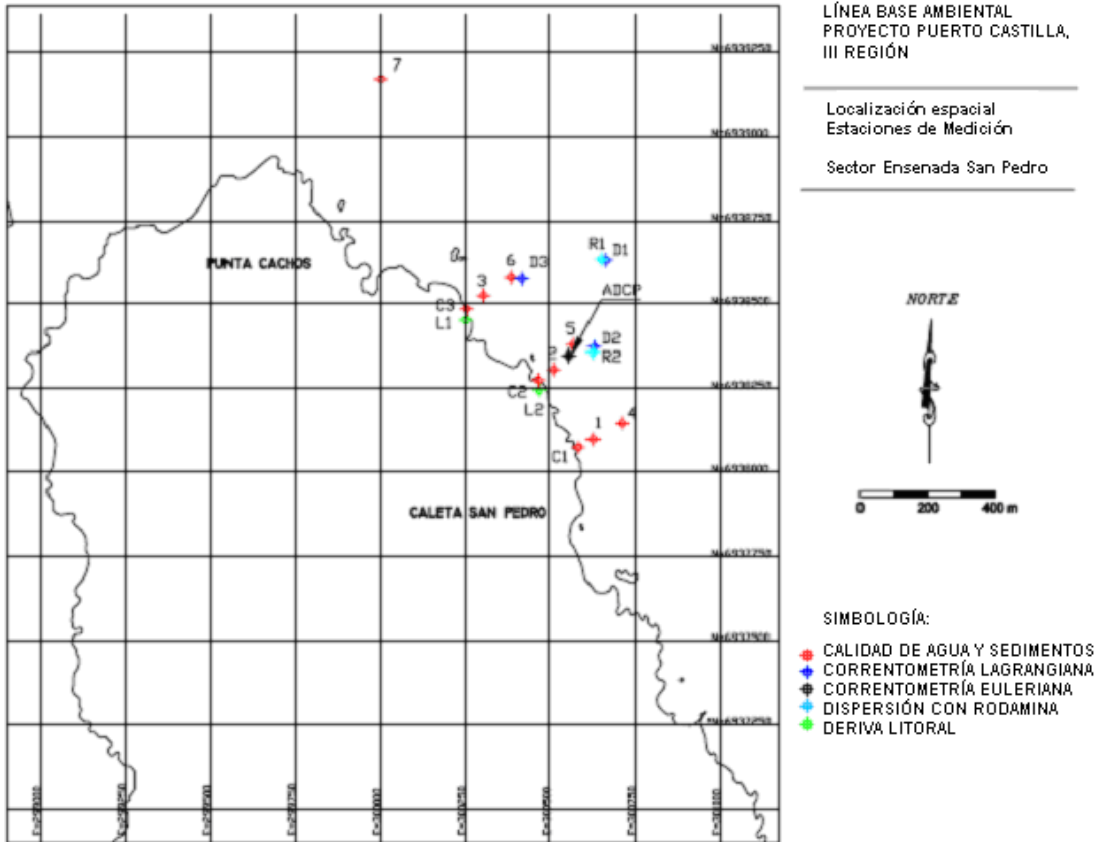
A continuación se detalla el calendario de actividades ejecutado para llevar a cabo el estudio de línea de base ambiental oceanográfico, campaña de verano, sector Bahía Chascos, en las matrices ambientales que se describe en este capítulo:

1. Día 05/02/2009: 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° 13.270/24/70/VRS del 30 de enero del 2009, de autorización para realizar actividades de investigación tecnológica marina (cuya copia se adjunta en el **ANEXO I**).
2. Día 06/02/2009: Se efectúa la toma de muestras de sedimentos submareales para análisis físico-químico y de comunidades macrobentónicas submareales. Así también se realiza la toma de muestras para la caracterización físico-química y microbiológica de la columna de agua y las aguas costeras. Conjuntamente se obtienen las muestras para análisis de comunidades fito y zooplanctónicas. Envío de muestras de agua y sedimentos a los laboratorios de Química Ambiental, Fitoplancton y Zooplancton de la Universidad de Valparaíso y al laboratorio de Análisis Bentónico de EcoTecnos Ltda.
3. Día 07/02/2009: Se realiza el estudio de comunidades intermareales de sustrato rocoso en el sector de Bahía Chascos (Ensenada San Pedro). A su vez se da inicio al levantamiento de aves, mamíferos y reptiles marinos presentes en el sector.
4. Día 08/02/2009: Se lleva a cabo la instalación del ADCP (perfilador de corrientes), iniciándose la toma de datos para correntometría euleriana y de mareas. Junto con ello, se da comienzo a la primera campaña de derivadores (correntometría lagrangiana) y de dispersión con rodamina en época de sicigia, fase de marea vaciante. A partir de este día se considera la toma de datos de vientos.


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	8
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

5. Día 09/02/2009: Se continúa la primera campaña de derivadores y de dispersión con rodamina en época sicigia, fase de marea llenante. Además, se comienza la campaña de deriva litoral sicigia, mareas vaciante y llenante. Se da término a los estudios de avifauna y mamíferos y reptiles marinos.
  
6. Día 15/02/2009: Se lleva a cabo y finaliza la segunda campaña de derivadores y de dispersión con rodamina en época de cuadratura, fase de marea vaciante y llenante, así como también se inicia la segunda campaña de deriva litoral en cuadratura, fase de marea vaciante y llenante.
  
7. Día 15/03/2009: Se procede al retiro del ADCP del área de estudio. Fin de las actividades de terreno para la campaña de medio físico.

El resultado del posicionamiento de las estaciones se ha insertado en la **Figura 2.1**. Las coordenadas de las estaciones se detallan en el **ANEXO II**. Cabe señalar que para la selección de las estaciones en cada una de las matrices se han seguido una serie de criterios que han sido comentados en la campaña de invierno. Por lo anterior, las estaciones monitoreadas en la actual campaña corresponden a aquellas analizadas en la campaña de invierno.



**Figura 2.1.** Ubicación de las estaciones para el estudio de cada una de las matrices ambientales analizadas en sector de Bahía Chascos, campaña de verano.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	10
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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


#### 3.1 MARCO REGULATORIO AMBIENTAL

El efecto probable de un determinado elemento o compuesto químico descargado en un ecosistema particular, dependerá de la cantidad, solubilidad, antagonismo y sinergismo con otros elementos presentes en el medio y naturalmente del tipo de comunidad biológica encontrada en ese lugar. En este sentido, el desarrollo de criterios y normas ambientales, tiende a ser sitio-específico y su uso está restringido a las regiones geográficas para las cuales fueron desarrolladas.

En Chile, la normativa sobre calidad de aguas aplicable en la actualidad, es la Norma Chilena Oficial NCh N° 1333 (Requisitos de Calidad de Agua para diferentes usos), la cual fija concentraciones máximas de algunos pocos parámetros; sin embargo, actualmente se vierten al borde costero residuos industriales líquidos, con una composición química variada, cuya concentración en el agua de mar no queda regulada por esta Norma, puesto que está es principalmente aplicable a cuerpos de agua dulce.

En este contexto, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) ha elaborado la Norma de Calidad Secundaria para la protección de las aguas marinas (en adelante Norma Propuesta). Este documento, aún no vigente, contiene criterios de calidad para la protección de las aguas marinas de varios constituyentes que componen un efluente industrial.

Ante la ausencia de normativa oficial sobre calidad de las aguas superficiales (actualmente en estudio, que incluye una gama de parámetros contaminantes), y teniendo en consideración que la legislación Chilena (Ley N° 19.300, Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente, Artículo 2°, acápite C), 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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	11
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

establecidas en la legislación vigente”, en el presente capítulo no se hará referencias en términos de contaminación, sino de probable alteración de las condiciones químicas del sedimento y/o agua de mar, ya que el concepto de *contaminación* sólo es tal cuando existe una legislación que norme.

#### a) Norma Chilena NCh 1333

La Norma Chilena NCh 1333 establece criterios de calidad, que tienen por objeto proteger y preservar las aguas que se destinen a usos específicos, reconociéndose los siguientes usos: a) agua para consumo humano, b) agua para la bebida de animales, c) agua para riego y d) agua destinada a recreación con contacto directo.

Los criterios de calidad definidos por la Norma Chilena para aguas con fines recreativos son los indicados en la **Tabla 3.1.1**.


**Tabla 3.1.1**  
Estándares para agua destinada a uso recreativo con contacto directo.

Indicador	Unidad	Estándar
Aceites y grasas flotantes	mg/l	5 <sup>(1)</sup>
Aceites y grasas emulsificadas	mg/l	10 <sup>(1)</sup>
Claridad	metros de profundidad	>1,20 <sup>(1)(2)</sup>
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1000 <sup>(1)</sup>
Color	unidades de Escala Pt-Co	100 <sup>(1)</sup> Ausencia de colorantes artificiales
pH		6,5 – 8,3
Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales		Ausentes
Sustancias que produzcan olor y sabor inconveniente	mg/l	Ausentes
Temperatura	°C	30
Turbiedad	unidades de Escala Sílice	50 <sup>(1)</sup>

Notas:

(1): Podrá ser modificado por la autoridad competente.

(2) Visualización de Disco de Secchi.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	12
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Con el objeto de verificar el cumplimiento de la Norma Chilena NCh 1333, los límites de concentración indicados en el cuadro anterior serán contrastados con los resultados de calidad de agua medidos en la campaña de mediciones de terreno.

## b) Norma Propuesta

La Norma Propuesta tiene por finalidad proteger, conservar, recuperar o preservar la calidad de las aguas marinas y estuarinas de manera de salvaguardar el uso del recurso y la protección o conservación de las comunidades acuáticas y recursos hidrobiológicos, maximizando los beneficios sociales, económicos y ambientales.


Las normas secundarias de calidad para la protección de las aguas marinas tipifican los cuerpos de agua según sus usos prioritarios, reconociéndose las siguientes clases de calidad de agua:

- Clase 1: Muy buena calidad. Indica agua apta para la conservación de comunidades acuáticas, para la desalinización de agua para consumo humano y demás usos definidos, cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase.
- Clase 2: Buena calidad. Indica un agua apta para el desarrollo de la acuicultura y actividades pesqueras extractivas y para los usos comprendidos en la Clase 3.
- Clase 3: Regular calidad. Indica un agua apta para actividades portuarias, navegación u otros usos de menor requerimiento en calidad de agua.

La **Tabla 3.1.2** indica los criterios de calidad de aguas marinas definidos en la Tabla Nº 3 de la Guía de CONAMA para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental.

Para el diagnóstico de la calidad del cuerpo de agua receptor, esta información será usada a modo de referencia.




	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	13
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 3.1.2**


Criterios de calidad contenidos en norma propuesta para aguas marinas.

GRUPO DE ELEMENTOS O COMPUESTOS		UNIDAD	EXPRESIÓN	CLASES DE CALIDAD		
				CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
<b>FISICOS Y QUIMICOS</b>						
1	Oxígeno disuelto	% sat	OD	> 90	70-89	40 – 69
2	Temperatura <sup>1</sup>	°C	T°	D2	D3	D5
3	pH	Rango	pH	7,5 – 8,5	6,5 – 9,5	6,0 – 9,5
4	Sólidos suspendidos	mg/L	SS	< 25	25 –80	80-400
5	Aceites y Grasas emulsificadas	mg/L	A y G	5	5	10
6	Hidrocarburos totales	mg/L	HCT	< 0,02	0,02 – 0,05	0,05 – 1
7	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	mg/L	HAP	< 0,0002	< 0,0002	0,0002-0,001
8	Detergentes	mg/L	SAAM	< 0,2	0,2 – 1	1 – 10
<b>TOXICOS NO ACUMULATIVOS</b>						
9	Amonio	µmol/L	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	< 5	5 – 10	10 – 15
9 <sup>3</sup>	Amonio	ug/L N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	< 0,07	0,07 - 0,14	0,14 - 0,21
10	Cianuro	mg/L	CN <sup>-</sup>	< 0,005	0,005-0,01	0,005 – 0,01
11	Cloro libre residual	mg/L		< 0,002	0,002-0,01	0,01-0,1
12	Fenoles	mg/L	Fenoles	< 0,001	0,001 -0,01	0,01 – 1
13	Fluoruro <sup>2</sup>	mg/L	F <sup>-</sup>	< 0,0369xS	0,0369xS – 0,0443xS	0,0443xS – 2,3
14	Sulfuro	mg/L	S <sup>2-</sup>	< 0,002	0,002-0,005	0,005-0,01
<b>TOXICOS ACUMULATIVOS Y PERSISTENTES</b>						
15	Bifenilos policlorados	µg/L	PCB's	<0,001	0,001	0,001

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	14
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 3.1.2 (continuación).**

GRUPO DE ELEMENTOS O COMPUESTOS		UNIDAD	EXPRESIÓN	CLASES DE CALIDAD		
				CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
<b>PLAGUICIDAS</b>						
16	Aldrin	µg/L	Aldrin	< 0,01	< 0,01	< 0,01
17	Clordano	µg/L	Clordano	< 0,006	< 0,006	< 0,006
18	Malatión	µg/L	Malatión	< 0,01	< 0,01	< 0,01
19	Pentaclorofenol	µg/L	PCP	< 0,5	< 0,5	< 0,5
20	DDT	µg/L	DDT	< 0,001	< 0,001	< 0,001
21	Demetón	µg/L	Demetón	< 0,1	< 0,1	< 0,1
22	Dieldrin	µg/L	Dieldrin	< 0,002	< 0,002	< 0,002
23	Heptaclor	µg/L	Heptaclor	< 0,01	< 0,01	< 0,01
24	Lindano	µg/L	Lindano	< 0,003	< 0,003	< 0,003
25	Paratión	µg/L	Paratión	< 0,04	< 0,04	< 0,04
26	Cobre	µg/L	Cu	< 10	10 – 50	50
27	Cromo total	µg/L	Cr total	< 10	10 – 50	50 – 100
28	Níquel	µg/L	Ni	< 2	2 - 100	100
29	Selenio	µg/L	Se	< 5	5 – 10	10
30	Zinc	µg/L	Zn	< 30	30 – 100	100
<b>METALES NO ESENCIALES DISUELTOS</b>						
31	Aluminio	µg/L	Al	< 200	200 – 1500	1500
32	Arsénico	µg/L	As	< 10	10 – 50	50
33	Cadmio	µg/L	Cd	< 5	5 – 10	10
34	Cromo VI	µg/L	Cr VI	< 10	50	50
35	Estaño	µg/L	Sn	< 20	20 – 100	100
36	Mercurio	µg/L	Hg	< 0,2	0,2 – 0,5	0,5
37	Plomo	µg/L	Pb	< 3	3 – 50	50

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	15
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 3.1.2 (continuación).**

GRUPO DE ELEMENTOS O COMPUESTOS	UNIDAD	EXPRESIÓN	CLASES DE CALIDAD			
			CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>						
38	Coliformes fecales	NMP/100 ml	Coli./100 ml	< 2	< 43	< 1000
39	Coliformes totales	NMP/100 ml	Coli./100 ml	< 70	70 – 1000	< 1000

Notas:

1: La variación de temperatura respecto del rango natural presente en el área de medición no debe exceder los valores que se señalan a continuación:

D2: La variación no debe ser mayor a 2 °C (temperatura promedio mensual  $\pm$  2 °C).

D3: La variación no debe ser mayor a 3 °C (temperatura promedio mensual  $\pm$  3 °C).

D5: La variación no debe ser mayor a 5 °C (temperatura promedio mensual  $\pm$  5 °C).

2: El valor se establece en función de la salinidad del agua, medido como PSU.


3: CONAMA expresa la concentración de amonio en  $\mu\text{mol/L}$ . Para uniformidad de criterios, se han convertido los valores de referencia en unidades de mg/l de N amoniacal.

### 3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

El día 06 de febrero de 2009 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 muelle de Puerto Castilla (sector Bahía Chascos, Ensenada San Pedro). Se dispuso un total de siete estaciones (**Figura 2.1**), en subsuperficie (0,5 metros) y a un metro del fondo, abarcando el frente del área de interés, incluyendo 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 en cada sector, ubicadas en el litoral adyacente al área del proyecto (**Figura 2.1**). Al igual que en la campaña de invierno, las muestras de columna de agua fueron tomadas a bordo de una



**Fotografía 3.2.1.** Inmersión de botella Niskin en la columna de agua de mar.


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	16
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

embarcación menor, haciendo uso de botellas Niskin (**Fotografía 3.2.1**), mientras que las de playa fueron obtenidas directamente desde la orilla de la costa a los envases.



**Fotografía 3.2.2.** 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 3.2.2**), siguiendo los procedimientos recomendado por la United Nations Environment Programme (UNEP, 1984), NCh 411/2 Of. 96 “Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo” y NCh 411/9 Of. 98 “Calidad del agua – Muestreo – Parte 9: Guía para el muestreo de aguas marinas”. Las muestras preservadas fueron enviadas al laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Valparaíso en donde se efectuó su análisis. Los parámetros analizados en cada muestra y las metodologías se detallan en la **Tabla 3.2**. 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).


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	17
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 3.2**

Parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados en la columna de agua y en las muestras de playa y metodologías aplicadas en cada uno de ellos. Punta Cachos (Bahía Chascos). Febrero 2009.

PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO	LÍMITES DE DETECCIÓN
pH	Phmetro (electrométrico)	0,1
Temperatura	CTDO (potenciométrico) (*)	0,001° C
Oxígeno Disuelto	CTDO (potenciométrico) (*)	0,1 mg/l
Salinidad	CTDO (potenciométrico) (*)	0,01 psu
Alcalinidad	Volumétrico	0.5 mgCaCO <sub>3</sub> /l
Transparencia	Disco Secchi	0,1 m
Cloro Residual	Mercurimétrico	0,01 mg/l
Grasas y Aceites	Partición y Gravimetría	0,05 mg/l
Nitratos	Reducción con Cadmio	0,01 mg/l
Nitrógeno Amoniacal	Método de Fenato	0,005 mg/l
Sólidos Suspendidos	Gravimétrico	0,05 mg/l
Sólidos Disueltos	Gravimétrico	005 mg/l
Plomo Disuelto	Espectrofotometría de Absorción Atómica	1 µg/l
Níquel Disuelto	Espectrofotometría de Absorción Atómica	1 µg/l
Vanadio Disuelto	Espectrofotometría de Absorción Atómica	1 µg/l
Fenoles	Método Aminoantipirita	0,05 mg/l
Sulfuros	Yodométrico	0,05 mg/l
Sulfatos	Turbidimétrico	0,1 mg/l
Hidrocarburos Totales	Fluorimetría	0,1 µg/l
Hidroc. Arom. Policíclicos	Fluorimetría	0,1 µg/l
Hidrocarburos Alifáticos	Gas Cromatografía	5 mg/l
Coliformes Fecales	Número Más Probable	2 NMP/100 ml
Coliformes Totales	Número Más Probable	2 NMP/100 ml

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	18
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


### 3.3 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y AGUAS COSTERAS

#### 3.3.1 *Análisis Físico-Químico y Microbiológico de la Columna de Agua*

En la **Tabla 3.3.1.1** se detallan los resultados de los análisis de **pH**, **Oxígeno Disuelto** y **Transparencia** (disco Secchi) obtenidos en el sector de Bahía Chascos.

La **Tabla 3.3.1.1** muestra que los valores de **pH** en este sector fluctuaron entre 8,0 y 8,3 en la campaña de verano; observándose que los valores mínimos se encuentran a nivel del fondo (estaciones 4, 5 y 6) y los máximos a nivel superficial (estaciones 3 y 7). Esto clasificaría las aguas monitoreadas en el sector de Bahía Chascos como de buena a excelente calidad para el pH de acuerdo a la Guía CONAMA. 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. Estos resultados coinciden para lo obtenido durante la campaña de invierno en el sector de Bahía Chascos, donde el pH fue de 7,8 para todas las estaciones.

Por tanto, no habría alteración de la acidez de las aguas marinas de las estaciones estudiadas en el área de Bahía chascos. Esta condición se explicaría por la alta constancia del pH en el mar como consecuencia del efecto tamponante del sistema carbonato-bicarbonato y del ácido bórico-borato, además de la formación del carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), por lo que sólo un muy fuerte impacto antrópico o de origen natural puede llegar a hacer fluctuar de forma importante este parámetro. Debe considerarse, no obstante, que otros factores, tales como la actividad fotosintética, la salinidad, temperatura y presión, también influyen en los cambios de pH, aparte de factores antrópicos (como contaminación por algún compuesto en específico).

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	19
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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 sector de Bahía Chascos en esta campaña de verano, clasificando las aguas de acuerdo a la Guía CONAMA como de buena a excelente calidad para el pH.

**Tabla 3.3.1.1**

Resultados de los análisis de pH y transparencia (disco Secchi) en las estaciones de aguas marinas. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009.


Estación			Parámetro		
Identificación	Prof. (m)	Prof. Muestra	pH	Oxígeno Dis. (mg/l)	Transparencia (m)
1	12	Sup.	8,2	7,8	12,5
		Fondo	8,1	6,2	
2	14	Sup.	8,2	7,1	7,2
		Fondo	8,1	6,4	
3	17	Sup.	8,3	8,0	12,2
		Fondo	8,1	6,8	
4	39	Sup.	8,2	7,5	10,1
		Fondo	8,0	4,6	
5	37	Sup.	8,2	7,7	9,0
		Fondo	8,0	4,3	
6	28	Sup.	8,2	8,0	12,5
		Fondo	8,0	5,9	
7 (Control)	31	Sup.	8,3	7,8	12,0
		Fondo	8,1	5,8	
<b>Referencias</b>			(1) 7,5-8,5 / 6,5-9,5	(2) 5,0	(3) 1,20

(1) Guía CONAMA Normas Secundarias de Calidad Ambiental (Clase 1/Clase 2).

(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 3.3.1.1** muestra que éstas variaron en superficie entre 7,1 mg/l (estación 2) y 8,0 mg/l (estaciones 3 y 6). Se observa que en todos los casos los valores de oxígeno disuelto fueron mayores en superficie respecto a la mayor profundidad medida. Esto refleja una situación normal en la


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	20
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

columna de agua marina, puesto que en superficie existe un mayor intercambio océano – atmósfera a través de fenómenos de intercambio pasivo y turbulento, lo que genera una mayor concentración de oxígeno en la superficie. A esto hay que adicionar el aporte de oxígeno por parte de la actividad fotosintética del fitoplancton (productividad primaria), el cual debido a su dependencia de la luz solar, se ubica cercano a la superficie.

En tanto, la mayor oxiclina en el área de estudio se presentó en la estación 5, alcanzando un  $\Delta O_2 = 3,40 \text{ mg/l}$ , lo que refleja la situación antes descrita respecto a la distribución en la columna de agua de los contenidos de oxígeno disuelto. Debe indicarse que en esta campaña de verano los valores de oxígeno disuelto de la capa de fondo son comparativamente altos, puesto que en otros estudios efectuados en el norte de Chile, por ejemplo, en la Bahía de Mejillones del Sur, Zuñiga *et al.* (1983) hallaron una “*disminución del oxígeno disuelto en toda la columna de agua*”, presentando el agua circundante al fondo “*concentraciones bajísimas de oxígeno, con valores inferiores a 1 mg/l*”. Claramente en este estudio no se alcanzan valores tan bajos como 1,0 mg/l de  $O_2$  en la capa de fondo. Asimismo, estos resultados son algo superiores a los registrados durante la campaña de invierno en el área de estudio, donde se hallaron contenidos de entre 6,0 – 7,0 mg/l.

En tanto, si se comparan estos resultados con lo sugerido en la Norma Chilena 1.333 Of.78, la cual señala un mínimo de 5,0 mg/l, se observa que el 85,71% de las muestras se encuentran sobre esta concentración, donde sólo las estaciones 4 y 5 arrojan concentraciones de oxígeno inferiores a lo antes señalado en las muestras de fondo. En tanto, no se evidencian problemas de oxigenación en las aguas superficiales del cuerpo receptor en ninguna de las estaciones muestreadas. Lo mismo se desprende al comparar los niveles de  $O_2$  disuelto aquí obtenidos con las normativas de Japón, Estados Unidos y Canadá que indican un valor mínimo de 5,0 mg/l como requisito de calidad de agua para la vida acuática (Gutiérrez, 1989). Cabe señalar que la Guía CONAMA no considera un valor unitario de concentración de oxígeno disuelto. Lo anterior permite concluir, en definitiva, que



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	21
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

los contenidos de oxígeno disuelto de la columna de agua estudiada, son compatibles con la sobrevivencia de los organismos acuáticos del área de estudio en la campaña de verano.

Por su parte, los valores de **disco Secchi** medidos *in situ* (**Fotografía 3.3.1.1**) en el área de interés denotan una columna de agua con una transparencia alta, lo que refleja una baja concentración de material particulado en la columna de agua.



**Fotografía 3.3.1.1.**  
Medición de la profundidad de disco Secchi.

Cabe señalar que la NCh 1333 indica un valor mínimo de transparencia de 1,2 metros. Si se toma como referencia este valor, todos los registrados en este estudio serían superiores al indicado por la futura norma.


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

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

Con:

K = coeficiente de extinción medio para la columna de agua  
 $Z_s$  = profundidad en m de desaparición del disco de Secchi

Considerando una constante de 1,7 definida en 1930, la capa eufótica se puede estimar teóricamente en  $2,5 \times Z_s$  (Cognetti *et al.*, 2001). Con esto, en el área de estudio la capa eufótica teórica se sitúa entre los 18,0 y 31,25 metros; por lo tanto, en todas las estaciones toda la columna de agua correspondería a zona eufótica. Esto explicaría, en parte, los altos valores de oxígeno disuelto presentes en la columna de agua, pues en esta capa la tasa fotosintética es positiva, es decir, suficiente para superar por término

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	22
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

medio los procesos respiratorios día – noche en el ecosistema marino. Cabe destacar que estos resultados coinciden con lo hallado para la campaña de invierno, donde también se observó una alta transparencia en la columna de agua.

En tanto, en la **Tabla 3.3.1.2** se muestran los resultados de los parámetros **Alcalinidad, Grasas y Aceites y Fenoles** en el sector de Bahía Chascos.


**Tabla 3.3.1.2**

Resultados del análisis de Alcalinidad y Grasas y Aceites. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009.

Estación	Prof. (m)	Alcalinidad (mgCaCO <sub>3</sub> /l)	Grasas y Aceites (mg/l)	Fenoles (mg/l)
1	Sup.	179	0,15	<0,05
	Fondo	201	0,15	<0,05
2	Sup.	210	0,05	<0,05
	Fondo	210	0,80	<0,05
3	Sup.	208	0,10	<0,05
	Fondo	208	0,10	<0,05
4	Sup.	217	0,75	<0,05
	Fondo	211	0,35	<0,05
5	Sup.	208	0,60	<0,05
	Fondo	207	0,20	<0,05
6	Sup.	213	0,18	<0,05
	Fondo	228	0,28	<0,05
7 (Control)	Sup.	215	0,18	<0,05
	Fondo	215	0,16	<0,05
<b>Referencias</b>		-	5 / 5(1)	<0,001 / 0,001-0,01(1)

(1) Guía CONAMA Normas Secundarias de Calidad Ambiental (Clase 1/Clase 2).

Como se puede observar, los contenidos de **Alcalinidad** en el área de estudio fluctuaron entre 179 mgCaCO<sub>3</sub>/l (estación 1 superficie) y 228 mgCaCO<sub>3</sub>/l (estación 6, fondo). 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 tanto, respecto a la campaña de invierno (178 – 194 mgCaCO<sub>3</sub>/l), los valores registrados fueron un poco menores que lo obtenido en el presente estudio.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	23
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Asimismo, la **Tabla 3.3.1.2** muestra que todos los contenidos de **Grasas y Aceites**, fluctuaron entre 0,05 mg/l (estación 2, superficie) y 0,80 mg/l (estación 2, fondo), siendo valores superiores respecto a los registrados en la campaña de invierno, en el cual todos estuvieron bajo el límite de detección. No obstante, la comparación de estos valores con la Guía CONAMA indicar claramente que las aguas en estudio presentan una condición de buena a excelente calidad para los contenidos de grasas y aceites.

Finalmente, en la **Tabla 3.3.1.2** se aprecia que los valores de **Fenoles** se hallaron todos bajo el límite de detección, pudiendo clasificar a las aguas de esta campaña de verano como de buena calidad para estos compuestos.


En tanto, en la **Tabla 3.3.1.3** se indican los resultados de los parámetros **Cloro Residual, Nitrato y Nitrógeno Amoniacal**.

**Tabla 3.3.1.3**

Resultados del análisis de Cloro Libre Residual, Nitrato y Nitrógeno Amoniacal. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009.

Estación	Prof. (m)	Cloro Libre Residual (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Nitrógeno Amoniacal (mg/l)
1	Sup.	< 0,01	0,872	0,104
	Fondo	< 0,01	0,890	0,011
2	Sup.	< 0,01	0,903	0,094
	Fondo	< 0,01	0,872	0,082
3	Sup.	< 0,01	0,853	0,026
	Fondo	< 0,01	0,928	0,016
4	Sup.	< 0,01	1,01	0,068
	Fondo	< 0,01	0,81	0,032
5	Sup.	< 0,01	0,845	0,091
	Fondo	< 0,01	1,03	0,005
6	Sup.	< 0,01	0,865	0,054
	Fondo	< 0,01	1,01	0,049
7 (Control)	Sup.	< 0,01	0,816	0,028
	Fondo	< 0,01	0,983	0,008
Referencias		<0,002 / 0,002-0,01(1)	-	<0,09 / 0,09-0,18 (1)


(1) Guía CONAMA Normas Secundarias de Calidad Ambiental (Clase 1/Clase 2).

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	24
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

La **Tabla 3.3.1.3** 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, al igual que lo registrado durante la campaña de invierno. Si estos valores son comparados con la futura norma de aguas marinas de CONAMA que establece para la Clase 1 contenidos <0,002, 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.

En tanto, las concentraciones de **Nitrato** en la presente campaña de verano para el sector de Bahía Chascos fluctuaron entre 0,81mg/l (estación 4, fondo) y 1,03 mg/l (estación 5, fondo), sin observarse 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 rangos 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 del área en estudio no presentan concentraciones que podrían señalarse como de alteración de la columna de agua. Esta aseveración es corroborada al comparar los resultados obtenidos con el valor propuesto por la comunidad de Saskatchewan de Canadá de 1,0 mg/l. Bajo esta norma, el 78,57% de las muestras analizadas se encuentran bajo este límite, siendo superado levemente por en la estación 4, superficie (1,01 mg/l); estación 6, fondo (1,01 mg/l) y estación 5, fondo (1,03 mg/l). Finalmente, cabe destacar que los valores registrados en la actual campaña son algo superiores a los encontrados durante la campaña de invierno en el mismo sector (0,531 – 0,742 mg/l), lo que respondería más bien a la dinámica oceanográfica y la época del año.


Respecto a los contenidos de **Nitrógeno Amoniacal**, en el presente estudio fluctuaron entre 0,005 mg/l (estación 5, fondo) y 0,104 mg/l (estación 1, superficie). Estas

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	25
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

concentraciones también son algo superiores a las registradas durante la campaña de invierno, donde los valores fluctuaron entre  $<0,005 - 0,0509$  mg/l. Esto tiene coherencia toda vez que los valores de nitrato también fueron mayores en esta campaña. Cabe hacer mención que el anteproyecto de norma secundaria para aguas marinas no incluye directamente el parámetro nitrógeno amoniacal, sino el amonio. No obstante, el nitrógeno amoniacal incluye dos formas químicas: el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Dado que el amoníaco se encuentra en medio acuoso, inmediatamente en el agua el amoníaco se transforma en amonio con el cual se encuentra en equilibrio; la proporción relativa de cada uno de ellos dependerá del pH, por tanto, para efectos químicos prácticos y comparativos con la futura norma, el nitrógeno amoniacal corresponde al amonio. Debe señalarse, a modo complementario, que su presencia en el mar se deberá tanto el proceso de desasimilación del nitrógeno (prótidos son degradados a aminoácidos y estos sufren la transformación en  $\text{NO}_3$  en  $\text{NO}_2$  y  $\text{NH}_4$ ) y el aporte por excreción de los organismos marinos. En el contexto anterior, comparando los valores hallados con la Guía CONAMA es posible establecer que todas las estaciones analizadas se clasificarían como Clase 2, es decir, aguas de buena calidad para el amonio.

Por su parte, la **Tabla 3.3.1.4** muestra los resultados de los parámetros **Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Sulfuros y Sulfatos**.

Los valores de **Sólidos Suspendidos** fluctuaron entre 5,53 mg/l (estación 7 Control, superficie) y 19,2 mg/l (estación 6, fondo). No se aprecia una clara distribución de los contenidos de sólidos suspendidos tanto en forma horizontal (entre estaciones) como vertical (en la columna de agua). En tanto, si se considera la Guía CONAMA para aguas marinas, el 100 % de las muestras se encontrarían dentro del rango de Clase 1, esto es, aguas de buena a excelente calidad para los sólidos suspendidos. Cabe destacar que estos valores son inferiores a los registrados durante la campaña de invierno, donde el rango fluctuó entre 14,9 – 26,56 mg/l, reflejando la variabilidad oceanográfica de esta variable.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	26
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


**Tabla 3.3.1.4**

Resultados de los análisis de Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Sulfuros y Sulfatos. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009.

Estación	Prof. (m)	Sólidos Suspendidos (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)	Sulfuros (mg/l)	Sulfatos (mg/l)
1	Sup.	7,07	39.560	<0,05	2.441
	Fondo	6,47	39.180	<0,05	2.806
2	Sup.	5,87	39.300	<0,05	2.887
	Fondo	6,6	38.640	<0,05	2.575
3	Sup.	6,2	39.260	<0,05	2.593
	Fondo	11,9	39.320	<0,05	2.940
4	Sup.	10,4	39.040	<0,05	2.780
	Fondo	8,93	38.900	<0,05	2.717
5	Sup.	6,27	39.420	<0,05	2.985
	Fondo	6,13	37.860	<0,05	2.869
6	Sup.	6,73	38.380	<0,05	3.002
	Fondo	19,2	37.740	<0,05	2.859
7 (Control)	Sup.	5,53	38.340	<0,05	3.082
	Fondo	6,8	38.620	<0,05	3.092
<b>Referencias</b>		<25,0 / 25,0 – 80,0 (1)	-	<0,002 / 0,002 – 0,005 (1)	-

(1) Guía CONAMA Normas Secundarias de Calidad Ambiental (Clase 1/Clase 2).

En tanto, los valores de **Sólidos Disueltos** oscilaron entre 37.740 (estación 6, fondo) y 39.560 mg/l (estación 1, superficie). Estos valores son superiores a lo registrado en la campaña de invierno en el mismo sector, ocasión en la cual los valores se encontraron entre 34.420 – 36.680 mg/l. Debe indicarse que no existe normativa referida a este parámetro, pero como referencia las aguas de mar no debieran tener un contenido de sólidos disueltos menor a 31.000 mg/l producto de las sales que contiene. Siendo los sólidos disueltos totales una propiedad más conservativa del agua mar, los valores hallados corresponden a los propios de este tipo de matriz ambiental en el sector de Bahía Chascos para el período de verano.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	27
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


Respecto a las concentraciones de **Sulfuros**, la **Tabla 3.3.1.4** muestra que todas ellas se hallaron bajo el límite de detección de la técnica, lo que refleja ausencia de alteración de la columna de agua por esta variable.

En tanto, los valores de **Sulfatos** oscilaron entre 2.441 (estación 1, superficie) y 3.092 mg/l (estación 7, fondo). La Guía CONAMA no considera este parámetro dentro de las variables propuestas. No obstante, de acuerdo al Principio de Marcel, el cual indica que: “La Composición Relativa del Agua de mar es Constante para todas las Aguas Marinas”, teniendo antecedentes de la salinidad del agua de mar en el área de estudio, es posible determinar los contenidos de sulfatos, considerando que éste compone aproximadamente el 7.75% de la salinidad. Dado que la salinidad en el área osciló entre 34,20 – 34,46 psu (equivalentes a 34.200 – 34.460 mg/l), se tiene un contenido de sulfatos de entre 2.650 y 2.670 mg/l, contenidos intermedios a los registrados en la zona.

En cuanto a los metales pesados, en la **Tabla 3.3.1.5** es posible observar los contenidos de los metales pesados **Níquel, Plomo y Vanadio Disueltos** en el presente estudio.

La **Tabla 3.3.1.5** 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 para esta campaña de verano. Estos resultados coinciden con lo registrado durante la campaña de invierno en este sector.

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	28
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

de las aguas analizadas por altos contenidos de vanadio en el sector de Bahía Chascos. Estos resultados coinciden con lo registrado durante la campaña de invierno en área de estudio.

**Tabla 3.3.1.5**


Resultados de los análisis de Níquel Disuelto (Ni), Plomo Disuelto (Pb) y Vanadio Disuelto (V). Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009.

Estación	Prof. (m)	Níquel Disuelto (µg/l)	Plomo Disuelto (µg/l)	Vanadio Disuelto (µg/l)
1	Sup.	<1,0	4,12	<1,0
	Fondo	<1,0	3,88	<1,0
2	Sup.	<1,0	4,13	<1,0
	Fondo	<1,0	3,11	<1,0
3	Sup.	<1,0	2,14	<1,0
	Fondo	<1,0	3,75	<1,0
4	Sup.	<1,0	2,12	<1,0
	Fondo	<1,0	3,08	<1,0
5	Sup.	<1,0	4,47	<1,0
	Fondo	<1,0	3,70	<1,0
6	Sup.	<1,0	2,87	<1,0
	Fondo	<1,0	3,44	<1,0
7 (Control)	Sup.	<1,0	3,45	<1,0
	Fondo	<1,0	4,42	<1,0
<b>Referencias</b>		<2,0 / 2,0-100 / 100 (1)	<3,0 / 3,0-50 / 50 (1)	-

(1) Guía CONAMA Normas Secundarias de Calidad Ambiental (Clase 1/Clase 2).

Respecto a las concentraciones de **Plomo Disuelto**, la **Tabla 3.3.1.5** muestra valores de entre 2,12 (estación 4 en superficie) y 4,47 µg/l (estación 5 en superficie). No se aprecian diferencias de importancia entre los contenidos de plomo disuelto de la zona del proyecto y la zona control. En tanto, de acuerdo a la futura norma de aguas marinas, un 21,4% de las muestras se clasificarían en el rango de Clase 1, es decir, aguas de excelente a buena calidad para el plomo; mientras que el 78,6% se hallaría en el rango de aguas de buena calidad para el plomo. La buena calidad general de las aguas estudiadas para el plomo queda en evidencia al comparar los valores hallados con los citados en la literatura nacional. De acuerdo a Carrera *et al.* (1993), el valor promedio de plomo en las aguas de la Bahía de



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	29
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Concepción es de  $3,25 \pm 0,90 \mu\text{g/l}$ , mientras que Gutiérrez (1989) establece un rango de entre 3,4 – 5,7  $\mu\text{g/l}$  en Valparaíso; ambos rangos similares al registrado en el área de estudio. Lo anterior permite concluir que los contenidos de plomo obtenidos en la columna de agua de Bahía Chascos en esta campaña de verano se encuentran dentro de los rangos registrados en otras áreas del litoral nacional y evidenciarían aguas sin alteración por este metal.


En tanto, en la **Tabla 3.3.1.6** se muestran los resultados de los parámetros **Hidrocarburos Totales (HCT)**, **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)** e **Hidrocarburos Alifáticos (HA)**.

**Tabla 3.3.1.6**

Resultados de los análisis de Hidrocarburos Totales (HCT), Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) y Hidrocarburos Alifáticos (HA). Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009.

Estación	Prof. (m)	HCT ( $\mu\text{g/l}$ )	HAP ( $\mu\text{g/l}$ )	HA (mg/l)
1	Sup.	0,327	0,011	<5,0
	Fondo	0,321	0,014	<5,0
2	Sup.	0,822	0,084	<5,0
	Fondo	0,814	0,087	<5,0
3	Sup.	0,914	0,101	<5,0
	Fondo	0,723	0,083	<5,0
4	Sup.	0,324	0,041	<5,0
	Fondo	0,498	0,022	<5,0
5	Sup.	0,821	0,087	<5,0
	Fondo	0,332	0,095	<5,0
6	Sup.	1,014	0,074	<5,0
	Fondo	1,011	0,042	<5,0
7 (Control)	Sup.	0,924	0,056	<5,0
	Fondo	0,621	0,061	<5,0
<b>Referencias</b>		<20,0 / 20,0 – 50,0 (1)	<0,2 / 0,2 – 1,0 (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.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	30
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Los resultados de los análisis de **Hidrocarburos Totales (HCT)** muestran que éstos oscilaron en Bahía Chascos entre 0,321 µg/l (estación 1, fondo) y 1,014 µg/l (estación 6, superficie). Este rango es similar al hallado en la campaña de invierno (0,432 – 1,030 µg/l). Asimismo, no es posible apreciar un patrón de distribución de los contenidos de HCT en la columna de agua ni entre las estaciones. En tanto, considerando la futura norma de aguas marinas, el 100% de las muestra se clasificaría como clase 1, es decir, aguas de buena a excelente calidad para los hidrocarburos totales. Lo anterior estaría indicando que las muestras analizadas en Bahía Chascos, campaña de verano, no presentan evidencias de alteración por hidrocarburos totales en la columna de agua marina, situación similar a la registrada en invierno.

En tanto, los resultados de la **Tabla 3.3.1.6** indicarían que los contenidos de **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)**, oscilaron entre 0,011 (estación 1, superficie) y 0,101 µg/l (estación 3, superficie); rango similar al registrado en la campaña de invierno (0,035 – 0,125 µg/l). Considerando la futura norma de aguas marinas, se aprecia que el total de las muestras obtenidas se clasificaría como Clase 1 para los HAP, es decir, aguas de buena a excelente calidad para las concentraciones de HAP.

Desde el punto de vista de la toxicidad de las concentraciones halladas, todos los valores registrados serían menores a lo estipulado por Rippen (1989), quien determinó concentraciones letales (LC<sub>50</sub>) de HAP en gusanos anélidos poliquetos >1.000 µg/l y mayores a 24,0 µg/l en el pez *Leuresthes tenuis*. Asimismo, los valores de HAP registrados en Bahía Chascos, campaña de verano, son menores a los establecidos por la OGP (2002) como **toxicidad aguda (2.096,3 µg/l)** y **toxicidad crónica (83,84 µg/l)** y al CMC (Criterio de Máxima Concentración o Concentración de Efecto Agudo) para el total de los HAPs máximo de **300 µg/l** establecido por el NOAA-USA (SQUIRTs, 1999). En este contexto, la concentración total de HAP determinadas en las aguas de Bahía Chascos, campaña de verano, no constituye peligro para los organismos acuáticos ni para el ser humano.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	31
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


Respecto a los contenidos de **Hidrocarburos Alifáticos (HA)**, los resultados indican que en todos los casos los valores hallados fueron <5,0 mg/l, es decir, inferiores al límite de detección de la técnica, lo que reflejaría ausencia de HA en la columna de agua estudiada en Bahía Chascos. Esta situación también fue dilucidada en la campaña de invierno.

Por su parte, en la **Tabla 3.3.1.7** se detallan los resultados de los análisis microbiológicos de las muestras. En ésta se aprecia que tanto el contenido de **Coliformes Fecales** como el de **Coliformes Totales** fue <2,0 NMP/100 ml. Estas concentraciones clasificarían a las aguas estudiadas como de buena a excelente calidad para los coliformes fecales y totales, sin evidenciar por tanto, presencia de contaminación microbiológica de las aguas adyacentes al sector de Ensenada San Pedro, Bahía Chascos, en esta campaña de verano. Esta situación coincide con lo registrado durante el ELB de invierno, donde todas las concentraciones se encontraron bajo los límites de detección.

**Tabla 3.3.1.7**  
Resultados de los análisis de Coliformes Fecales y Totales.  
Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009.

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) Guía CONAMA Normas Secundarias de Calidad Ambiental (Clase 1/Clase 2).

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	32
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Por su parte, en la **Tabla 3.3.1.8** se resumen los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos efectuados a las muestras de **playa de Bahía Chascos**. Estos resultados han sido comparados con la NCh. 1333. Of. 78 sobre Requisitos de Calidad de Aguas para Diferentes Usos o, en su defecto, la Norma Primaria de Calidad Ambiental para Aguas Marinas de la futura norma de aguas marinas.


**Tabla 3.3.1.8**

Resultados de los análisis efectuados a las muestras de agua de mar en playa.  
Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009.

Estación	Playa 1	Playa 2	Playa 3	Refer. (1)
Cloro Libre Residual (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	-
Nitrato (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	-
Nitrógeno Amoniacal (mg/l)	0,091	0,084	0,074	-
pH	7,8	7,8	7,8	<b>6,0 – 8,3</b>
Temperatura (°C)	13,692	13,721	13,632	<b>30</b>
Salinidad (psu)	33,82	35,21	35,35	-
Oxígeno Disuelto (mg/l)	6,5	6,6	6,7	<b>5,0</b>
Fenoles (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	-
Grasas y Aceites (mg/l)	1,45	1,55	1,30	<b>10</b>
Sólidos Suspendidos (mg/l)	21,3	21,0	20,4	-
Sólidos Disueltos (mg/l)	37.500	37.360	36.980	-
Níquel Disuelto (µg/l)	<1,0	<1,0	<1,0	-
Plomo Disuelto (µg/l)	<1,0	<1,0	<1,0	-
Vanadio Disuelto (µg/l)	<1,0	<1,0	<1,0	-
Sulfuros (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	-
Sulfatos (mg/l)	2.931	2.939	2.845	-
HCT (µg/l)	0,814	0,752	0,825	-
HAP (µg/l)	0,052	0,084	0,047	-
HA (µg/l)	<5,0	<5,0	<5,0	-
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) NCh. 1333. Of. 78.

De la **Tabla 3.3.1.8** se puede desprender que de los parámetros que se encuentran normados, todos se hallarían en los rangos establecidos. Respecto a las concentraciones de los demás parámetros no normados por la futura norma, a excepción de los **Sólidos**

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	33
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Suspendidos** que sobrepasan los valores máximos registrados en la columna de agua, todos se hallarían dentro de los rangos obtenidos en ella. Esta situación coincide con lo registrado en los estudios de invierno, donde únicamente los sólidos suspendidos arrojaron concentraciones superiores a las encontradas en la columna de agua. La resuspensión costera de los sedimentos explicaría estos mayores valores de sólidos suspendidos en las muestras de playa. En tanto, las aguas de playa no evidenciaron alteración microbiológica por coliformes fecales y totales en el presente estudio de verano.

Lo anterior permite establecer que las aguas de playa del sector de 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, Puerto Castilla, Bahía Chascos**

Como se indicó anteriormente, se efectuaron mediciones de temperatura y salinidad a través de un CTD (Conductivity, Temperature, Depth) marca Sensoredata modelo MINI STD/CTD SD 204. El instrumento fue introducido lentamente en la columna de agua marina por el costado de la embarcación (**Fotografía 3.3.1.2**). Los resultados con los registros de superficie, fondo y las diferencias entre ambos estratos para esta campaña de verano se resumen en la **Tabla 3.3.1.9**. En tanto, en las **Figuras 3.3.1.1** y **3.3.1.2** se entregan los perfiles de temperatura y salinidad de todas las estaciones, respectivamente. Los datos detallados de las mediciones se indican en el **ANEXO IV**.



**Fotografía 3.3.1.2.** Maniobra de introducción del CTD en la columna de agua marina.


Los resultados de la **Tabla 3.3.1.9** muestran que los registros de **Temperatura** fluctuaron en forma superficial entre los 16,08° C (estación 2) y 16,46° C (estación 7). Se distinguen

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	34
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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 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 febrero 16,7 °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 (distante aproximadamente 75 kilómetros al norte de Punta Cachos), temperaturas extremas de 16,4° C y 21,5° C y un promedio de 18,2° C. Esta información permite desprender que los registros obtenidos en esta campaña de verano en Bahía Chascos en superficie, se encuentran acordes a la estación del año, y estarían dentro del rango requerido por la Guía CONAMA para 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  $\Delta T = 4,21^{\circ} C$  en la estación 4. Se puede observar que las temperaturas no se mantienen estables a lo largo de la columna de agua, observándose variaciones incluso bajo profundidades mayores a 10 metros. Esta condición, muestra una termoclina importante durante el período de verano y, por tanto, una capa de mezcla acotada, lo que impediría una buena mezcla de la columna de agua y por tanto la correcta dilución durante el período estival, frente al vertimiento de cualquier sustancia en superficie en el futuro en Bahía Chascos, debido a la importante estratificación térmica que presenta la columna de agua, dificultando su dilución y posible volatilización. Cabe destacar que durante la campaña de invierno no se observó una termoclina importante, donde el delta máximo de temperatura registrado fue de  $\Delta T = 0,399^{\circ} C$ .

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	35
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Respecto a la **Salinidad**, la **Tabla 3.3.1.9** muestra que los valores extremos oscilaron entre 34,20 y 34,46 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  $\Delta S = 0,20$  psu. Esta situación es muy similar a lo registrado durante la campaña de invierno, donde la haloclina máxima registrada fue de  $\Delta S = 0,10$  psu.

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	36
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 3.3.1.9**

Valores máximos, mínimos y diferencias entre superficie y fondo de los datos de temperatura y salinidad medidos con CTD. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009.

<b>Estación 1</b>	<b>Salinidad (psu)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>
Superficie	34,30	16,13
Fondo	34,28	14,71
Diferencia ( $\Delta x$ )	<b>0,02</b>	<b>1,42</b>

<b>Estación 2</b>	<b>Salinidad (psu)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>
Superficie	34,23	16,08
Fondo	34,21	14,99
Diferencia ( $\Delta x$ )	<b>0,02</b>	<b>1,09</b>

<b>Estación 3</b>	<b>Salinidad (psu)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>
Superficie	34,27	16,14
Fondo	34,22	13,62
Diferencia ( $\Delta x$ )	<b>0,05</b>	<b>2,52</b>

<b>Estación 4</b>	<b>Salinidad (psu)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>
Superficie	34,26	16,35
Fondo	34,46	12,14
Diferencia ( $\Delta x$ )	<b>0,2</b>	<b>4,21</b>

<b>Estación 5</b>	<b>Salinidad (psu)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>
Superficie	34,25	16,25
Fondo	34,38	12,31
Diferencia ( $\Delta x$ )	<b>0,13</b>	<b>3,94</b>

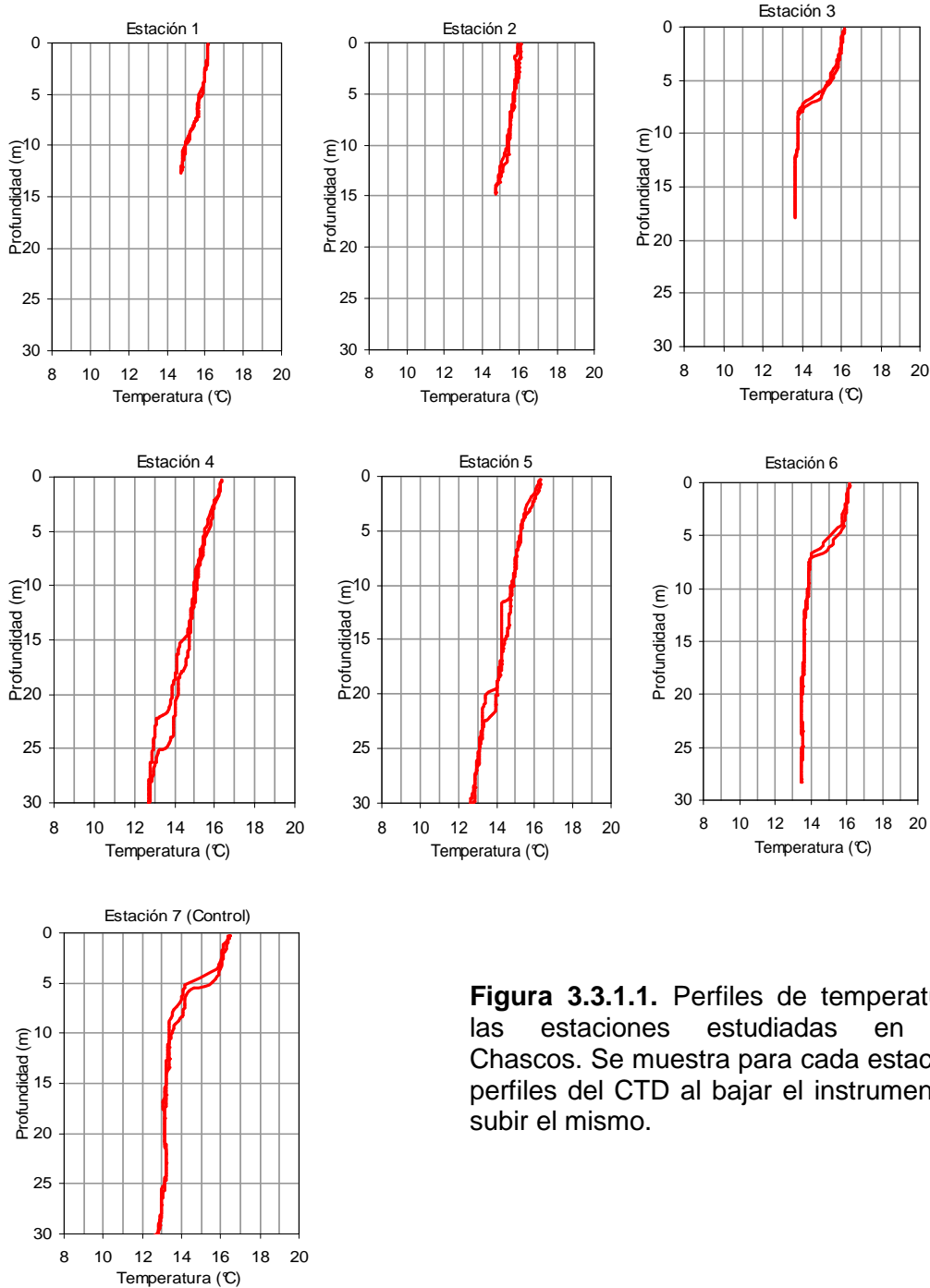
  

<b>Estación 6</b>	<b>Salinidad (psu)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>
Superficie	34,29	16,14
Fondo	34,27	13,45
Diferencia ( $\Delta x$ )	<b>0,02</b>	<b>2,69</b>

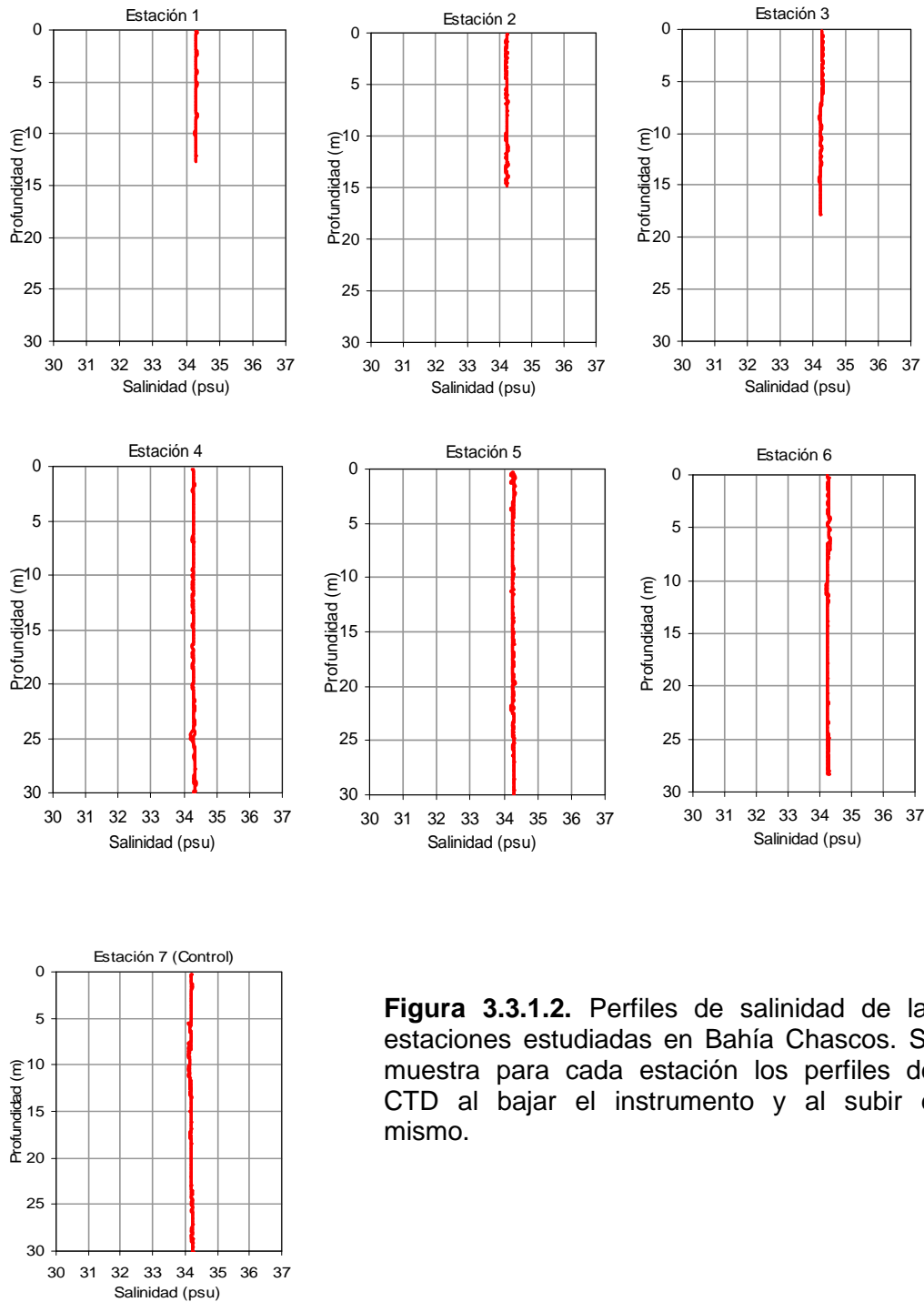
  

<b>Estación 7 (Control)</b>	<b>Salinidad (psu)</b>	<b>Temperatura (° C)</b>
Superficie	34,20	16,46
Fondo	34,30	15,56
Diferencia ( $\Delta x$ )	<b>0,1</b>	<b>0,9</b>






**Figura 3.3.1.1.** Perfiles de temperatura de las estaciones estudiadas en Bahía Chascos. Se muestra para cada estación los perfiles del CTD al bajar el instrumento y al subir el mismo.




**Figura 3.3.1.2.** Perfiles de salinidad de las estaciones estudiadas en Bahía Chascos. 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 IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	39
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

### 3.4 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y AGUAS COSTERAS

En esta campaña de verano, los resultados obtenidos en la columna de agua del sector de 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). Es posible observar importantes cambios en profundidad de los registros de temperatura, lo que repercute en una marcada termoclina en la mayoría de las estaciones muestreadas. Esto dificultaría la dispersión de cualquier sustancia vertida al medio marino en esta época del año. 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 prácticamente toda la columna de agua correspondería 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 Guía CONAMA para aguas marinas. Asimismo, los resultados indican que las aguas analizadas no presentan signos de alteración de la acidez (medida a través de los registros de **pH**), ni por **nitrateo** o **nitrogeno amoniacal** y muestran bajos contenidos de **grasas y aceites** y valores bajo el límite de detección de **cloro residual**, **fenoles** y **sulfuros**. Las concentraciones de **sulfatos** se hallarían dentro de lo esperado de acuerdo a la salinidad de las aguas analizadas.

Respecto a los hidrocarburos y sus fracciones, se verificó en esta campaña de verano ausencia de **hidrocarburos alifáticos** (valor el límite de detección), y contenidos de **hidrocarburos totales** y **aromáticos policíclicos** que clasificarían a las aguas como de buena a excelente calidad para estos parámetros.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	40
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En el caso de los contenidos de **metales pesados (níquel, plomo y vanadio)**, 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 estos parámetros.


Respecto a las muestras de playa, los resultados indican que, de los parámetros que se encuentran normados, todos se hallan dentro de lo indicado por la futura norma. Esta condición coincidiría con lo hallado en la columna de agua marina, para la mayoría de los parámetros, a excepción de los sólidos suspendidos, los que mostraron concentraciones en las aguas costeras mayores a las registradas en la columna de agua. 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 en esta campaña de invierno, indica claramente que en la actualidad esta matriz no se encuentra alterada por los parámetros analizados.

### 3.5 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y AGUAS COSTERAS

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

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	41
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

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

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

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


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

**EcoTecnos Ltda.** 2002. Declaración de Impacto Ambiental para el Proyecto Crianza y Engorde de Salmones en Isla Teuquelin, 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.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	42
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

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

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

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

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


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

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

**Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de Chile (SHOA).**  
[http://www.shoa.cl/cendhoc\\_php/index.htm](http://www.shoa.cl/cendhoc_php/index.htm). Revisado el 02/04/2009.

**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 IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	43
		Fecha de emisión: 09/04/2009	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 06 de febrero de 2009 se llevó a cabo el muestreo de sedimentos marinos submareales en el sector de **Bahía Chascos**. La toma de muestras se desarrolló 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 invierno. 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 IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	44
		Fecha de emisión: 09/04/2009	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 Bahías Chascos, campaña de verano, 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 que los fondos predominantes en el área de estudio y sus alrededores oscilan entre *gránulo* (2 – 4 mm;  $-1\phi$ ) y *guijarro* (4 – 8 mm;  $-2\phi$ ). Así también, es posible apreciar que no existe una relación entre la profundidad de las estaciones y el tipo sedimentario predominante, dado que tanto las estaciones más profundas como aquellas de menor profundidad presentan tipos sedimentarios gruesos. Tampoco existe una relación entre el tipo sedimentario de las estaciones y su cercanía con la costa. Estos resultados son muy similares a los hallados en la campaña de invierno, donde los sedimentos predominantes resultaron ser los tipos gránulo (6 de las 7 estaciones muestreadas) y arena muy gruesa (estación Control).




	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	45
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 4.1.2.1**

Tipos sedimentarios medianos promedios de las estaciones estudiadas.  
Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009.

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

En tanto, los resultados de la **Tabla 4.1.2.2** muestran los diferentes estadígrafos calculados en los sedimentos de las estaciones estudiadas en el sector de Bahía Chascos. De acuerdo a la clasificación de Inmann (1952), los resultados de la Desviación Estándar Inclusiva ( $\sigma_1$ ) denotan que todas las estaciones muestreadas en esta actual campaña poseerían sedimentos *Mal Clasificados*. Estos resultados son coherentes con el tamaño promedio de ellos en cada estación e indicarían que probablemente los sedimentos de las estaciones estudiadas han sido transportados por agentes selectivos (olas, corrientes, vientos). No obstante lo anterior, debe recordarse que los límites establecidos en la clasificación cualitativa de los sedimentos están estrechamente controlados por la forma V o la función sinusoidal del tamaño promedio, por lo que generalmente los únicos sedimentos que caen en la categoría de los “bien clasificados” son las arenas medias y finas, y todas las arcillas, limos y gravas (fracciones gruesas) estarían “poco clasificados” o “muy mal clasificadas”.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	46
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 4.1.2.2**

Resultados de los diferentes estadígrafos calculados en los sedimentos de las estaciones estudiadas. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009.

Estación	Tamaño Promedio (M2) $\mu\text{m}$	Desviación Estándar Inclusiva ( $\sigma_1$ )	Asimetría (SK1)	Curtosis (Kg)
1	1081	2,094	-0,194	1,183
2	1057	2,029	-0,216	1,291
3	1053	2,780	-0,816	0,812
4	866	2,531	-0,328	1,091
5	799	2,066	-0,460	1,195
6	1142	2,125	-0,217	0,866
7	1115	2,037	-0,174	1,254

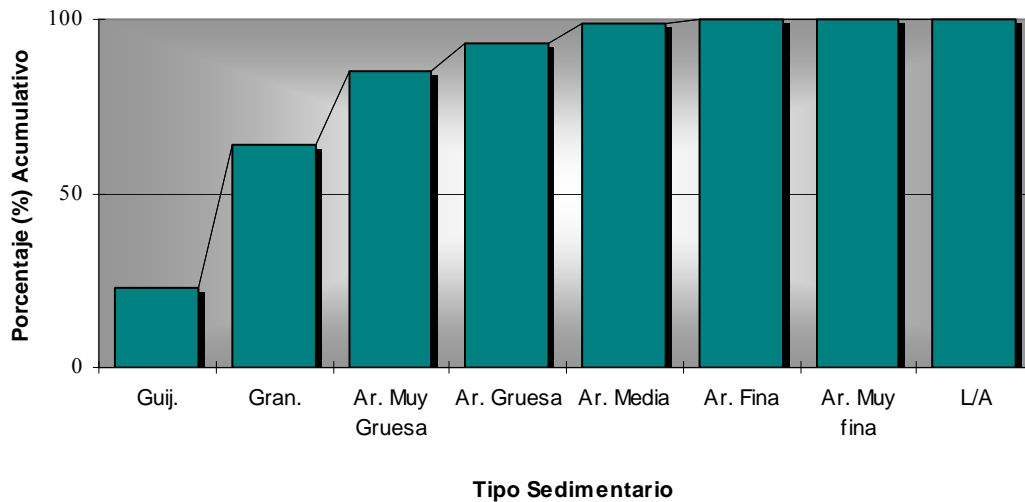
Por su parte, los resultados de la Asimetría (SK1) permiten clasificar descriptiva y cualitativamente las estaciones 1, 2, 6 y 7 como con *Moderado Exceso de Gruesos*, mientras las estaciones 3, 4 y 5 como con *Alto Exceso de Gruesos*. Estos resultados coincidirían con los gráficos de la granulometría por fracción sedimentaria (**Figuras 4.1.2.1b a 4.1.2.7b**). Cabe señalar que los valores positivos de SK1 indican que las muestras tienen finos en la “cola” de la curva, mientras que los valores negativos indican una cola de granos más gruesos.

Finalmente la escala cualitativa para la Curtosis (Kg) permite clasificar a las estaciones 1, 2, 5 y 7 en la jerarquía de *Leptocúrticas*; la estación 4 como *Mesocúrtica* y las estaciones 3 y 6 en el rango de *Platicúrticas*. Estos resultados se relacionarían más bien con el acercamiento o lejanía de las curvas a la “distribución normal” de las diferentes fracciones sedimentarias.

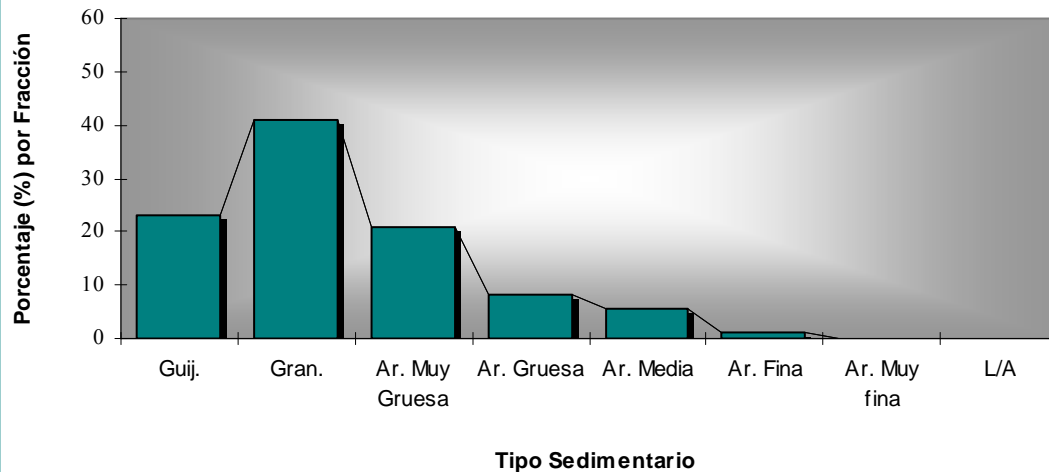
Los resultados descritos en su conjunto permiten concluir que el sector estudiado, en esta campaña de verano, presenta sedimentos dominados por el tipo gránulo, los que probablemente han sido transportados por agentes selectivos (olas, corrientes, vientos), siendo de importancia el efecto de las corrientes y las olas, las que por su magnitud no permitirían el asentamiento de fracciones de pequeño tamaño en los fondos marinos locales. Estos resultados son muy similares a los registrados en la campaña de invierno.



a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES  
Estación 1. Caleta Chascos. Febrero de 2009.

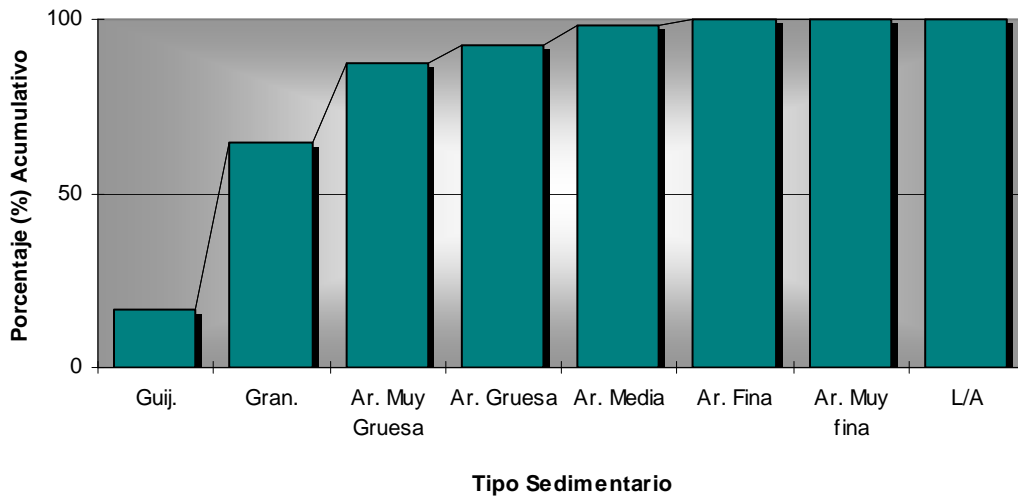


b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA  
Estación 1. Caleta Chascos. Febrero de 2009.

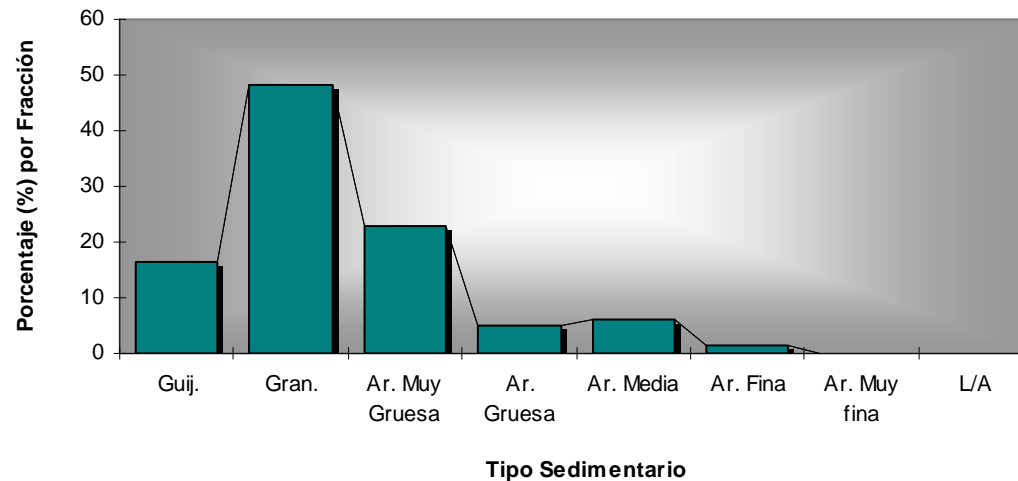


**Figura 4.1.2.1.** Análisis granulométrico de la estación 1. Sector Bahía Chascos.  
a) Porcentaje acumulativo de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

**a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES**  
Estación 2. Caleta Chascos. Febrero de 2009.

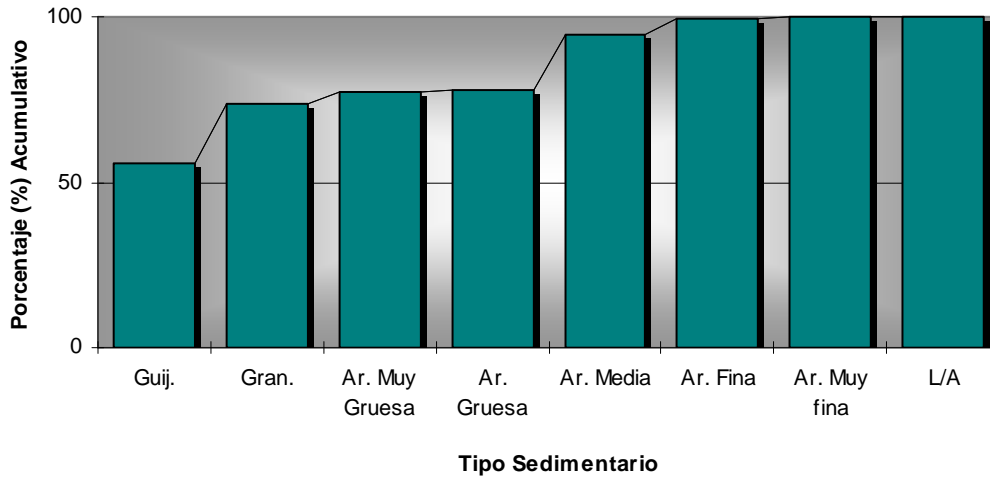


**b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA**  
Estación 2. Caleta Chascos. Febrero de 2009.

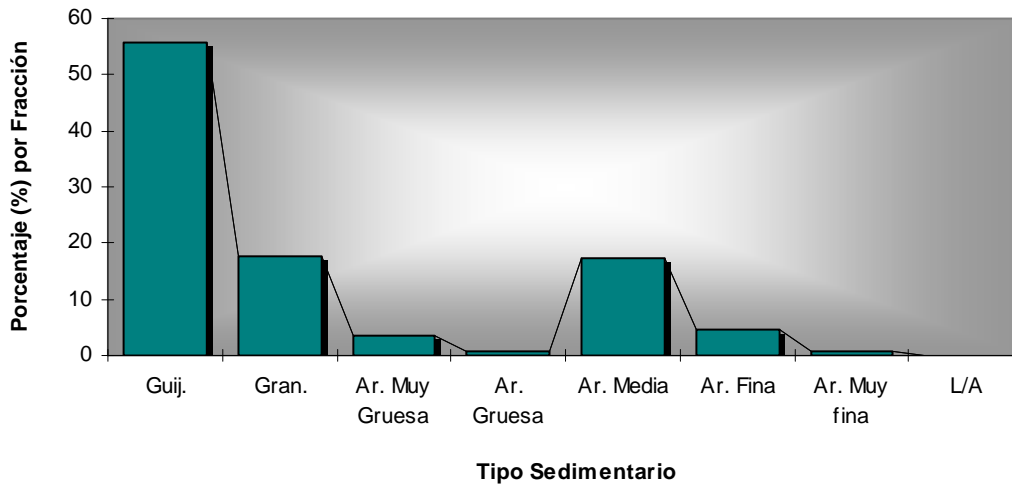


**Figura 4.1.2.2.** Análisis granulométrico de la estación 2. Sector Bahía Chascos.  
a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

**a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES**  
Estación 3. Caleta Chascos. Febrero de 2009.



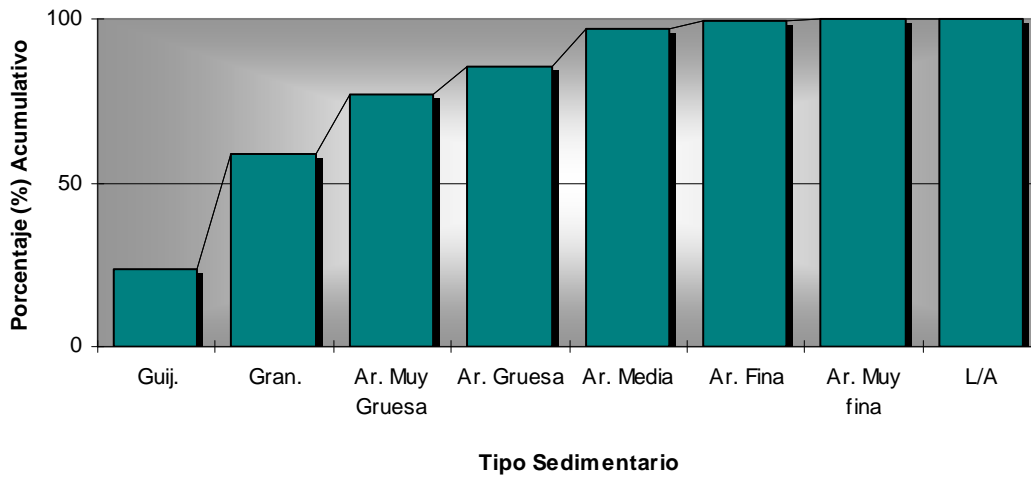
**b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA**  
Estación 3. Caleta Chascos. Febrero de 2009.



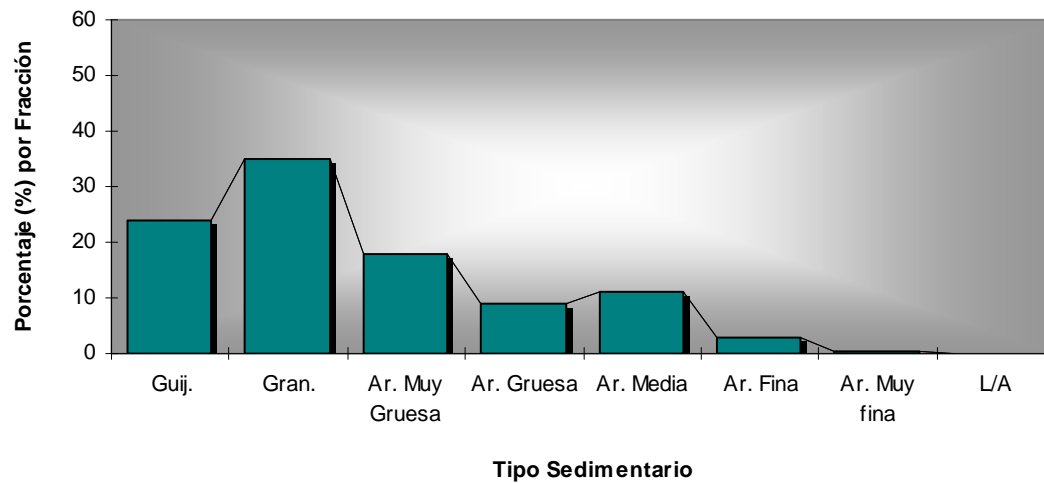
**Figura 4.1.2.3.** Análisis granulométrico de la estación 3. Sector Bahía Chascos.  
a) Porcentaje acumulativo de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.



a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES  
Estación 4. Caleta Chascos. Febrero de 2009.

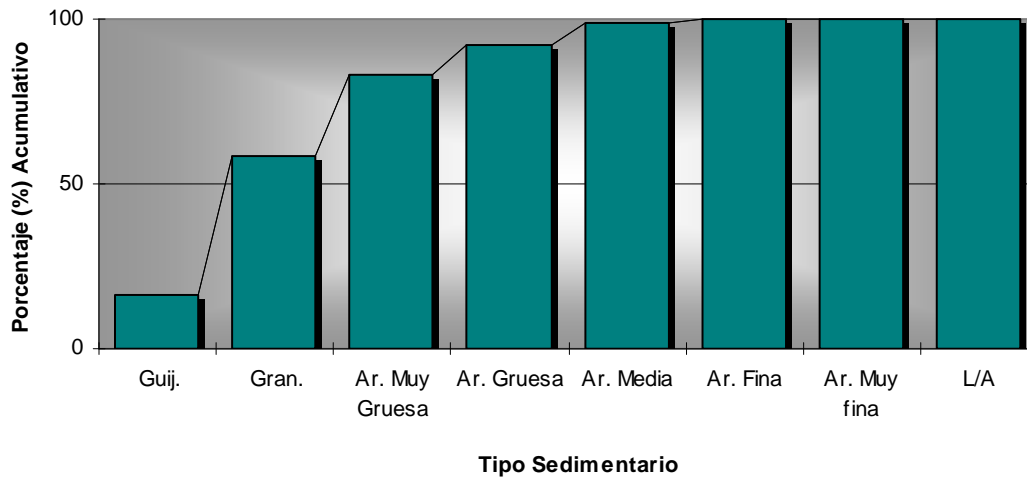


b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA  
Estación 4. Caleta Chascos. Febrero de 2009.

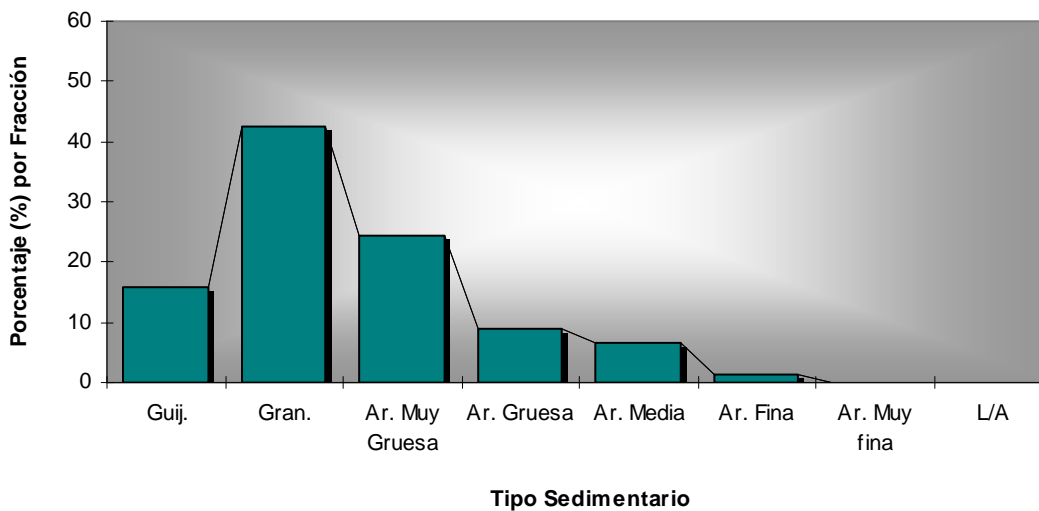


**Figura 4.1.2.4.** Análisis granulométrico de la estación 4. Sector Bahía Chascos.  
a) Porcentaje acumulativo de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

**a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES**  
Estación 5. Caleta Chascos. Febrero de 2009.

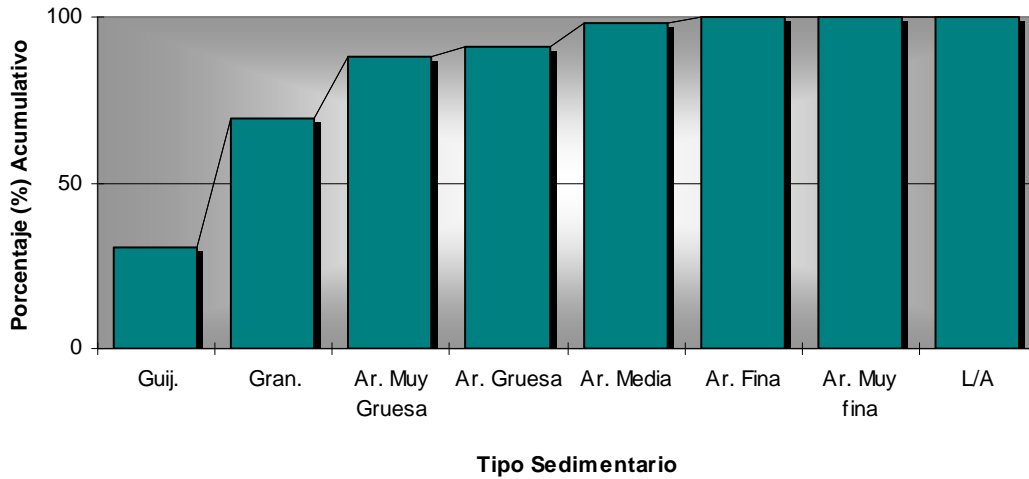


**b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA**  
Estación 5. Caleta Chascos. Febrero de 2009.

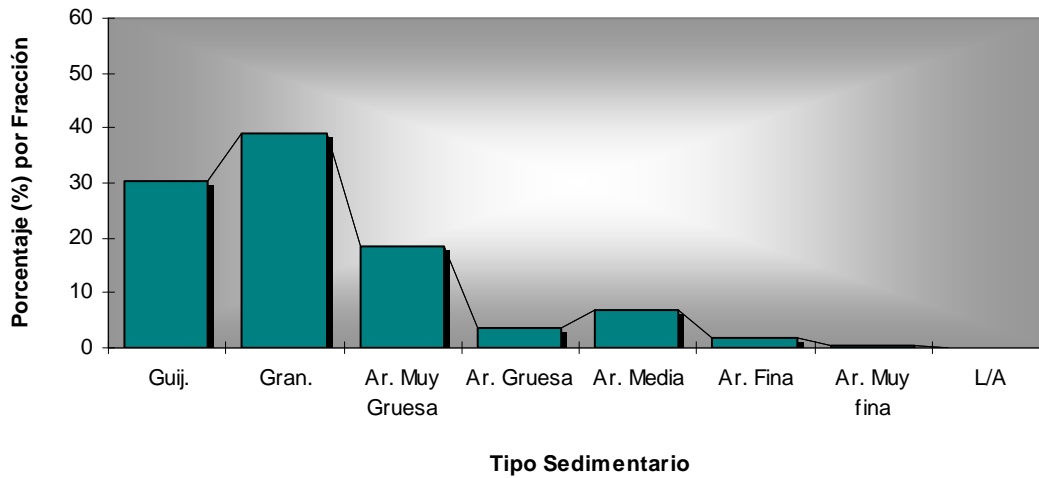


**Figura 4.1.2.5.** Análisis granulométrico de la estación 5. Sector Bahía Chascos.  
a) Porcentaje acumulado de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.

**a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES**  
Estación 6. Caleta Chascos. Febrero de 2009.



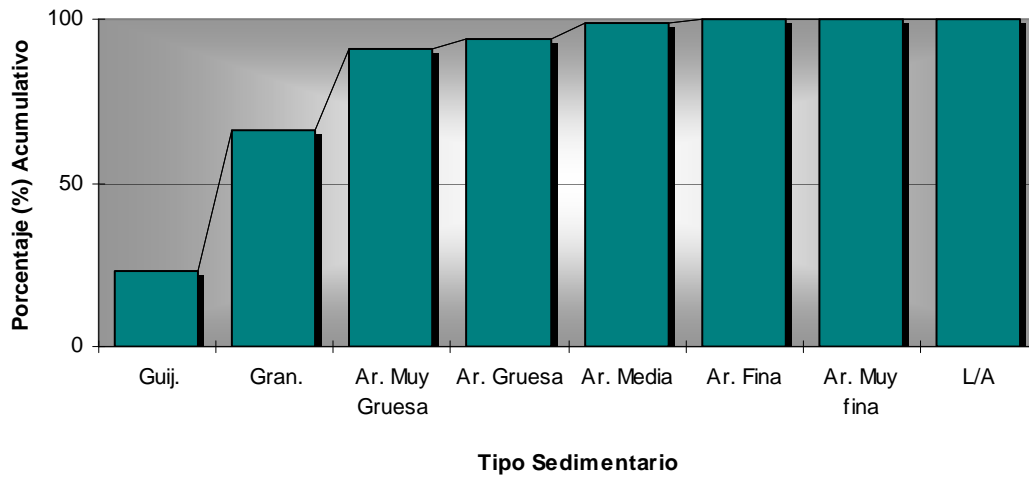
**b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA**  
Estación 6. Caleta Chascos. Febrero de 2009.



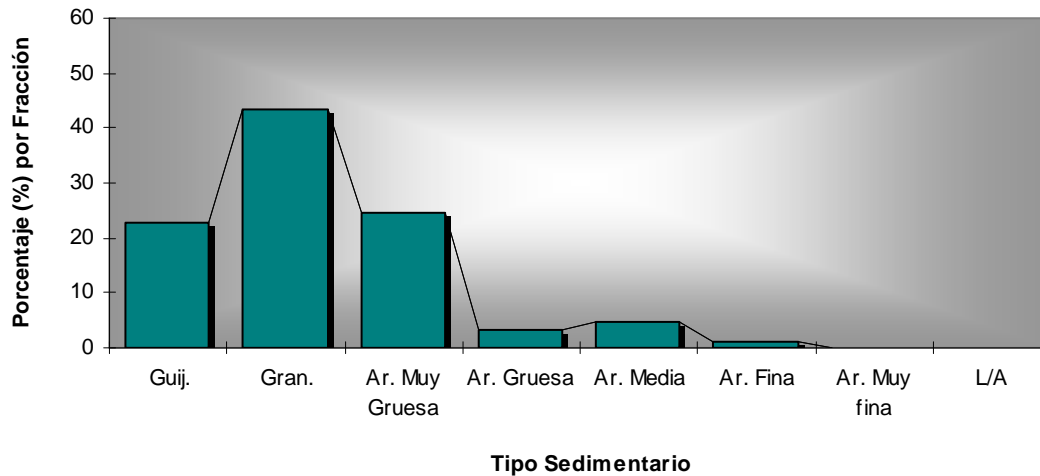
**Figura 4.1.2.6.** Análisis granulométrico de la estación 6. Sector Bahía Chascos.  
a) Porcentaje acumulativo de las fracciones sedimentarias; b) Granulometría por fracción sedimentaria.




**a) PORCENTAJE ACUMULATIVO DE LAS FRACCIONES**  
Estación 7. Caleta Chascos. Febrero de 2009.



**b) GRANULOMETRÍA POR FRACCIÓN SEDIMENTARIA**  
Estación 7. Caleta Chascos. Febrero de 2009.



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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	54
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 4.2 ANÁLISIS QUÍMICO


### 4.2.1 *Marco Regulatorio Ambiental*

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. A esto se ha adicionado información respecto a algunas normativas internacionales (USA-EPA, Canadá), con el fin de tener una referencia del estado de los sedimentos.

No obstante, considerando que en la legislación chilena (Ley Nº 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.

### 4.2.2 *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 4º 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 4.2.2**.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	55
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 4.2.2**

Parámetros y metodologías de análisis químico utilizadas en el estudio de sedimentos.  
Punta Cachos, sector Bahía Chascos. Febrero 2009.


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.

#### 4.2.3 Resultados del Análisis Químico

En la **Tabla 4.2.3.1** se detallan las concentraciones de **Materia Orgánica Total (MOT)** de los sedimentos analizados en esta actual campaña de verano. Éstos oscilaron entre 1,46% (estación 7, control) y 5,60% (estación 5). Estos porcentajes de MOT se encuentran dentro de un rango medio respecto a lo registrado en otros estudios de sedimentología realizados a nivel nacional (**Tabla 4.2.3.1**). En específico, los contenidos de MOT de este estudio son, en general, mayores a los citados en algunas áreas de Chiloé, como en el Canal Chiguao, Quellón, Punta Polucuhé, Punta Pumol (Isla Meulín) e Isla Taucolón, sectores que se encuentran actualmente libres de impacto antrópico. Sin embargo, son menores a los informados en sedimentos de Puerto Montt e islas Desertores-Apiao, como también se encuentran muy lejos de aquellos citados para otras áreas altamente poluídas, como la Bahía de San Vicente. Lo anterior permite concluir que el estado actual basal del área estudiada en esta campaña de verano no se encuentra particularmente alterado por materia orgánica. En tanto, cabe destacar que los porcentajes de MOT registrados en el actual

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	56
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

monitoreo son mayores a lo encontrado durante la campaña de invierno en el mismo sector, donde el rango fluctuó entre 0,72 – 2,18%. Estas diferencias responden más bien a la dinámica oceanográfica propia de las características químicas de los sedimentos.

**Tabla 4.2.3.1**

Concentraciones de Materia Orgánica Total (MOT) en porcentaje (%) encontradas en el presente estudio. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.


ESTACIÓN	MOT (%)
1	2,25
2	5,26
3	4,02
4	4,54
5	5,60
6	3,93
7 (Control)	1,46
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,86</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-Apio	5,78 ± 0,604
(7) Canal Chiguao (Chiloé) (promedio)	0,68
(8) Quellón (promedio)	0,33
(9) Punta Polucuhé, Isla Meulín (promedio)	0,53
(10) Punta Pumol, Isla Meulín (promedio)	0,20
(11) Isla Taucolón (promedio)	0,46

(1) Transredes S.A. (1998)  
(4) Carrasco & Carbajal (1995)  
(6) Alisan – Salpack (1999)  
(9) Silob Chile (2001)

(2) Ahumada (1992)  
(5) Chiang (1989)  
(7) Alimentos Pacific Star S.A. (2000)  
(10) Silob Chile (2002a)


(3) Ahumada (1994)  
(6) Silva *et al.* (1998)  
(8) Cultivos Yadrán S.A. (2001)  
(11) Silob Chile (2002b)

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	57
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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, ya que la granulometría de las estaciones estudiadas es muy similar, específicamente sedimento grueso del tipo guijarro y gránulo. La búsqueda de esta relación tiene sentido en el contexto de que, al menos teóricamente, los mayores valores de MOT tienden a hallarse en los sedimentos con mayor predominio de fracciones finas, puesto que éstos poseen una mayor relación superficie / volumen, pudiendo adsorber en su superficie altas proporciones de MOT.

En general, es posible indicar que las concentraciones de MOT en la zona de Bahía Chascos se encuentran en un rango medio, lejos de valores de zonas altamente contaminadas por materia orgánica (como la Bahía de San Vicente), aunque superiores a sectores de la región de Los Lagos (poca influencia antrópica). *En síntesis, las concentraciones de MOT de las estaciones estudiadas en las inmediaciones de Bahía Chascos indican ausencia de contaminación orgánica de los sedimentos en esta campaña de verano, similar a lo observado en invierno.*

En tanto, en la **Tabla 4.2.3.2** se visualizan los contenidos de **Cadmio** en los sedimentos del área de estudio. En este caso se observa que los valores oscilaron entre 1,00 mg/kg (estación 7, control) y 1,68 mg/kg (estación 6), es decir, se observa una distribución relativamente homogénea de este metal en los sedimentos. Comparativamente, las referencias de la **Tabla 4.2.3.2** permiten concluir que los valores registrados en este estudio son inferiores a la mayor parte de los encontrados en el litoral nacional. Es importante señalar que estas concentraciones son menores a las registradas durante la campaña de invierno para el mismo sector, donde los valores fluctuaron entre 4,38 – 4,89 mg/kg, respondiendo esta variación a la dinámica local de los sedimentos. 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). Sin embargo, se hallan muy por debajo del valor de efecto severo (10,0 mg/kg) indicado en la misma norma internacional. Así también, todas las concentraciones

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	58
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

registradas se encuentran 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 Bahía Chascos en esta campaña de verano es bajo y no evidencia alteración de los sedimentos por este metal pesado.*

**Tabla 4.2.3.2**

Concentraciones de Cadmio (Cd, mg/kg) encontradas en el presente estudio. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	CADMIO (mg/kg)
1	1,54
2	1,46
3	1,34
4	1,67
5	1,34
6	1,68
7 (Control)	1,00
<b>PROMEDIO</b>	<b>1,43</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)

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	59
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Por su parte, los valores de **Cromo** de los sedimentos de Bahía Chascos (**Tabla 4.2.3.3**), indican una fluctuación en el área de estudio de entre 6,64 mg/kg (estación 7, control) y 14,34 mg/kg (estación 5). No es posible apreciar una clara distribución de las concentraciones de cromo en el área de estudio, registrando la estación Control un valor muy similar al hallado en la estación 3. Cabe destacar que estas concentraciones se encuentran dentro del rango registrado durante el ELB de invierno, donde los valores fluctuaron entre 3,45 – 22,8 mg/kg.

**Tabla 4.2.3.3**

Concentraciones de Cromo (Cr, mg/kg) encontradas en el presente estudio. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.


ESTACIÓN	CROMO (mg/kg)
1	8,00
2	9,13
3	6,81
4	12,97
5	14,34
6	11,47
7 (Control)	6,64
<b>PROMEDIO</b>	<b>9,90</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)


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	60
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Bajo el punto de vista comparativo, la **Tabla 4.2.3.3** muestra que todas las concentraciones referenciadas 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 Bahía Chascos no presentan alteración por cromo*.

Respecto a los contenidos de **Mercurio** en los sedimentos submareales de Bahía Chascos, la **Tabla 4.2.3.4** muestra que éstos oscilaron entre 0,171 (estación 6) y 0,268 mg/kg (estación 2). Al igual que en el caso del cromo, no se aprecia una clara distribución de los valores de mercurio en el área, registrando la estación Control un valor cercano al hallado en la estación 1 de la zona del proyecto. Asimismo, las concentraciones de mercurio registradas en la actual campaña son levemente inferiores al rango hallado en el ELB de invierno (0,224 – 0,525 mg/kg).

En tanto, comparativamente el 57, 14% de las muestras registradas en el área de estudio se encuentran sobre el Nivel de Efecto Ligero de la normativa de Ontario. Sin embargo, el 100% de las estaciones se encuentran bajo el Nivel de Efecto Severo de la normativa canadiense y bajo el valor umbral establecido por la EPA. De lo anterior es posible concluir que *los sedimentos submareales de las inmediaciones de Bahía Chascos analizados presentan leves indicaciones de alteración por mercurio*. En necesario destacar que para la campaña de invierno todas las estaciones muestreadas arrojaron concentraciones de mercurio superiores al Nivel de Efecto Ligero de la normativa de Ontario, por lo que es probable que estos sedimentos sean naturalmente ricos en este metal pesado.



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	61
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 4.2.3.4**

Concentraciones de Mercurio (Hg, mg/kg) encontradas en el presente estudio. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	MERCURIO (mg/kg)
1	0,218
2	0,268
3	0,183
4	0,190
5	0,211
6	0,171
7 (Control)	0,223
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,209</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)

Por su parte, en la **Tabla 4.2.3.5** se detallan las concentraciones de **Níquel** de los sedimentos analizados en Bahía Chascos. Los valores de este metal pesado oscilaron entre 12,1 mg/kg (estación 4) y 16,7 mg/kg (estación 7). Estos valores son inferiores a los registrados durante la campaña de invierno en el mismo sector, donde el rango de concentración de níquel fluctuó entre 17,19 – 26,02 mg/kg. En tanto, si los resultados obtenidos de esta campaña de verano se comparan con las referencias citadas, es posible apreciar que todos los contenidos son en general 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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	62
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Norteamérica (EPA), todas las estaciones arrojan valores por debajo lo estipulado, además se encuentran muy por debajo lo informado por Alam & Sadiq (1993) para sedimentos no impactados de Antártica. Lo anterior permite concluir que, los *sedimentos del área estudiada en los alrededores de Bahía Chascos no se encuentran alterados por el metal pesado níquel en esta campaña de verano.*

**Tabla 4.2.3.5**

Concentraciones de Níquel (Ni, mg/kg) encontradas en el presente estudio. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.


ESTACIÓN	NÍQUEL(mg/kg)
1	16,1
2	13,5
3	16,2
4	12,1
5	14,8
6	14,8
7 (Control)	16,7
<b>PROMEDIO</b>	<b>14,3</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 IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	63
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Por su parte, en la **Tabla 4.2.3.6** se visualizan los contenidos de **Plomo** en las estaciones de Bahía Chascos. El menor valor de plomo se registró en la estación 7 (20,6 mg/kg), mientras que el mayor se halló en la estación 6 (30,8 mg/kg). Este rango de valores es inferior al registrado en la campaña de invierno (30,5 a 50,1 mg/kg), revelando la variabilidad y dinámica de las características químicas de los sedimentos en el área de estudio.

Si se consideran las referencias de la **Tabla 4.2.3.6**, es posible aseverar que los contenidos de plomo de las estaciones estudiadas se encuentran en un rango medio, donde la mayoría de las muestras se halla sobre lo registrado en los distintos estudios en el litoral nacional. Sin embargo, 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) y los estándares de calidad de sedimentos marinos del estado de Washington (WADOE, 1991) (**Tabla 4.2.3.7**), es posible observar que los sedimentos del sector de Bahía Chascos no se encuentran alteradas por plomo, siendo todas las concentraciones menores a las indicadas por estas normativas internacionales. Por lo tanto, utilizando las normas mundialmente aceptadas, *es posible aseverar que los niveles de plomo de los sedimentos estudiados en los alrededores de Bahía Chascos se encontrarían en rangos de no alteración, situación similar a la observada en la campaña de invierno.*

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	64
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 4.2.3.6**

Concentraciones de Plomo (Pb, mg/kg) encontradas en el presente estudio. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	PLOMO (mg/kg)
1	29,4
2	29,0
3	20,8
4	28,7
5	28,2
6	30,8
7 (Control)	20,6
<b>PROMEDIO</b>	<b>26,7</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)              | (2) Ahumada (1995)                 | (3) Chiang (1989)                  |
| (4) Carrera <i>et al.</i> (1993) | (5) Salamanca <i>et al.</i> (1988) | (6) Salmones Antártica S.A. (2000) |
| (7) Ocean Horizons (2001)        | (8) Tesam Hartley (1994)           | (9) Araujo <i>et al.</i> (1988)    |
| (10) Forest <i>et al.</i> (1978) | (11) Cultivos Yadrán S.A. (2001)   |                                    |

**Tabla 4.2.3.7**

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

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

- (A) Environmental Protection Agency, Estados Unidos (Army Corps of Engineers, 1977)  
 (B) National Oceanic and Atmospheric Administration (Long & Morgan, 1991)  
 (C) Washington State (WADOE, 1991).

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	65
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En tanto, en la **Tabla 4.2.3.8** se observa que los contenidos de **Vanadio** en los sedimentos submareales obtenidos en este estudio son bajos (0,114 – 5,869 mg/kg) y se encuentran en los rangos inferiores de los citados como “normales” para sedimentos marinos. Asimismo, este rango de valores es inferior al registrado en la campaña de invierno (5,04 – 12,1 mg/kg). Los datos obtenidos permiten indicar que los *sedimentos analizados en forma adyacente al sector de Bahía Chascos no se encontrarían alterados por este metal (vanadio) en la campaña de verano.*

**Tabla 4.2.3.8**

Concentraciones de Vanadio (V, mg/kg) encontradas en el presente estudio. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	VANADIO (mg/kg)
1	0,226
2	2,474
3	0,114
4	4,437
5	5,869
6	3,059
7 (Control)	1,046
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,46</b>

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

(1) Ahumada (1998)


(2) EcoTecnos Ltda. (2004)

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

(4) Calvert (1976)

(5) Miramand & Fowler (1998)

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	66
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

la estación 1 (2,44 mg/kg) y el mayor en la estación 3 (10,01 mg/kg). Este rango de valores es similar al registrado en la campaña de invierno (4,71 a 18,5 mg/kg).


**Tabla 4.2.3.9**

Concentraciones de Zinc (Zn, mg/kg) encontradas en el presente estudio. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero 2009. Se informan como referencia concentraciones de este metal encontradas en diferentes estudios y localidades.

ESTACIÓN	ZINC (mg/kg)
1	2,44
2	4,39
3	10,01
4	5,62
5	4,14
6	4,89
7 (Control)	3,56
<b>PROMEDIO</b>	<b>5,00</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)                 | (2) Chiang (1989)                   | (3) EcoTecnos Ltda. (2004)       |
| (4) Salamanca <i>et al.</i> (1988) | (5) Ahumada (1992)                  | (6) Ocean Horizons S.A. (2001)   |
| (7) Salm. Antártica S.A. (2000)    | (8) Cultivos Yadrán S.A. (2001)     | (9) Lecaros & Lorenzo (1994)     |
| (10) Tesam Hartley (1994)          | (11) Araujo <i>et al.</i> (1988)    | (12) Forest <i>et al.</i> (1978) |
| (13) Zarba (1989)                  | (14) Ministry of Environment (1993) |                                  |


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	67
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Comparativamente hablando, es claro que los niveles de zinc obtenidos en el sector de Bahía Chascos son bajos y son inferiores al rango citado para otras áreas del litoral nacional e internacional. Asimismo, la comparación de los contenidos de este estudio con lo legislado por la EPA (760 mg/kg) y el nivel de efecto ligero de Ontario-Canadá (120 mg/kg), permiten concluir que los *sedimentos del área de estudio se encuentran libres de alteración por zinc, situación similar a la observado en la campaña de invierno.*

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


Los resultados obtenidos en Bahía Chascos en esta campaña de verano permiten concluir que, desde el punto de vista granulométrico, los fondos predominantes en el área de estudio y sus alrededores son en su mayoría del tipo gránulo, es decir, fracciones gruesas del sedimento. El predominio de este tipo de fracciones indicaría que probablemente los sedimentos de las estaciones estudiadas han sido transportados por agentes selectivos (olas, corrientes y vientos), siendo importante el efecto de las corrientes en la escasa presencia de fracciones finas. Estos resultados ya fueron obtenidos en la campaña de invierno, lo que confirma la presencia de agentes activos en la conformación de los sedimentos del área de estudio.

En cuanto a las características químicas, los sedimentos no presentarían exceso de materia orgánica (medida en este estudio como MOT), lo que descarta un aporte exógeno (antrópico) de descargas orgánicas a los sedimentos submareales. Respecto a los niveles de los restantes parámetros químicos estudiados, se observa que para todos los metales pesados estudiados, los rangos de concentraciones obtenidos se hallarían dentro de aquellos citados en otras zonas costeras nacionales o bajo las normativas internacionales de referencia. *En definitiva, los sedimentos muestreados en el área de Bahía Chascos para esta campaña de verano se encontrarían libres de alteración por materia orgánica y por los metales pesados analizados.*

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	68
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Por otra parte, cabe mencionar que se observa para prácticamente la totalidad de los parámetros analizados, variaciones en los contenidos entre la campaña de verano e invierno, registrándose en el caso del contenido de materia orgánica y el cadmio, contenidos superiores en verano respecto al invierno, mientras que para el mercurio, níquel, plomo y vanadio, las concentraciones fueron menores en la campaña de verano. Para el cromo y el zinc los contenidos fueron similares entre ambas campañas. En principio la primera idea que surge de estos resultados es concebir estos cambios en las concentraciones de metales traza y MOT como productos de la variabilidad estacional, lo cual es correcto considerando la dinámica de las corrientes locales y las características granulométricas de los sedimentos. No obstante a esto habría que adicionar que algunos autores, como Krumgalz *et al.* (1989), han observado diferencias significativas en los contenidos de metales pesados muestreados en el mismo lugar en *menos de 8 horas*, lo que obviamente no se relaciona con variaciones estacionales. Asimismo, los mismos autores han determinado grandes variaciones de los contenidos de metales pesados entre estaciones separadas por solo 10 metros una de otra. Por tanto, resulta claro al momento de evaluar los “contenidos reales” de metales pesados en los sedimentos de las estaciones monitoreadas, que en éstas existe una fuerte variación y que, por tanto, en ninguna circunstancia pueden considerarse estos valores como “fijos” (en su concepto de totalidad) para cada área estudiada, y sólo constituyen un acercamiento de los posibles rangos de concentraciones de los componentes estudiados, lo que se ha dado en denominar “Field Error” (Krumgalz *et al.*, 1989). Por lo anterior, debe indicarse que los contenidos de los parámetros analizados en los sedimentos son de carácter dinámico y deben, por tanto, considerarse tanto las concentraciones halladas en verano como en invierno.



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	69
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

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

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


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

**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.

 EcoTECNOS	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	70
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**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.

**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.

**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.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	71
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**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. Austin, Texas, 182 P.

**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.

**Krumgalz, B., Fainshtein, G., Sahler, M. & L. Gorfunkel.** 1989. "Field Error" Related to Marine Sediment Contamination Studies. Mar. Poll. Bull. 20(2): 64-69.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	72
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**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.

**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.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	73
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**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.

**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.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	74
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**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.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	75
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 5. ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS

### 5.1 CAMPAÑA DE MEDICIONES

La caracterización dinámica del área de proyecto, se realizó con el método euleriano, es decir, con mediciones continuas de corrientes marinas en estación fija, y además, describiendo el comportamiento de los componentes advectivos, a través de mediciones lagrangianas.

La campaña de verano de las mediciones oceanográficas, desarrollada en el marco del proyecto “Puerto Castilla”, se efectuó entre febrero y marzo de 2009. Los parámetros oceanográficos medidos durante la presente campaña y el período de mediciones en el cual se realizaron, se listan a continuación:

#### Correntometría Fija (Euleriana)

- 08 de febrero al 15 de marzo 2009.

#### Correntometría Lagrangiana


- Derivadores            08 de febrero de 2009 (Sicigia, Vaciente)  
                                  09 de febrero de 2009 (Sicigia, Llenante)  
                                  15 de febrero de 2009 (Cuadratura, Vaciente y Llenante)
- Dispersión             08 de febrero de 2009 (Sicigia, Vaciente)  
                                  09 de febrero de 2009 (Sicigia, Llenante)  
                                  15 de febrero de 2009 (Cuadratura, Llenante y Vaciente)
- Deriva Litoral        09 de febrero de 2009 (Sicigia, Llenante y Vaciente)  
                                  15 de febrero de 2009 (Cuadratura, Llenante y Vaciente)

#### Mediciones de Viento

- 08 de febrero al 15 de marzo 2009.

#### Mareas

- 08 de febrero al 15 de marzo 2009.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	76
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 5.2 CORRENTOMETRÍA EULERIANA

### 5.2.1 Materiales y Métodos

Los estudios eulerianos por corresponder a mediciones en un mismo sitio, durante varios días, permiten determinar el grado de variabilidad e intensidad de las corrientes. Las mediciones de corrientes eulerianas en estación fija, se realizaron desde el 08 de febrero hasta el 15 de marzo de 2009, para lo cual se operó un perfilador de corrientes acústico Doppler (ADCP), programado para registrar la intensidad y dirección de la circulación cada 10 minutos, en capas de agua cada 1 m de profundidad, desde superficie hasta 2,5 m sobre el fondo marino. Los 2,5 m sobre el fondo marino, se deben a la altura de la base de fondeo y la zona de blanqueo propio del equipo de medición. El ADCP fue fondeado en un punto con las siguientes coordenadas (**Figura 2.1**):

Sector	Coordenada Norte	Coordenada Este	Inicio Mediciones	Final Mediciones
Bahía Chascos	6938348	300556	08/02/2009 12:30	15/03/2009 11:10


(Datum WGS - 84)

El ADCP fue instalado en el veril de 210 metros (aproximadamente), con respecto al Nivel de Reducción de Sondas (NRS).

El instrumento fue programado para registrar en forma continua, el perfil de la corriente cada 1 metro de profundidad y en intervalos cada 10 minutos.

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



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	77
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


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

Preliminarmente se eliminaron las capas influenciadas por aire, para lo cual se consideró el nivel de más baja marea registrada por el equipo ADCP. En función de lo anterior se seleccionaron las capas de agua con profundidades superiores o iguales a 1 m, respecto del nivel de más baja marea.

Entre los análisis realizados se encuentra la frecuencia de magnitudes y direcciones, y las magnitudes medias, máximas y residuales para cada capa de agua o profundidad.

Además, se realizó un análisis del comportamiento de las capas de agua de superficie (1 m respecto del nivel de baja marea), intermedia (9 m) y de fondo (18 m), para lo cual se determinó la frecuencia de direcciones por rango de magnitud, las magnitudes medias y máximas para un rosa de 8 direcciones, el diagrama de vector progresivo y el patrón de variación diurno y semidiurno.

Para estimar variaciones periódicas, se calculó el autoespectro de las corrientes con el método propuesto por Jenkins y Watts (1968), a partir de los datos horarios con previa eliminación de la tendencia. Este análisis se hizo para las componentes cartesianas V y U, en el sentido de la orientación paralela y perpendicular a costa, respectivamente. Para este efecto, la dirección de la corriente fue rotada 45° en sentido de los punteros del reloj.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	78
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 5.2.2 Resultados de Correntimetría Euleriana

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

- **Estadística General de los Registros**

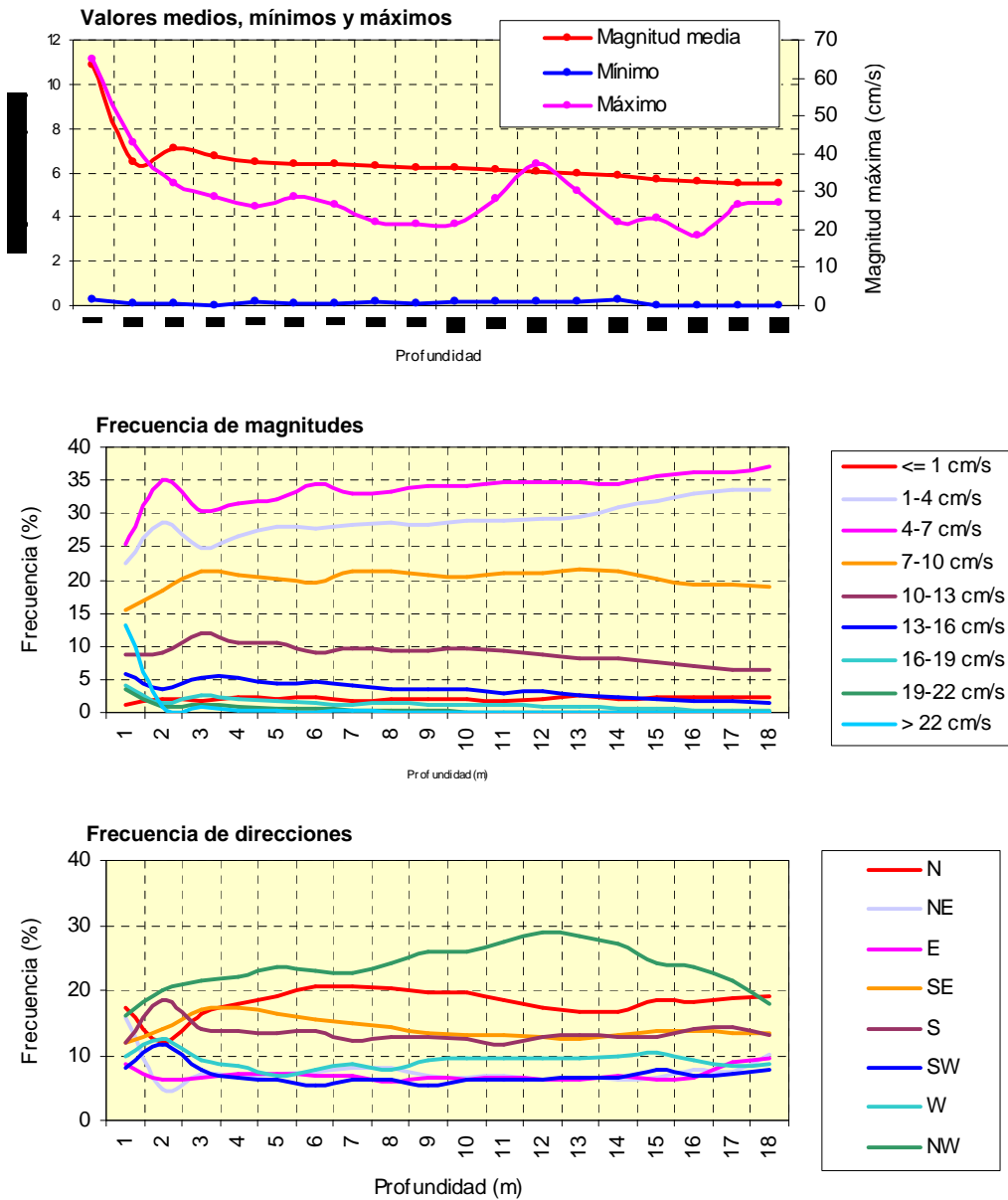
La estadística general de las magnitudes y direcciones de las corrientes por capa de agua en esta campaña de verano se indica en la **Figura 5.2.2.1**.

### Análisis de Magnitudes


El análisis de las magnitudes medias por capa de agua (**Figura 5.2.2.1**), evidencia un patrón de distribución vertical decreciente con la profundidad, con magnitudes medias fluctuando entre 10,9 cm/s (superficie) y 5,5 cm/s (fondo). Por su parte, los registros máximos fluctuaron entre 20 cm/s y 65 cm/s (**Figura 5.2.2.2**), correspondiendo las mayores magnitudes a los estratos superiores de la columna de agua, con excepción de la capa de agua de 12 m, que registró un máximo relativo de 30 cm/s.

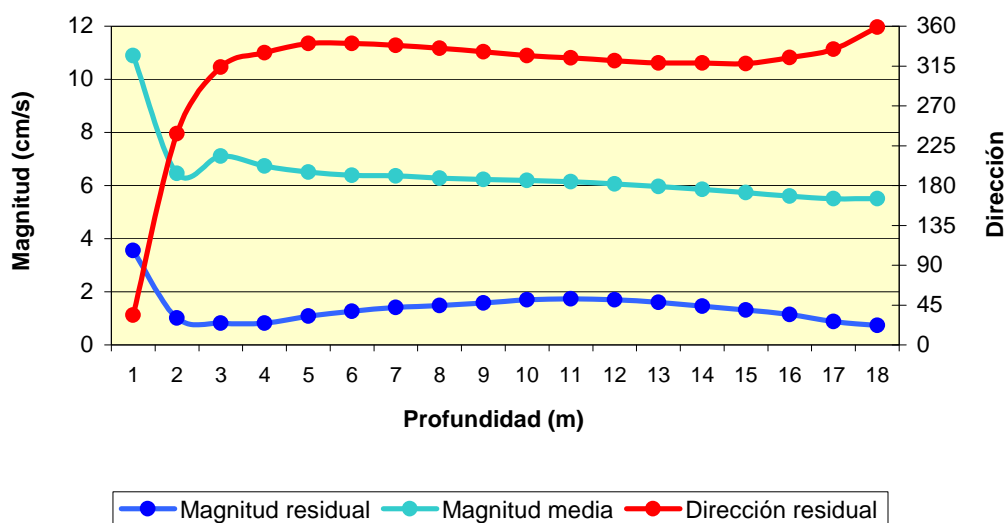
Respecto de los valores mínimos, se registraron condiciones estancas ( $< 0,3$  cm/s), en todas las capas de agua.

La distribución de casos por rango de magnitud (**Figura 5.2.2.1**), evidencia un amplio espectro de valores. En términos generales, las magnitudes de las corrientes se agrupan mayoritariamente en el rango inferior a 10 cm/s, con excepción de la capa de agua más superficial que evidenció valores superiores.



**Figura 5.2.2.1.** Estadística general de corrientes por capa de agua. Campaña de verano, sector Bahía Chascos.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	80
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	



**Figura 5.2.2.2.** Valores medios de la corriente (valores residuales y medios). Campaña de verano, sector Bahía Chascos.


### Análisis de Direcciones

La distribución de casos por rango de dirección (**Figura 5.2.2.1**), da cuenta de un patrón direccional dirigido mayoritariamente hacia el NW o N, con excepción de las capas de agua más superficiales, donde se evidencia un patrón direccional variable.

### Transporte Residual

La **Figura 5.2.2.2** entrega las magnitudes y direcciones de la corriente residual de cada capa de agua (campaña de verano). Estas magnitudes representan la corriente neta, una vez que se han eliminado todas las fluctuaciones de corto período, debido a la marea y/o vientos (brisa marina u oscilaciones inerciales), y por lo tanto, el transporte residual describe el comportamiento medio de la masa de agua en una determinada dirección.

Los resultados evidencian que el transporte de agua se verifica hacia el NW o N en toda la columna de agua, es decir, saliendo de la Bahía, con excepción de la capa superficial donde se registra un flujo neto hacia el NE.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	81
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Análisis de las Capas de Agua**

### Estadística Descriptiva

La estadística general de los registros de corrientes de las capas de agua de superficie, intermedia y de fondo en esta campaña de verano, se entrega en la **Tabla 5.2.2.1**. Las **Figuras 5.2.2.3** y **5.2.2.4** presentan los histogramas de dirección y magnitud de la corriente, respectivamente.


Los resultados evidencian que la capa de agua superficial presenta una distribución direccional variable, donde ninguna dirección tiene destacada participación. Por su parte, el estrato intermedio y de fondo presenta una tendencia a fluir hacia el cuarto cuadrante, es decir, hacia el NW o N, con un 40% a 45% de incidencia para estas dos direcciones, lo que representa una dinámica dirigida en sentido aproximadamente coincidente con la geometría de la línea de costa.

Respecto de las magnitudes de las corrientes, la capa de agua superficial evidencia un amplio espectro de valores, incluso se registran magnitudes sobre 22 cm/s con una frecuencia de 13%. Por su parte, las magnitudes de la corriente del estrato intermedio y de fondo, se agruparon mayoritariamente en el rango inferior a 10 cm/s, con un 86% y 92% de los casos, respectivamente.

La magnitud media mensual varía de 10,9 cm/s en la capa de agua superficial, a valores de 6,2 cm/s en el estrato intermedio, y de 5,5 cm/s en la capa de fondo (**Tabla 5.2.2.2**).

Regularmente, se evidencian pulsos de corrientes con magnitudes superiores a 20 cm/s, que se registran en el estrato superficial de agua (**Figura 5.2.2.5**).

En términos generales, se distingue una tendencia de la corriente a adoptar una dirección coincidente con la geometría de la línea de costa. Lo anterior es más evidente para la

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	82
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

capa de agua intermedia y de fondo, y cuando la circulación se intensifica, tal como lo sugiere el diagrama de dispersión mostrado en la **Figura 5.2.2.6**.


**Tabla 5.2.2.1**  
Estadística de corrientes. Sector Bahía chascos.

**Capa superficial**

<b>FRECUENCIA (%) DE CORRIENTES</b>									
<b>MAGNITUD (cm/s)</b>	<b>DIRECCION</b>								<b>TOTAL (%)</b>
	<b>N</b>	<b>NE</b>	<b>E</b>	<b>SE</b>	<b>S</b>	<b>SW</b>	<b>W</b>	<b>NW</b>	
<b>&lt;= 1</b>									<b>1,013</b>
1-4	2,762	2,007	2,205	2,643	3,497	3,060	3,119	3,417	22,710
4-7	4,351	2,364	1,411	2,464	3,775	2,702	3,298	5,126	25,492
7-10	3,497	1,550	0,894	1,729	2,205	1,093	1,411	3,040	15,418
10-13	1,689	1,629	0,695	1,272	1,093	0,358	0,596	1,570	8,901
13-16	1,272	1,331	0,656	0,676	0,278	0,298	0,457	0,854	5,822
16-19	0,795	0,974	0,517	0,755	0,219	0,079	0,318	0,517	4,172
19-22	0,874	0,715	0,576	0,457	0,079	0,079	0,139	0,457	3,378
> 22	1,907	5,245	1,709	1,788	0,755	0,139	0,497	1,053	13,094
<b>TOTAL %</b>	<b>17,147</b>	<b>15,816</b>	<b>8,663</b>	<b>11,782</b>	<b>11,901</b>	<b>7,808</b>	<b>9,835</b>	<b>16,034</b>	<b>100,000</b>

**Capa Intermedia**

<b>FRECUENCIA (%) DE CORRIENTES</b>									
<b>MAGNITUD (cm/s)</b>	<b>DIRECCION</b>								<b>TOTAL (%)</b>
	<b>N</b>	<b>NE</b>	<b>E</b>	<b>SE</b>	<b>S</b>	<b>SW</b>	<b>W</b>	<b>NW</b>	
<b>&lt;= 1</b>									<b>1,530</b>
1-4	5,186	2,861	2,960	3,437	3,835	3,199	4,033	3,874	29,386
4-7	6,537	2,643	2,106	4,331	4,212	2,245	3,855	8,246	34,174
7-10	4,610	0,815	0,656	2,921	2,802	0,477	1,133	7,034	20,445
10-13	2,205	0,139	0,179	1,550	0,874	0,099	0,298	4,312	9,656
13-16	0,715	0,020	0,000	0,596	0,457	0,020	0,040	1,768	3,616
16-19	0,199	0,000	0,000	0,139	0,040	0,000	0,000	0,676	1,053
19-22	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,000	0,000	0,099	0,139
> 22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>TOTAL %</b>	<b>19,452</b>	<b>6,477</b>	<b>5,901</b>	<b>12,994</b>	<b>12,239</b>	<b>6,040</b>	<b>9,358</b>	<b>26,008</b>	<b>100,000</b>

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	83
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 5.2.2.1 (continuación).**

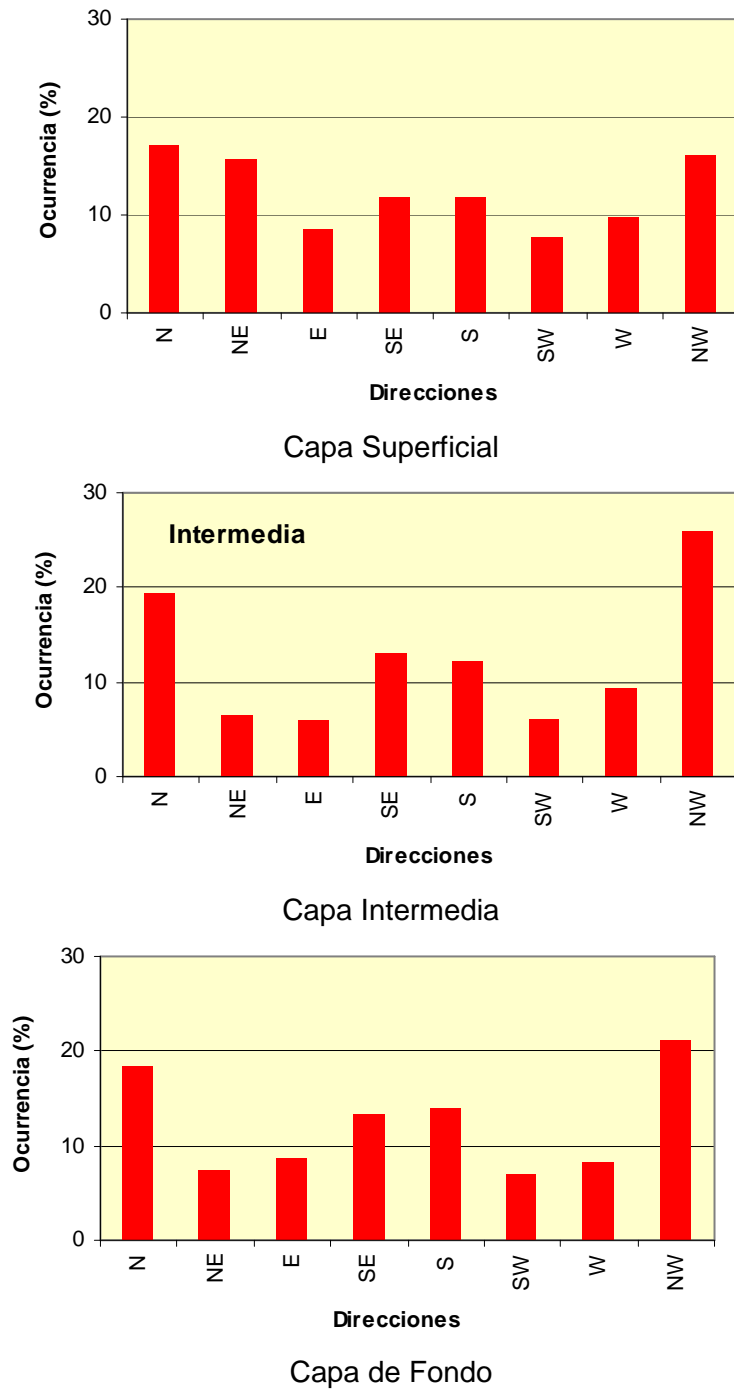
**Capa Fondo**

<b>FRECUENCIA (%) DE CORRIENTES</b>									
<b>MAGNITUD (cm/s)</b>	<b>DIRECCION</b>								<b>TOTAL (%)</b>
	<b>N</b>	<b>NE</b>	<b>E</b>	<b>SE</b>	<b>S</b>	<b>SW</b>	<b>W</b>	<b>NW</b>	
<= 1									1,967
1-4	5,186	3,755	3,954	4,391	4,431	3,477	3,815	4,967	33,976
4-7	6,815	2,523	3,318	4,649	5,365	2,484	3,278	7,908	36,340
7-10	4,451	0,795	1,073	2,921	2,980	0,795	0,993	5,365	19,372
10-13	1,470	0,258	0,139	0,974	0,914	0,119	0,139	2,325	6,338
13-16	0,457	0,060	0,079	0,278	0,298	0,020	0,040	0,437	1,669
16-19	0,040	0,020	0,000	0,040	0,020	0,000	0,040	0,139	0,298
19-22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 22	0,000	0,000	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040
<b>TOTAL %</b>	<b>18,418</b>	<b>7,411</b>	<b>8,583</b>	<b>13,272</b>	<b>14,008</b>	<b>6,894</b>	<b>8,305</b>	<b>21,140</b>	<b>100,000</b>

**Tabla 5.2.2.2**

Valores medios y máximos de las corrientes por capa. Sector Bahía Chascos.

<b>DIRECCION</b>	<b>Capa Superficial</b>		<b>Capa Intermedia</b>		<b>Capa de Fondo</b>	
	<b>MEDIA (cm/s)</b>	<b>MAXIMA (cm/s)</b>	<b>MEDIA (cm/s)</b>	<b>MAXIMA (cm/s)</b>	<b>MEDIA (cm/s)</b>	<b>MAXIMA (cm/s)</b>
<b>N</b>	11,0	57,6	6,5	18,5	6,1	16,1
<b>NE</b>	18,2	64,8	4,7	13,0	4,6	16,2
<b>E</b>	13,2	53,8	4,4	12,5	4,6	26,4
<b>SE</b>	11,5	49,0	6,7	21,1	5,8	24,4
<b>S</b>	7,7	43,7	6,1	19,2	5,8	17,2
<b>SW</b>	6,0	29,1	4,2	13,4	4,4	14,3
<b>W</b>	7,9	51,4	4,8	14,7	4,6	16,4
<b>NW</b>	9,1	60,4	7,8	21,5	6,5	18,8
<b>TOTAL</b>	<b>10,9</b>	<b>64,8</b>	<b>6,2</b>	<b>21,5</b>	<b>5,5</b>	<b>26,4</b>



**Figura 5.2.2.3.** Histograma de direcciones de las corrientes. Sector Bahía Chascos.



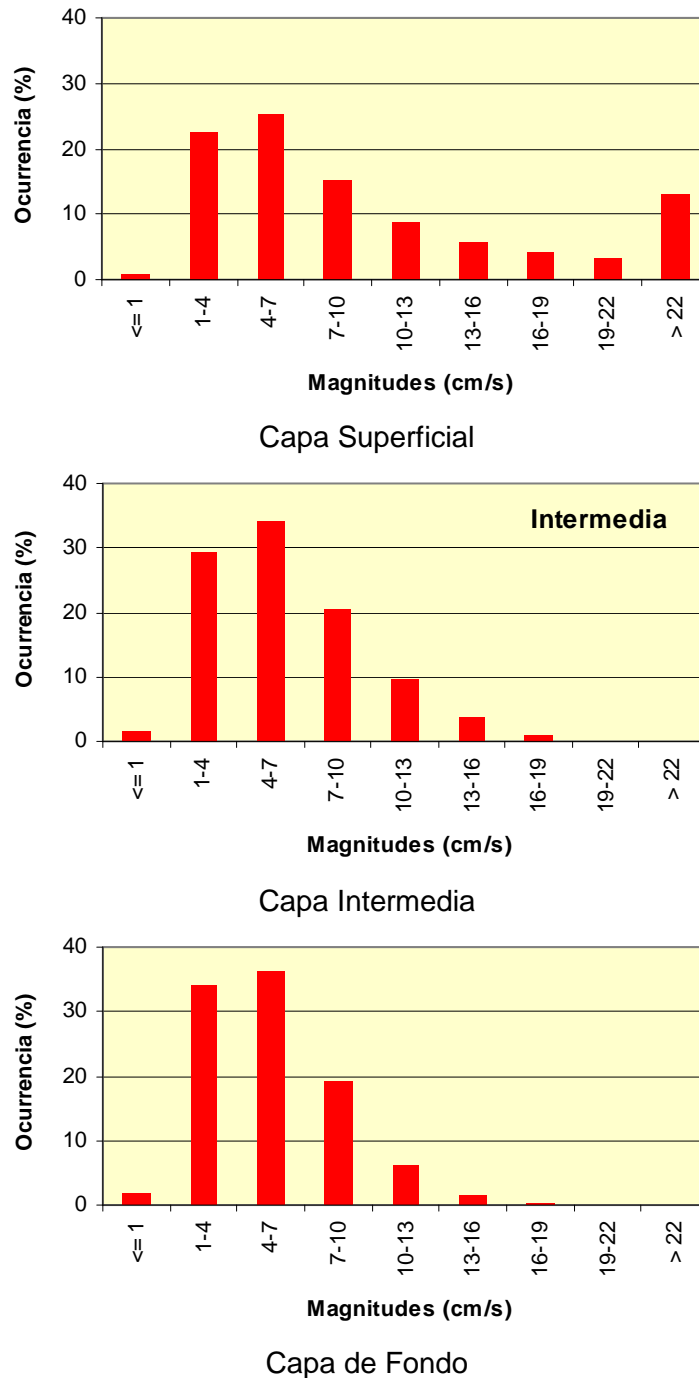
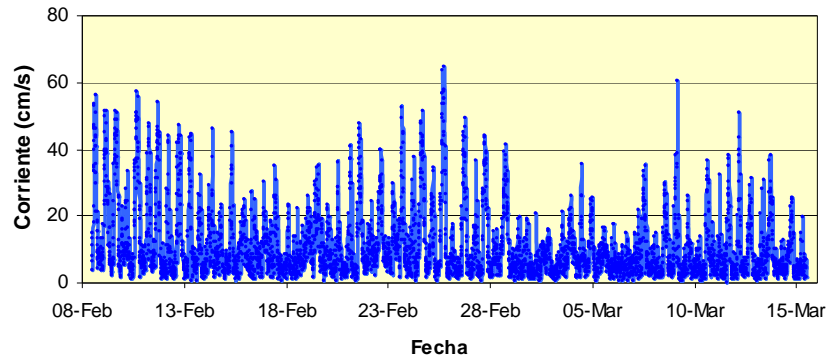
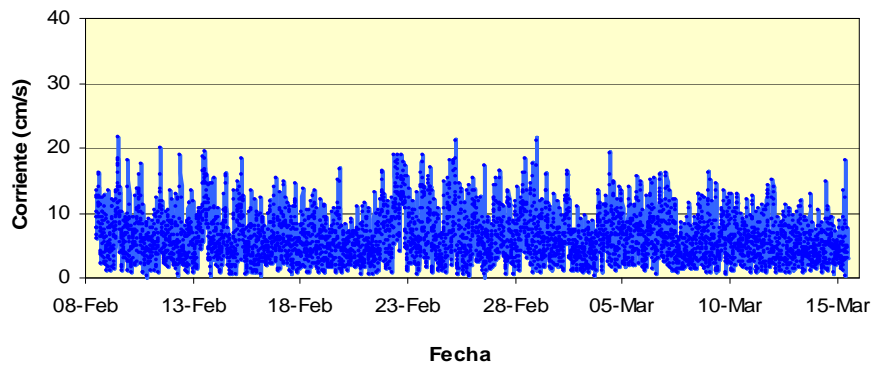


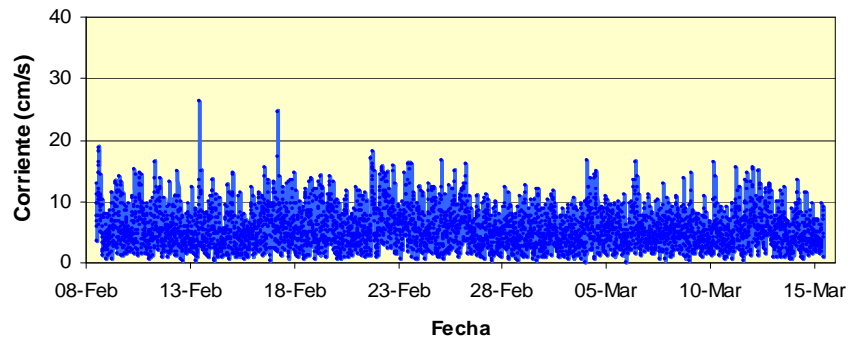
Figura 5.2.2.4. Histograma de magnitudes de las corrientes. Sector Bahía Chascos.



Capa Superficial

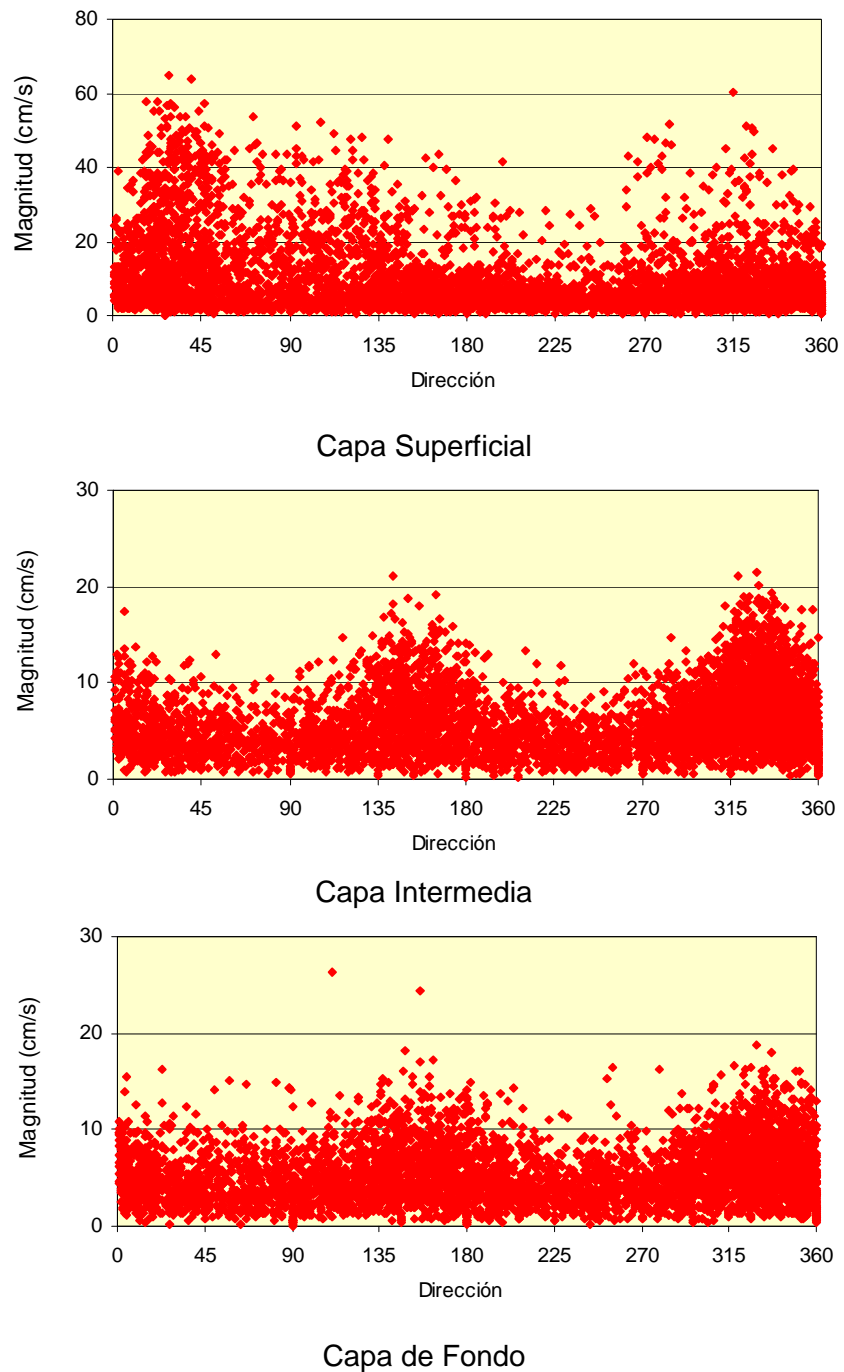


Capa Intermedia




Capa de Fondo

**Figura 5.2.2.5.** Magnitudes de corrientes. Sector Bahía Chascos.



**Figura 5.2.2.6.** Diagramas de dispersión Magnitud-Dirección de las corrientes.  
Sector Bahía Chascos.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	88
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

Los diagramas de vector progresivo presentados en la **Figura 5.2.2.7** (sucesión temporal de vectores de corrientes), evidencia distintos patrones de circulación según el estrato de medición en esta campaña de verano.

En la capa de agua superficial, el diagrama de vector progresivo muestra el comportamiento rotatorio de la corriente, con flujos en variadas direcciones. A pesar de esta variabilidad, se distingue un transporte residual hacia el NE. Al respecto, suponiendo que todo el cuerpo de agua presentara un comportamiento espacialmente homogéneo y similar al informado en el sitio de medición, se podría inferir que una partícula sería arrastrada en el largo plazo, en la dirección del flujo residual, es decir, hacia el NE, con una rapidez media de 3,6 cm/s.

En las capas de agua intermedia y de fondo, el diagrama de vector progresivo muestra un transporte hacia el NW, superpuesto con episodios de corta duración, donde la circulación se invierte hacia el SE. A pesar de esta variabilidad, se distingue un transporte residual hacia el NW, con magnitudes entre 0,9 (capa de fondo) y 1,7 cm/s (capa intermedia).

Comparativamente, las capa de agua intermedia y de fondo evidencian un transporte dirigido hacia el cuarto cuadrante, lo que representa un sentido coincidente con la geometría de la línea de costa, mientras que el sentido de flujo de la capa de agua superficial (hacia el NE), coincide con el esfuerzo tangencial del viento reinante del SW.

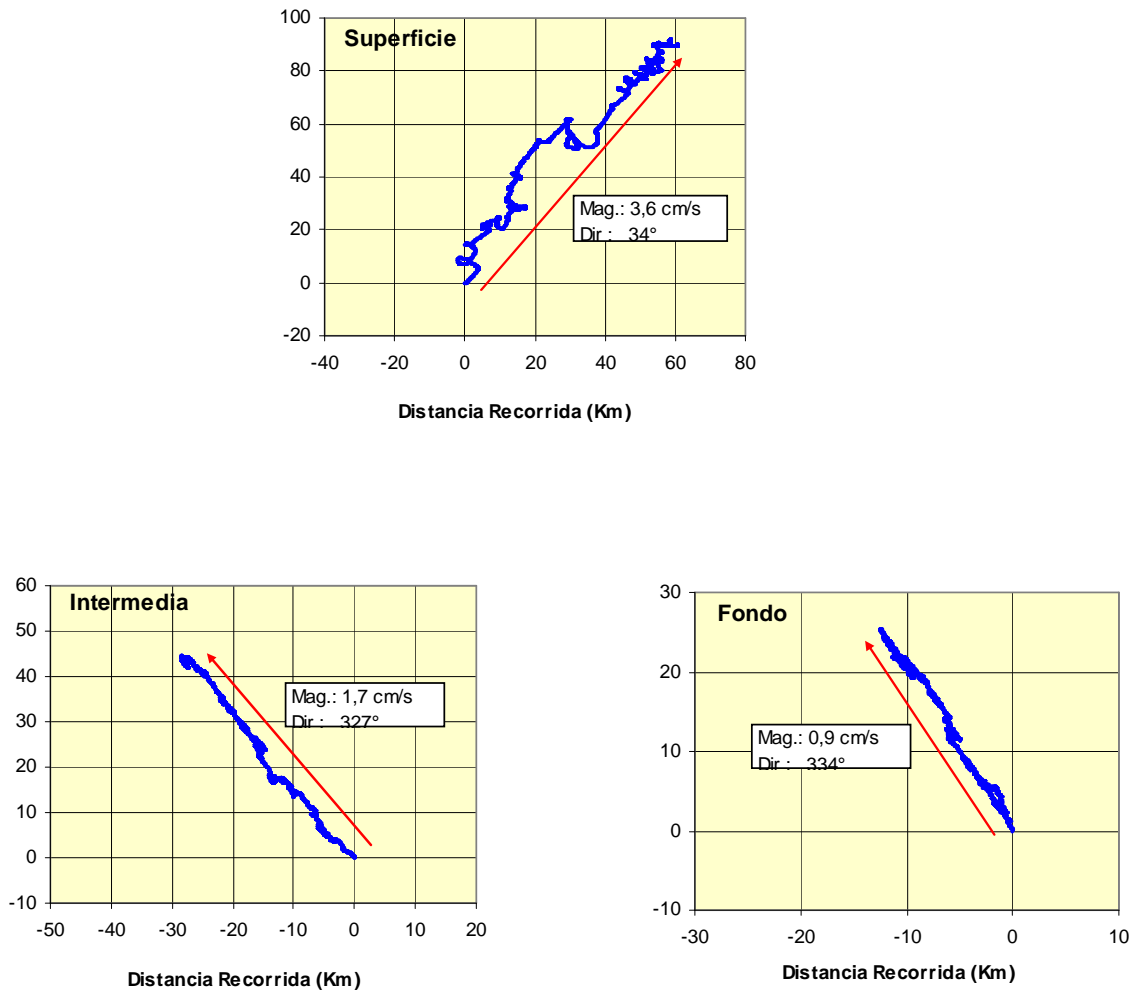



Figura 5.2.2.7. Diagramas de Vector Progresivo de las corrientes por capa.  
Sector Bahía Chascos.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	90
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

### **Análisis Espectral**

Los resultados del análisis espectral de las componentes V y U de la corriente en esta campaña de verano se presentan en la **Figura 5.2.2.8**.

Los espectros muestran concentración de energía (punta espectral) en la banda de frecuencia de 0,04 cph, por lo que se sugiere que la circulación marina experimenta ciclos con periodicidad diurna atribuible al forzamiento de la brisa marina. También se evidencia otra punta espectral en la banda de frecuencia de 0,08 cph, la cual puede estar asociada al forzamiento semidiurno de la marea.

### **Ciclo Diurno**

Al cotejar la distribución de direcciones para cada hora del día en esta campaña de verano (**Figura 5.2.2.9**), se advierte que durante las horas de la tarde, la corriente superficial se dirige mayoritariamente hacia el segundo cuadrante (S, SE o E), en respuesta a la brisa marina, con una frecuencia de 60% aproximadamente, mientras que de madrugada la corriente superficial se invierte hacia el cuarto cuadrante. A las 18 horas se registra un flujo hacia el NE, lo cual coincide con los períodos de intensificación del viento SW, que ocurre en este horario.

En los estratos inferiores de la columna de agua, también se evidencia el carácter rotatorio de la corriente, predominando los flujos hacia el cuarto cuadrante, no obstante, en horas de la noche se registra mayor proporción de flujos hacia el segundo cuadrante.

Comparativamente, los tres estratos de profundidad evidencian ciclos diurnos atribuible a la brisa marina, sin embargo, las capas de agua subsuperficiales responden más lentamente a las fluctuaciones del patrón de vientos, con un desfase superior respecto del estrato superior del océano.

Por otra parte, la circulación superficial se intensifica por la tarde, alcanzando magnitudes medias de 20 cm/s a las 16:00 hrs. (**Figura 5.2.2.10**).

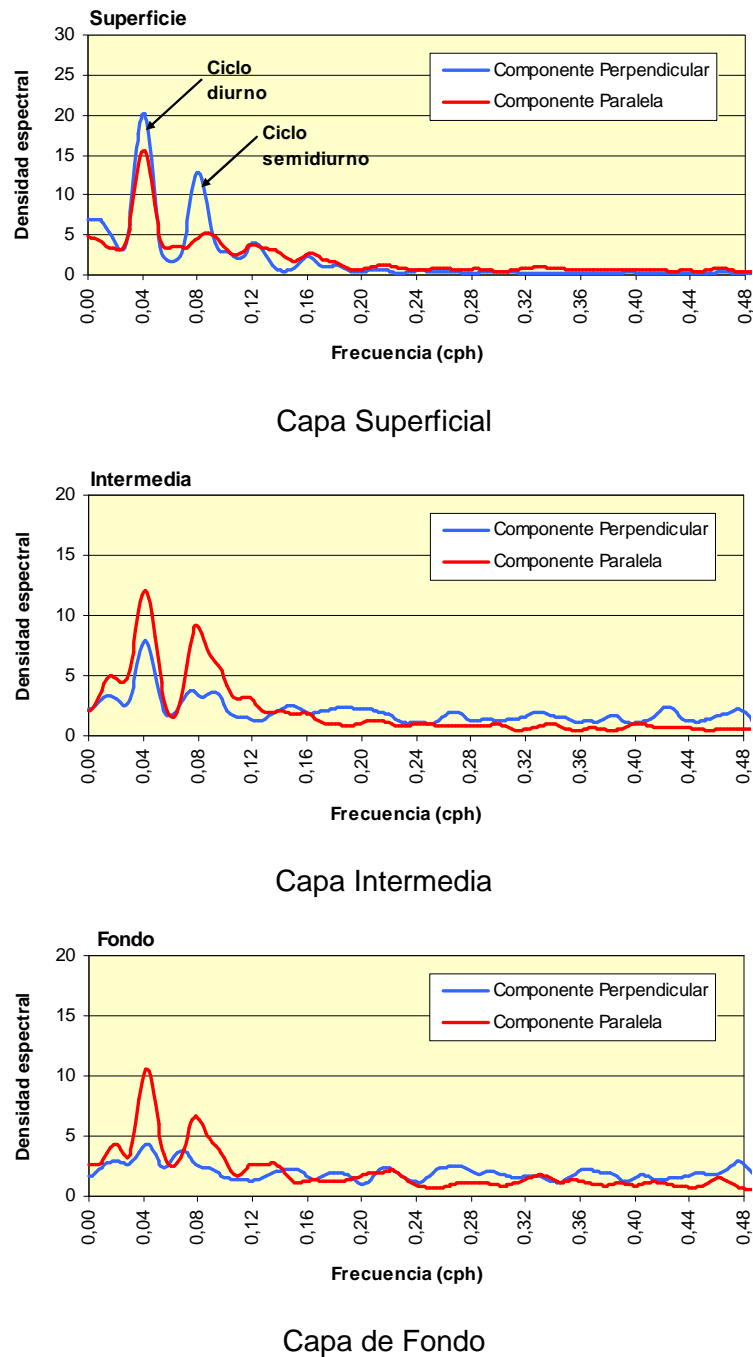
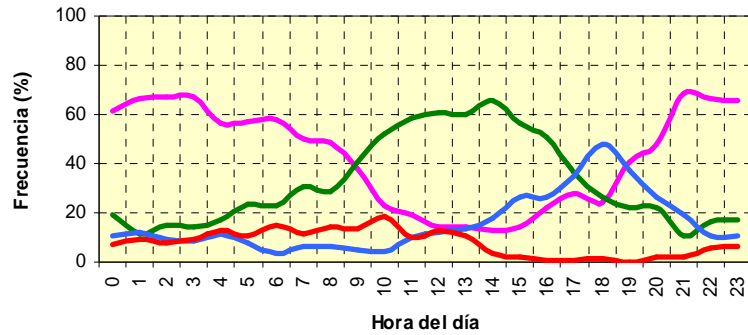
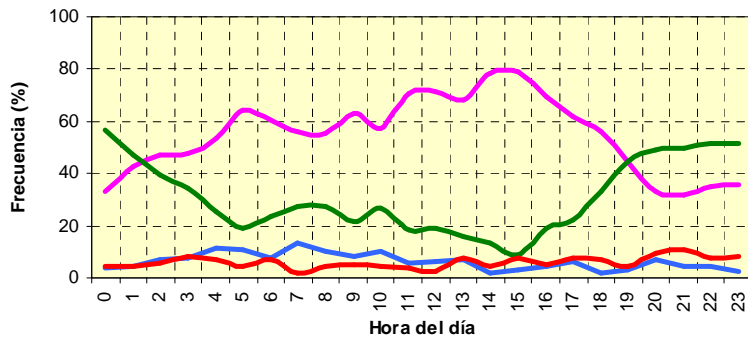


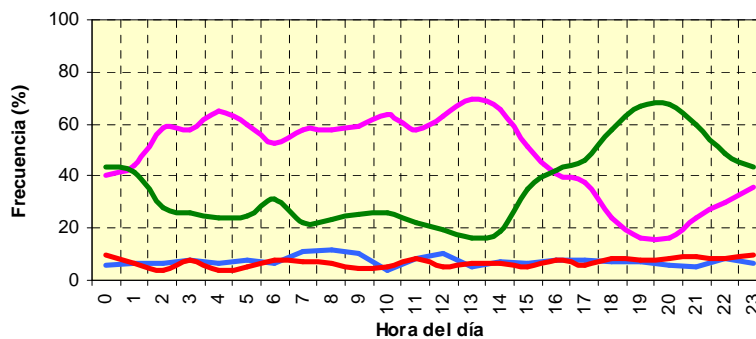
Figura 5.2.2.8. Análisis espectral componentes V y U de las corrientes por capa. Sector Bahía Chascos.



Capa Superficial



Capa Intermedia



Capa de Fondo

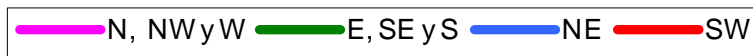


Figura 5.2.2.9. Ciclo diario – Incidencia de direcciones de las corrientes por capa. Sector Bahía Chascos.



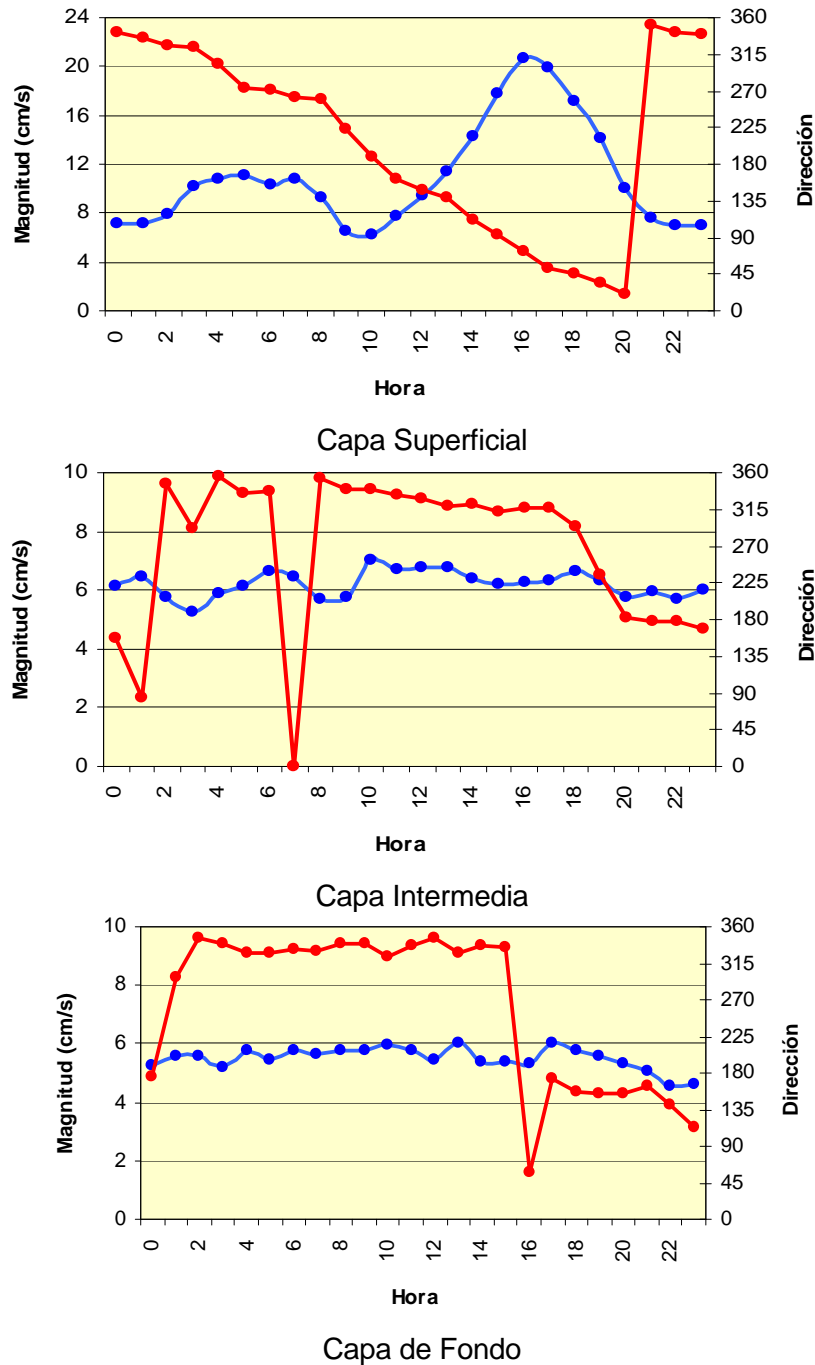



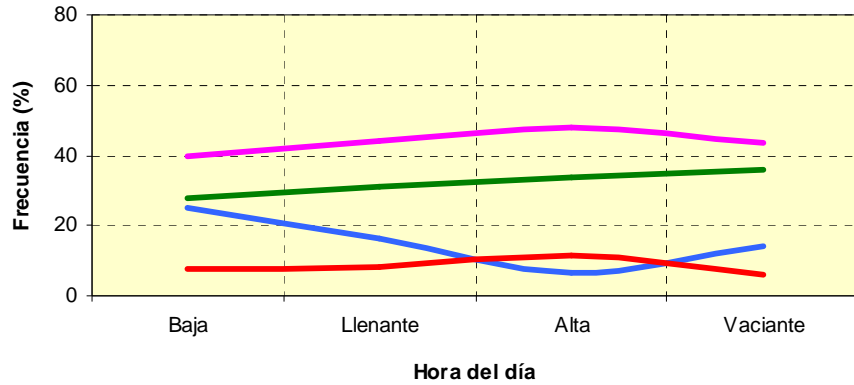
Figura 5.2.2.10. Ciclo diario de las corrientes por capa (valores medios). Sector Bahía Chascos.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	94
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

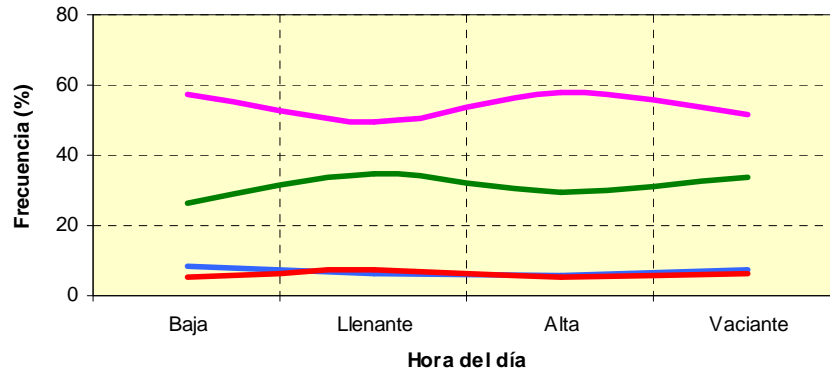
### **Ciclo Semidiurno**

La **Figura 5.2.2.11** indica la distribución de direcciones de la corriente para cada fase de la marea en esta campaña de verano.

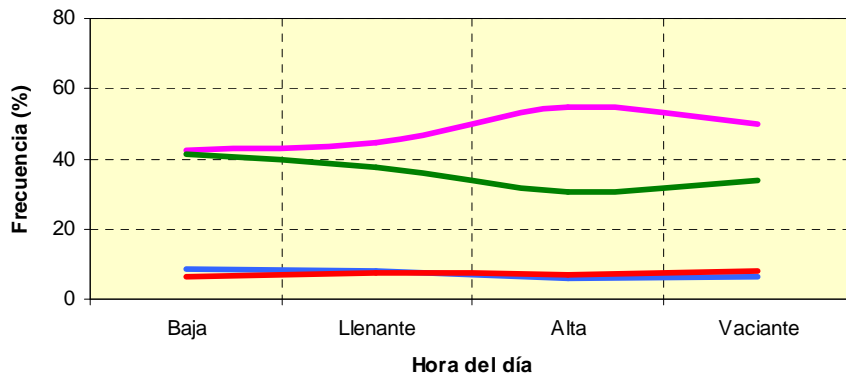
En los tres estratos de profundidad se registra un patrón de distribución direccional dominado por flujos hacia el cuarto cuadrante, e independiente de la fase de marea, no observándose flujos y reflujos asociados a la marea. No obstante, en la capa de agua de fondo se registra un aumento relativo de la proporción de flujos hacia el tercer cuadrante en marea baja, pero estos resultados no son concluyentes.



### Capa Superficial



### Capa Intermedia



### Capa de Fondo

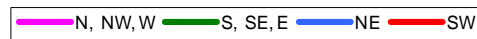



Figura 5.2.2.11. Ciclo semidiurno de las corrientes por capa. Incidencia de direcciones. Sector Bahía Chascos.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	96
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


### **5.2.3 *Discusión del Estudio de Correntometría Euleriana***

Los resultados eulerianos de esta campaña de verano evidencian que la circulación marina presenta una tendencia a fluir alternadamente entre el segundo y cuarto cuadrante, lo que representa un sentido aproximadamente paralelo a la geometría de la línea de costa, siendo esto más evidente cuanto la circulación se intensifica. Lo descrito anteriormente manifiesta un patrón dinámico rotatorio debido al forzamiento del viento. La capa de agua superficial, además, registra un flujo hacia el NE, con un sentido coincidente al esfuerzo tangencial del viento reinante del SW. Estos resultados son similares a los registrados en la campaña de invierno, aunque en esta última las corrientes mostraron una tendencia a fluir alternadamente entre el primer y tercer cuadrante.

La estimación espectral revela que la circulación tiene periodicidad diurna y semidiurna, atribuible a la brisa marina y a la marea, respectivamente, situación idéntica a la registrada en la campaña de invierno.

La variabilidad diurna de la corriente se distingue claramente en la capa de agua superficial por la mayor frecuencia de flujos con una componente Este, registrada en horas de la tarde. Este comportamiento de la corriente se explica por el forzamiento del viento sobre las capas superiores del océano. En efecto, desde el mediodía el viento se intensifica y sopla con una componente oeste, lo que origina una circulación forzada hacia el segundo cuadrante, mientras que de noche y madrugada, se registra mayor proporción de flujos hacia el cuarto cuadrante, en coincidencia con períodos relativamente más calmo o vientos terrales.

Si bien el análisis espectral sugiere variabilidad semidiurna, no se distinguen flujos y reflujos asociados a la onda de marea. En efecto, el análisis de frecuencia revela un patrón de circulación independiente de la fase de la marea, por lo que se sugiere que el efecto de la marea, como agente modulador de la dirección de los flujos, queda oculto debido a la sobreposición del forzamiento del viento sobre esta.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	97
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

De acuerdo con el análisis de frecuencia, la capa de agua superficial registra un transporte residual hacia el NE, siendo esto consistente con el forzamiento del viento reinante del tercer cuadrante que prevaleció durante el desarrollo del presente estudio. Las capas de agua subsuperficiales registran un transporte residual hacia el NW (saliendo de la Bahía), por lo que se postula un giro de circulación anticiclónico en la Bahía, situación que es confirmada con los resultados obtenidos en la campaña de invierno.


Respecto de las magnitudes de las corrientes informadas por el método euleriano, éstas se caracterizan por ser moderadas (superficie) a bajas (intermedia y fondo).

La configuración protegida de la Bahía condicionaría un patrón dinámico rotatorio de baja intensidad, con magnitudes de corrientes inferiores a 10 cm/s, la mayor parte del tiempo; no obstante, la capa de agua superficial registra magnitudes superiores, incluso con pulsos de corrientes de intensidad superior a 30 cm/s.

#### **5.2.4 Conclusiones del Estudio de Correntometría Euleriana**


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

Los resultados evidencian un patrón dinámico rotatorio en sentido paralelo a la geometría de la línea de costa; sin embargo, a pesar de esta variabilidad, en las capas de aguas subsuperficiales se registra un transporte residual hacia el cuarto cuadrante, por lo que se sugiere la existencia de un giro de circulación anticiclónico en la bahía. Por su parte, la capa de agua superficial presenta un transporte residual hacia el primer cuadrante, en sentido coincidente con el forzamiento del viento reinante del SW, que prevaleció durante el desarrollo del presente estudio. Esta situación también fue verificada en la campaña de invierno.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	98
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

La intensidad de la circulación es moderada en la capa de agua superficial, con magnitudes medias de 11 cm/s, y máximos absolutos de 65 cm/s (valor superior a los 51 cm/s registrados en invierno). Los estratos inferiores registran magnitudes bajas, con magnitudes medias de 6 cm/s, y máximos entre 20 y 30 cm/s.

Se advierte el forzamiento del viento como un agente modulador de las corrientes, condicionando un patrón dinámico con ciclos diurnos. Por su parte, el efecto de la marea no se distingue claramente, debido probablemente a la sobreposición del forzamiento del viento sobre ésta.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	99
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

### 5.3 CORRENTOMETRÍA LAGRANGIANA (DERIVADORES)

#### 5.3.1 Metodología de Estudio de Correntimetría Lagrangiana

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

Las fechas y puntos de lanzamiento fueron los siguientes:


08 de febrero de 2009 (Sicigia Lunar, vaciante)  
09 de febrero de 2009 (Sicigia Lunar, llenante)  
15 de febrero de 2009 (Cuadratura, vaciante y llenante)

- D-1 : E 300.650 N 6.938.634
- D-2 : E 300.630 N 6.938.373
- D-3 : E 300.416 N 6.938.577

En cada sitio de medición se efectuaron lances de derivadores en dos niveles de profundidad de la columna de agua, a 1,0 y 5,0 metros. Para este efecto, se utilizaron boyas de deriva tipo cruceta, de sección 60x85 cm, debidamente compensadas para flotabilidad neutra, y diseñadas para minimizar el arrastre del viento sobre el elemento derivador (**Fotografía 5.3.1**). El recorrido de los derivadores fue seguido desde una embarcación y posicionado mediante sistema de DGPS diferencial. De esta manera, las posiciones de los derivadores fueron vinculadas a la red geodésica nacional en coordenadas UTM.



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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	100
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

La rapidez y dirección de cada boya de deriva, es decir, su trayectoria, fue monitoreada con métodos topográficos. Lo anterior, permitió seguir el desplazamiento de estos por un período variable de 40 a 90 minutos. Con la información recolectada en terreno, se reconstruyeron las trayectorias seguidas por las boyas de deriva, y se determinó la dirección y rapidez de sus desplazamientos. Durante la ejecución de estas experiencias, se llevó un control del viento (*in situ*), con un anemógrafo portátil marca Exttech.

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

### **5.3.2 Resultados del Estudio de Correntometría Lagrangiana**

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


A continuación se presenta el análisis de cada experiencia realizada.

- **Primera Experiencia: Sicigia – Marea Vaciente (Figura 5.3.2.1)**

La primera experiencia de derivadores se realizó con marea vaciante y en condiciones de vientos del SW, con intensidades crecientes de 4 a 8 nudos.

Bajo estas condiciones ambientales, las boyas superficiales evidenciaron un desplazamiento general hacia el SE del área de estudio. Por su parte, las boyas lastradas a 5 m de profundidad evidenciaron un patrón de circulación débil hacia el segundo cuadrante, aunque la boya D1 giró después hacia el Norte.



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	101
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Respecto de las velocidades de desplazamiento, las boyas de superficie se desplazaron con una rapidez media entre 7,8 y 15,6 cm/s, mientras que las boyas lastradas a 5 m de profundidad, lo hicieron con magnitudes comparativamente menores e inferiores a 4 cm/s.

Cabe consignar que las boyas superficiales evidenciaron un desplazamiento no coincidente con el esfuerzo tangencial del viento, incluso éstas se desplazaron de manera opuesta u oblicua al viento, por lo que se sugiere que la influencia de éste sobre el movimiento del elemento derivador, para los efectos de la medición de las velocidades lagrangianas, puede ser considerado despreciable.


- **Segunda Experiencia: Sicigia – Marea Llenante (Figura 5.3.2.2)**

Durante el desarrollo de esta experiencia el viento sopló del N con magnitudes decrecientes de 6 a 3 nudos.

En términos de dirección de avance, las boyas superficiales evidenciaron líneas de flujos hacia el S del área de estudio y encallaron en la costa. Por su parte, las boyas lastradas a 5 m de profundidad navegaron hacia el SE, con un sentido paralelo a la geometría de la línea de costa y con una dirección coincidente al esfuerzo tangencial del viento.

Respecto de las velocidades de desplazamiento, las boyas superficiales se desplazaron con magnitudes fluctuando entre 4,6 cm/s (D2) y 14,0 cm/s (D1), y la boyas lastradas a 5 metros con magnitudes entre 4,0 cm/s y 6,7 cm/s.

Comparativamente, las boyas lanzadas en el sitio D1 se desplazaron más rápido que las boyas lanzadas en los sectores D2 y D3.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	102
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Tercera Experiencia: Cuadratura Marea Vaciante (Figura 5.3.2.3)**

Esta experiencia se desarrolló bajo condición de viento del S, SE y E, con intensidades medias de 3 nudos.

En términos de dirección de avance, todas las boyas de deriva evidenciaron líneas de flujos relativamente homogéneas hacia el NW del área de estudio, con un sentido paralelo a la geometría de la línea de costa, y al esfuerzo tangencial del viento.

Respecto de las velocidades de desplazamiento, las boyas superficiales se desplazaron con magnitudes fluctuando entre 16,1 cm/s (D2) y 22,5 cm/s (D1), y la boyas lastradas a 5 m lo hicieron con magnitudes levemente inferiores, entre 13,4 cm/s y 18,3 cm/s.

Comparativamente, las boyas lanzadas en el sitio D1 se desplazaron más rápido que las boyas lanzadas en los sectores D2 y D3.

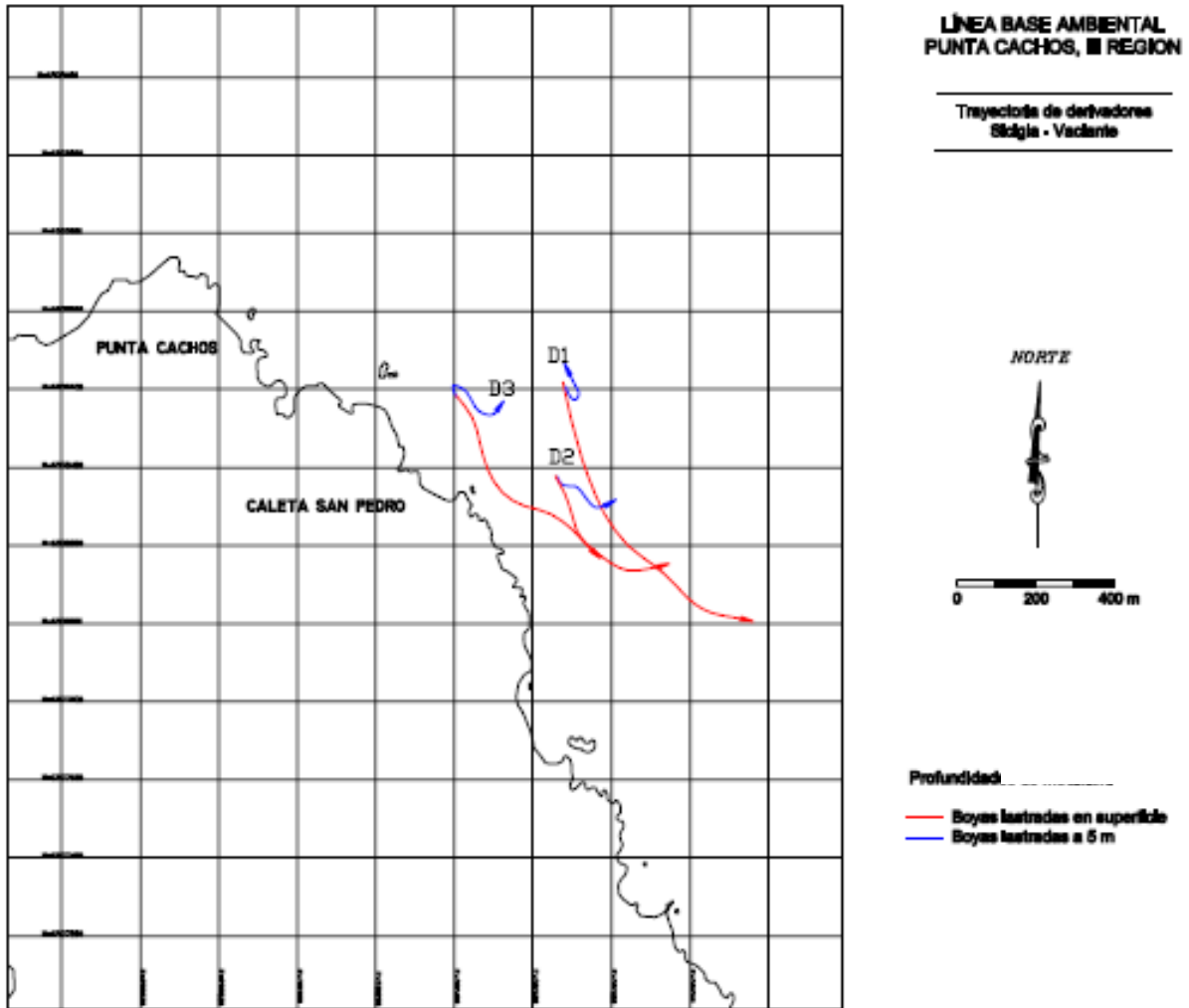
En términos generales, se evidencia un patrón de circulación sostenido hacia al NW del área de estudio, lo que representa un sentido coincidente al esfuerzo tangencial del viento.

- **Cuarta Experiencia: Cuadratura – Marea Llenante (Figura 5.3.2.4)**

Esta experiencia se realizó con vientos del NE rolando a NW, de 3 a 5 nudos.

En términos de dirección de avance, las boyas superficiales se aproximaron a la costa y encallaron, mientras que las boyas lastradas a 5 m navegaron con un sentido general hacia el NW del área de estudio.

Respecto de las velocidades de desplazamiento, las boyas superficiales se desplazaron con magnitudes fluctuantes entre 6,8 cm/s (D2) y 11,0 cm/s (D1), y la boyas lastradas a 5 metros lo hicieron con magnitudes levemente inferiores, entre 2,8 cm/s y 7,4 cm/s.



**Figura 5.3.2.1.** Trayectorias de los derivadores lanzados en Sicgia. Fase vaciante. Superficie y 5 metros de profundidad.

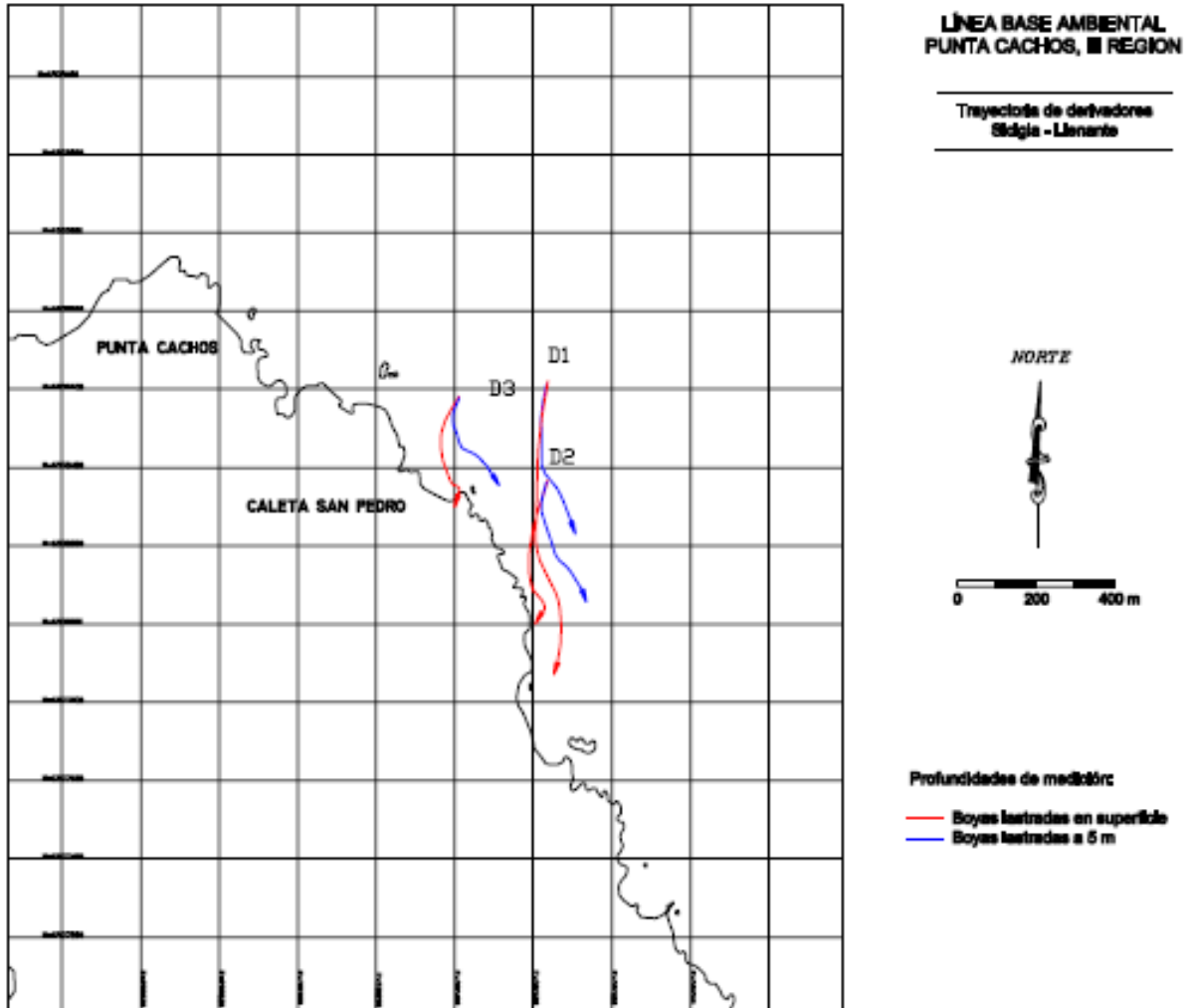


Figura 5.3.2.2. Trayectorias de los derivadores lanzados en Sicgia. Fase llenante. Superficie y 5 metros de profundidad.

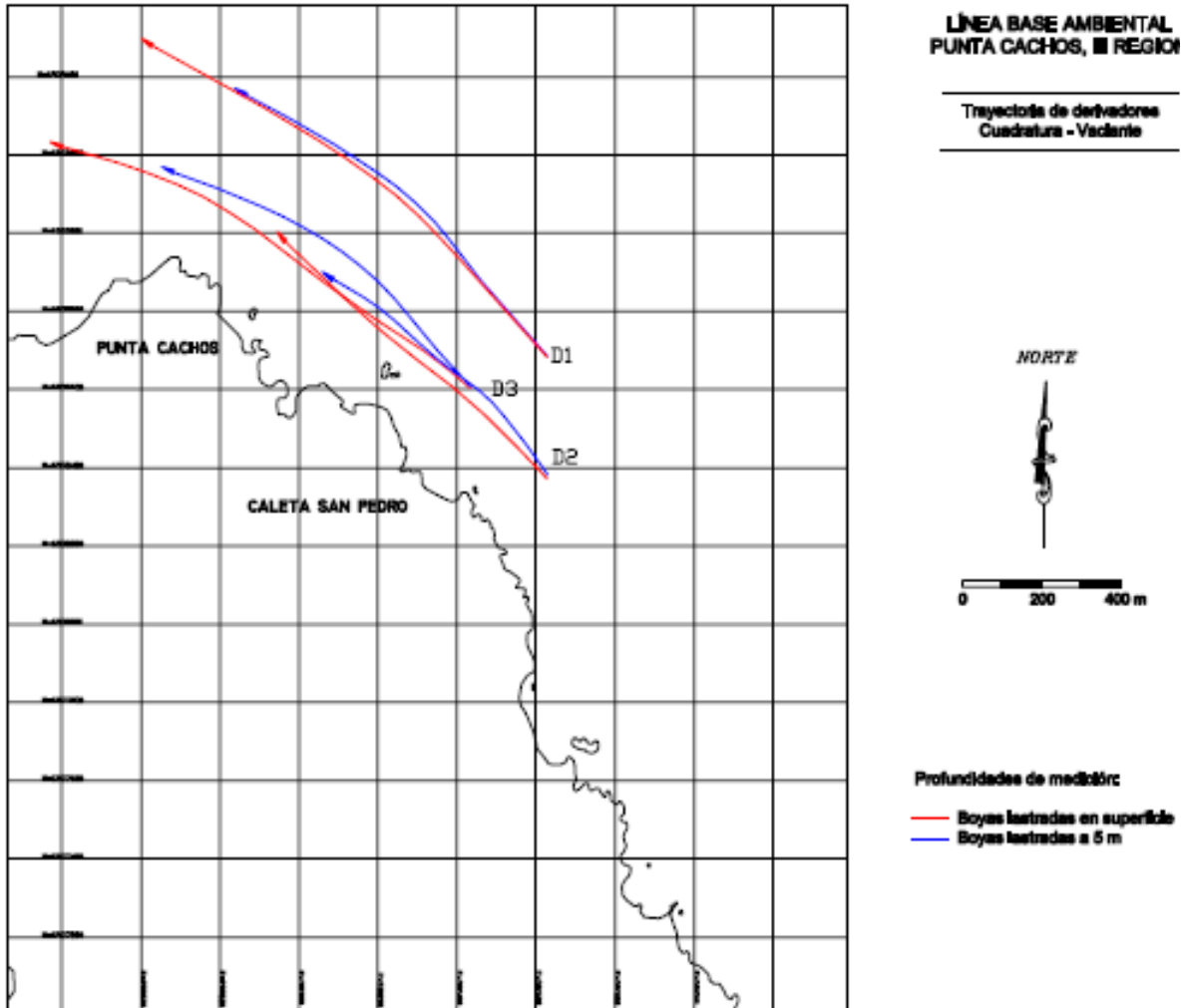
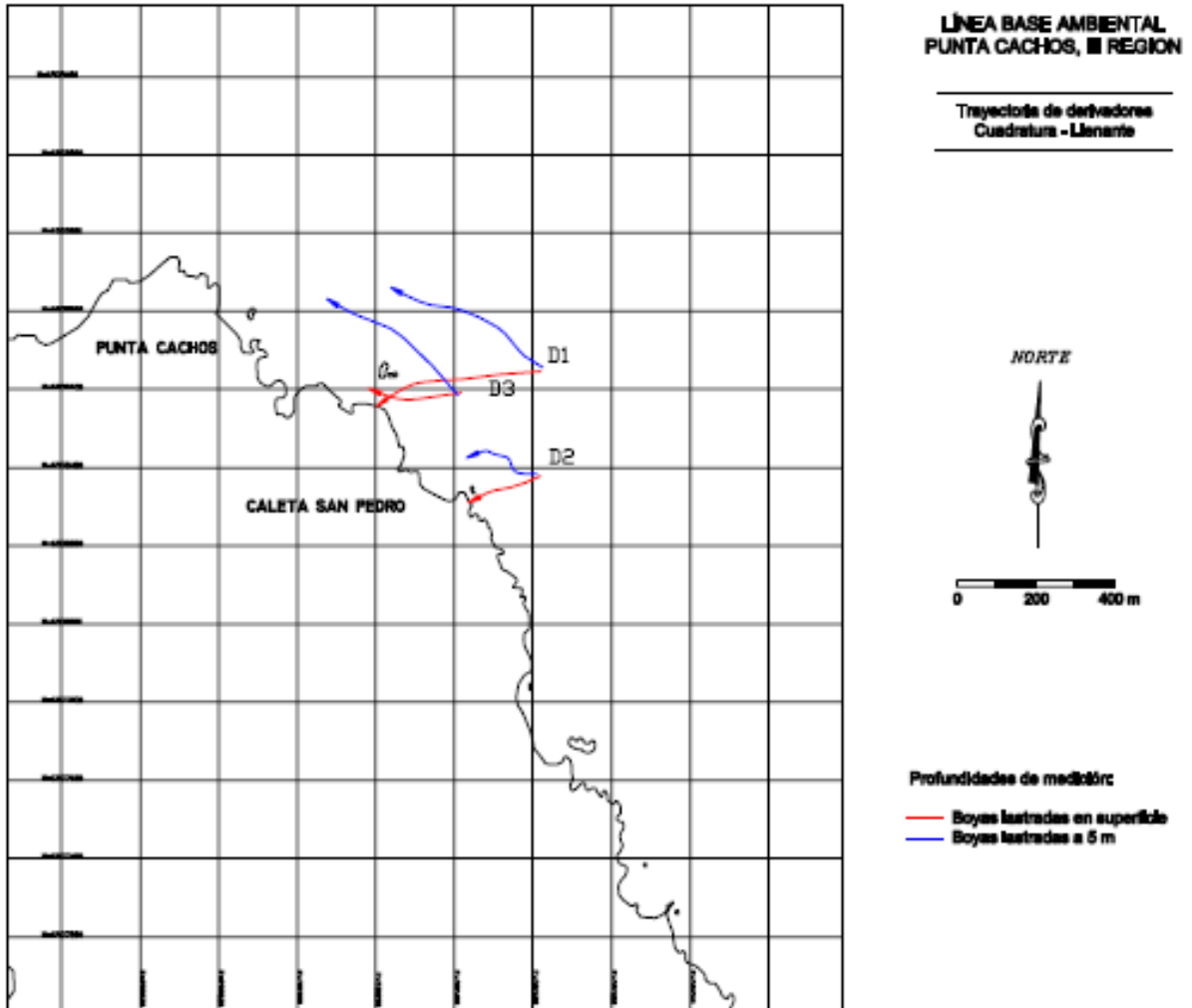



Figura 5.3.2.3. Trayectorias de los derivadores lanzados en Cuadratura. Fase vaciante. Superficie y 5 metros de profundidad.



**Figura 5.3.2.4.** Trayectorias de los derivadores lanzados en Cuadratura. Fase Llenante. Superficie y 5 metros de profundidad.


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	107
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

### **5.3.3 *Discusión del Estudio de Correntometría Lagrangiana***

Los resultados lagrangianos obtenidos en esta campaña de verano evidencian un patrón de circulación variable, condicionado por el patrón de vientos. En efecto, en la mayoría de las experiencias realizadas, las boyas de deriva se desplazaron con un sentido aproximadamente coincidente al esfuerzo tangencial del viento, por lo que se sugiere alta influencia de este en la definición de la dinámica superficial. Por ejemplo, en las experiencias Segunda y Cuarta realizadas con vientos del norte, las boyas de deriva encallaron en la costa, y en la experiencia Tercera, las boyas navegaron hacia el NW, en coincidencia con vientos del SE.

Las magnitudes de las corrientes superficiales determinadas por el método lagrangiano son altamente variables, incluso se registran magnitudes puntuales de hasta 33 cm/s (Tercera Experiencia, boya D1 superficial). La capa de agua de 5 m de profundidad registra magnitudes de corrientes inferiores respecto de la capa de agua superficial, con valores típicos inferiores a 7 cm/s y máximos de 18 cm/s.

En términos generales, las boyas de deriva se alejaron del sitio de lanzamiento, sin registrarse vórtices o flujos circulares a nivel superficial, lo que permite sugerir que no existen zonas de retención en el área estudiada.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	108
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 5.4 DERIVA LITORAL

### 5.4.1 Metodología de Estudio de Deriva Litoral

El estudio de corrientes litorales se realizó en las inmediaciones de Bahía Chascos, en dos estaciones con las siguientes coordenadas:

#### Estación L-1

Coordenada Este: 300.252  
 Coordenada Norte: 6.938.453  
 (Datum WGS - 84)

#### Estación L-2

Coordenada Este: 300.468  
 Coordenada Norte: 6.938.246  
 (Datum WGS - 84)


El estudio de corrientes litorales se realizó usando elementos derivadores, los cuales fueron lanzados en forma superficial en el borde costero, en los dos sitios antes indicados.

El desplazamiento de los derivadores fue monitoreado desde la costa por un período variable de 30 a 60 minutos. Las mediciones se realizaron los días 09 de febrero de 2009 (Sicigia Lunar, marea llenante y vaciante) y el día 15 de febrero de 2009 (Cuadratura Lunar, marea llenante y vaciante).

### 5.4.2 Resultados del Estudio de Deriva Litoral

Los resultados de las experiencias de deriva litoral efectuadas en el sector de Bahía Chascos se presentan en las **Tablas 5.4.2.1 y 5.4.2.2.**



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	109
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 5.4.2.1**

Magnitud y dirección de la deriva litoral del sector de Bahía Chascos durante Sicigia Lunar. 09 de febrero de 2009.

Sector	Marea	Hora Lanzamiento	Hora Final	Tiempo Total	Distancia (m)	Rapidez (cm/s)	Dirección
L1	Llenante	07:30:00	08:12:00	0:42:00	78	3,1	NW
L2	Llenante	07:32:05	08:16:05	0:44:00	119	4,5	NW
L1	Vacante	12:07:14	13:33:23	1:26:09	137	2,6	NW
L2	Vacante	12:10:52	13:31:11	1:20:19	113	2,3	NW


**Tabla 5.4.2.1**

Magnitud y dirección de la deriva litoral del sector de Bahía Chascos durante Cuadratura Lunar. 15 de febrero de 2009.

Sector	Marea	Hora Lanzamiento	Hora Final	Tiempo Total	Distancia (m)	Rapidez (cm/s)	Dirección
L1	Vacante	08:05:53	08:56:08	0:50:15	50	1,7	NW
L2	Vacante	08:03:10	08:58:20	0:55:10	157	4,8	NW
L1	Llenante	10:29:11	10:59:09	0:29:58	23	1,3	SE
L2	Llenante	10:31:37	11:02:43	0:31:06	11	0,6	SE

Las magnitudes medidas para la deriva litoral fluctuaron entre 0,6 y 4,8 cm/s, correspondiendo las mayores magnitudes al sector localizado más al norte (sitio L2).

Los resultados evidencian que la deriva litoral se verificó generalmente hacia el NW (saliendo de la bahía); no obstante, en una oportunidad se detectó corriente paralela a la costa de baja magnitud, hacia el SE (entrando a la bahía).

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	110
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 5.5 ESTUDIO DE DISPERSIÓN CON TRAZADORES QUÍMICOS (RODAMINA B)

### 5.5.1 Metodología de Estudio de Dispersión



**Fotografía 5.5.1.1.** Mancha de rodamina y su derivador asociado.


La capacidad de dispersión de la columna de agua en la zona de estudio para esta campaña de verano se evaluó mediante el trazador químico Rodamina B. Este trazador fue elegido por ser una sustancia química, que disuelta en alcohol y agua de mar, presenta un destacado color anaranjado fácil de identificar y monitorear (**Fotografía 5.5.1.1**). A ello se agrega su carácter no tóxico sobre la biota acuática.

Se realizaron un total de 4 experiencias con Rodamina en 2 estaciones o puntos de muestreo en los alrededores de Bahía Chascos. Las estaciones de lance de rodamina corresponden al siguiente detalle (**Figura 2.1**):

Estación R-1: E 300.650    N 6.938.634  
Estación R-2: E 300.630    N 6.938.373

En cada punto o estación, se realizó un total de 4 experiencias con rodamina (2 en vaciante y 2 en llenante), los días 08 y 09 de febrero de 2009 (sicigia) en las fases mareales de vaciante y llenante, respectivamente; y 15 de febrero de 2009 (cuadratura) llenante y vaciante. Preliminarmente, se preparó una solución de 80 gramos de rodamina disuelta en 1 litro de alcohol. Esta solución fue posteriormente diluida en 10 litros de agua de mar, y descargada en forma superficial en el mar.

La forma y dirección de la mancha de rodamina, es decir, su expansión lateral y el desplazamiento de su centroide, fue monitoreado desde la costa y posicionada mediante un sistema de posicionamiento global DGPS. El control de las posiciones perimetrales y

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	111
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


centro de la mancha de rodamina, se realizó con apoyo de una embarcación, y con lecturas cada 5 a 20 minutos. Lo anterior, permitió seguir el desplazamiento y expansión de la rodamina por un período de 30 a 80 minutos, antes que la mancha visible comenzara a disiparse por disminución de la concentración bajo el umbral de visión.

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

$$K_h = \frac{\Delta A}{\Delta t} (m^2 / s)$$

Donde:

- A = superficie de la mancha
- t = unidad de tiempo.
- $K_h$  = coeficiente de dispersión horizontal

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	112
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

### **5.5.2 Resultados del Estudio de Dispersión**

En el **ANEXO VII** se entrega el detalle de la dirección y magnitud del desplazamiento del centroide de la mancha de rodamina y los coeficientes de dispersión horizontal, que cuantifican el grado dispersivo del cuerpo de agua receptor del sector de Bahía Chascos, campaña de verano. En tanto, en las **Figuras 5.5.2.1 a 5.5.2.4** se muestra la evolución de la mancha de rodamina de cada experiencia realizada.

A continuación se presenta un análisis de las experiencias.


- **Primera Experiencia: Sicigia – Marea Vaciante (Figura 5.5.2.1)**

La primera experiencia con rodamina se realizó durante la fase de marea vaciante, y en condiciones de viento SW, con intensidades de 7 a 11 nudos.

Bajo estas condiciones ambientales, el centroide de la mancha de rodamina se desplazó hacia el SE (lance R1) o hacia el NE (lance R2), con magnitudes medias entre 2,7 cm/s y 2,6 cm/s, respectivamente.

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal ( $K_h$ ) obtenidos durante este ejercicio, la mancha de rodamina creció con una tasa media entre 2,0  $m^2/s$  (lance R1) y 2,3  $m^2/s$  (lance R2).

En términos generales ambas manchas se expandieron en torno a su centroide, sin desplazarse significativamente. En efecto, la mancha de rodamina adoptó la forma de un ovoide alargado orientado aproximadamente en sentido coincidente con la dirección el viento.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	113
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Segunda Experiencia: Sicigia – Marea Llenante (Figura 5.5.2.2)**

Esta experiencia se desarrolló con vientos del N rolando a NW, e inferiores a 4 nudos.

En términos de dirección de avance, el centroide de la mancha de rodamina del lance R1 se desplazó con una rapidez media de 15,7 cm/s hacia el SE, lo que representa un sentido coincidente con el esfuerzo tangencial del viento. Por su parte, la mancha de rodamina del lance R2 experimentó un desplazamiento hacia el SE, con una rapidez media de 13,0 cm/s.

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal, la mancha de rodamina creció con una tasa promedio de 1,8 m<sup>2</sup>/s (lance R1) y 1,7 m<sup>2</sup>/s (lance R2).


En términos generales, se puede indicar que la mancha de rodamina se dispersó en torno a su centroide, formado una figura fusiforme o un ovoide, orientado en sentido coincidente con la dirección del viento.

- **Tercera Experiencia: Cuadratura – Marea Vaciante (Figura 5.5.2.3)**

Las experiencias con rodamina se realizaron de manera simultánea en ambos sectores, con vientos del SE de 2 a 5 nudos.

En términos de dirección de avance, las manchas de rodamina se desplazaron homogéneamente hacia el NW, lo que representa un sentido coincidente con el esfuerzo tangencial del viento. Las velocidades medias de desplazamiento de la mancha fluctuaron entre 17 cm/s y 20 cm/s.

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal, la mancha de rodamina creció con una tasa promedio de 0,7 m<sup>2</sup>/s (lance R1) y 0,8 m<sup>2</sup>/s (lance R2).

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	114
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En términos generales, ambas manchas de rodamina se expandieron e torno a su centroide formando una figura fusiforme orientada en sentido coincidente con la dirección del viento.

- **Cuarta Experiencia: Cuadratura – Marea Llenante (Figura 5.5.2.4)**

Esta experiencia se desarrolló con vientos variables del N y NW rolando a SW y S con intensidades crecientes de 5 a 10 nudos.

En términos de dirección de avance, las manchas de rodamina se desplazaron con una dirección general hacia el S del área de proyecto, con magnitudes medias entre 9 y 10 cm/s, lo que representa un sentido coincidente con el esfuerzo tangencial del viento, que al inicio del experimento sopló del N o NW.

Respecto de los coeficientes de dispersión horizontal, la mancha de rodamina creció a una tasa promedio de 1,4 m<sup>2</sup>/s (lance R1) y 1,7 m<sup>2</sup>/s (lance R2).

En ambas experiencias, la mancha de rodamina se dispersó en torno a su centroide, adoptando al final de la experiencia la forma de un ovoide (lance R1) o figura irregular (lance R2), con su eje mayor orientado en sentido coincidente con la dirección del viento, que al final de la experiencia sopló del SW.

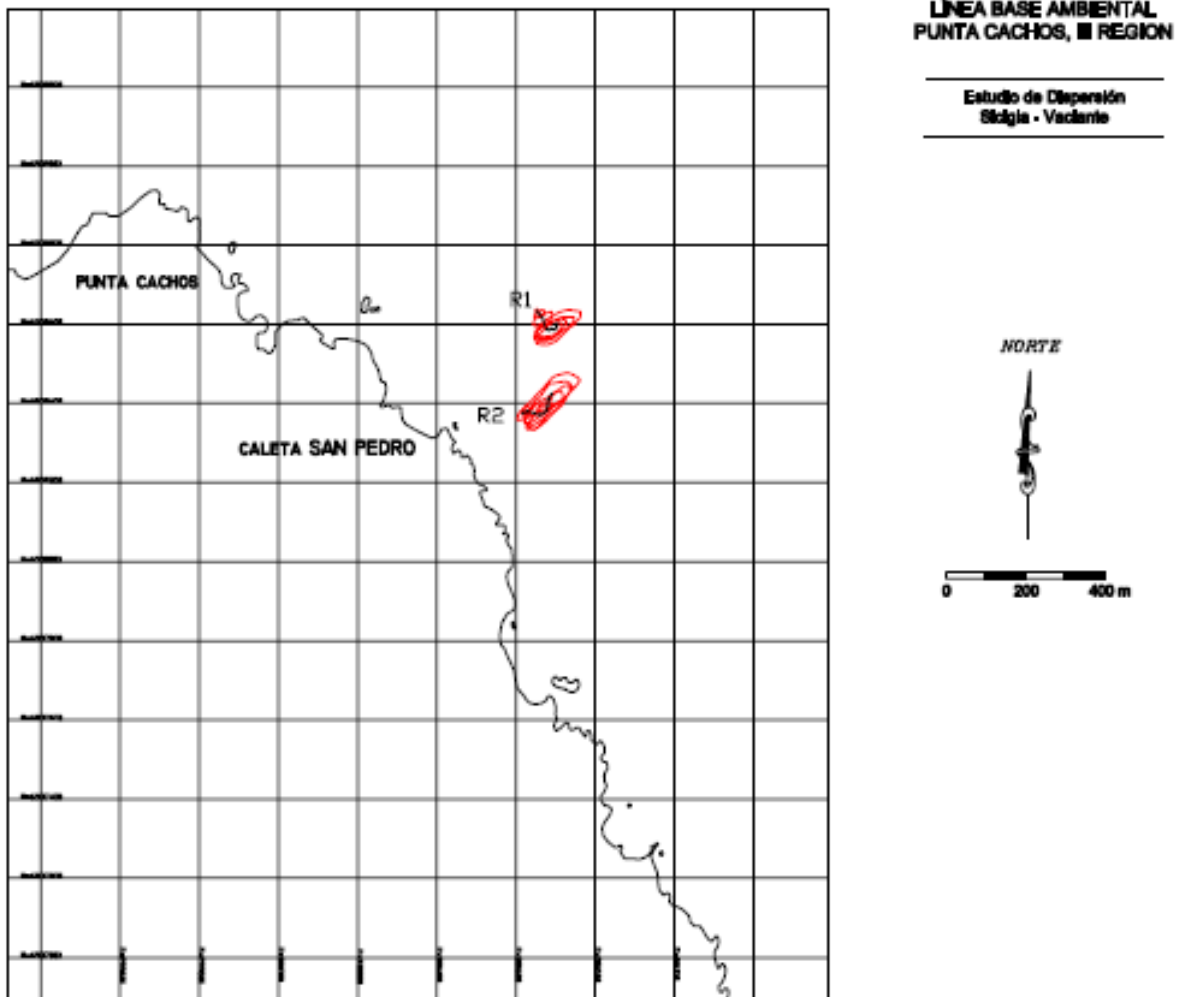


Figura 5.5.2.1. Dispersión con rodamina. Estaciones R1 y R2, marea vaciante. Sicigia.

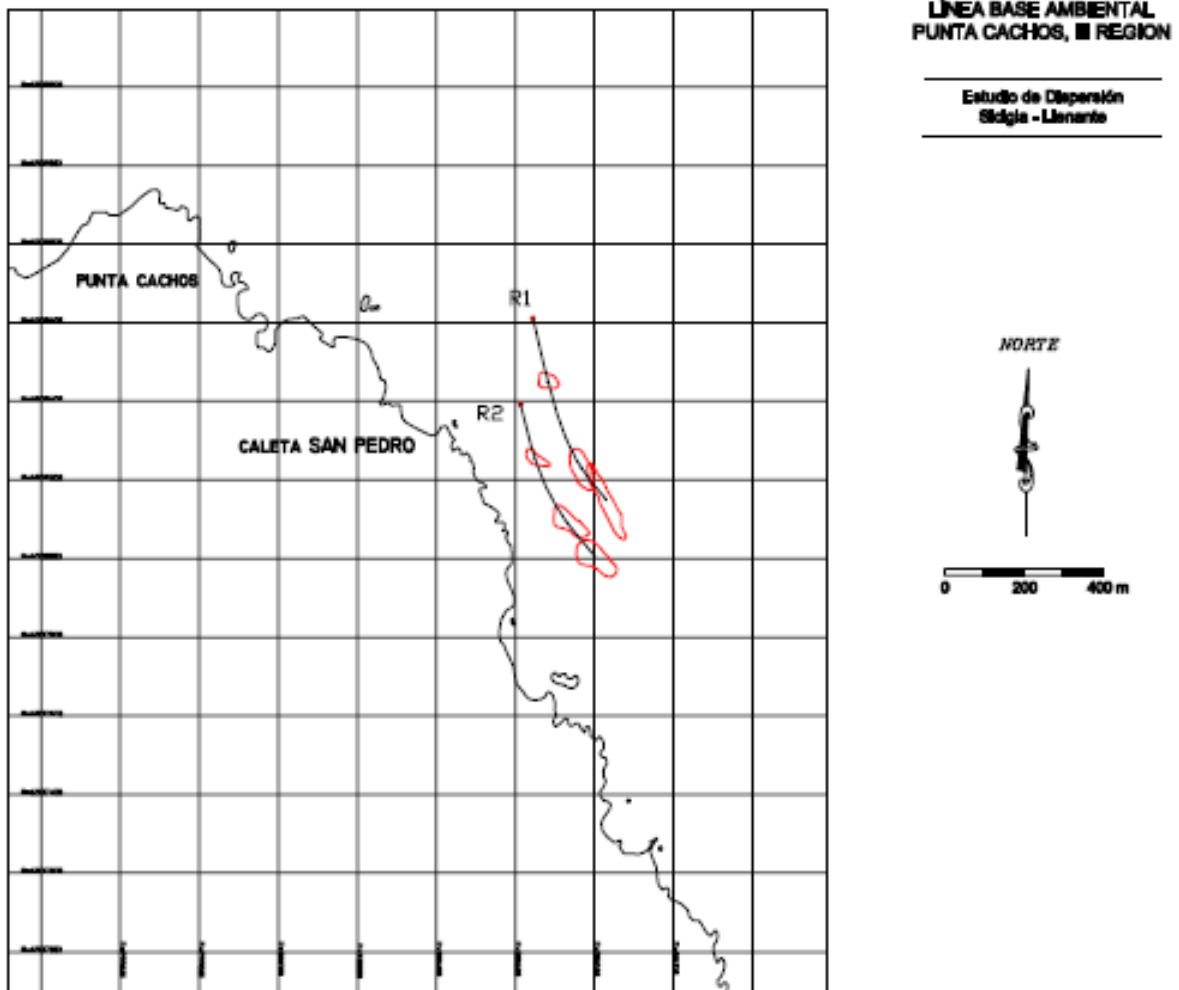
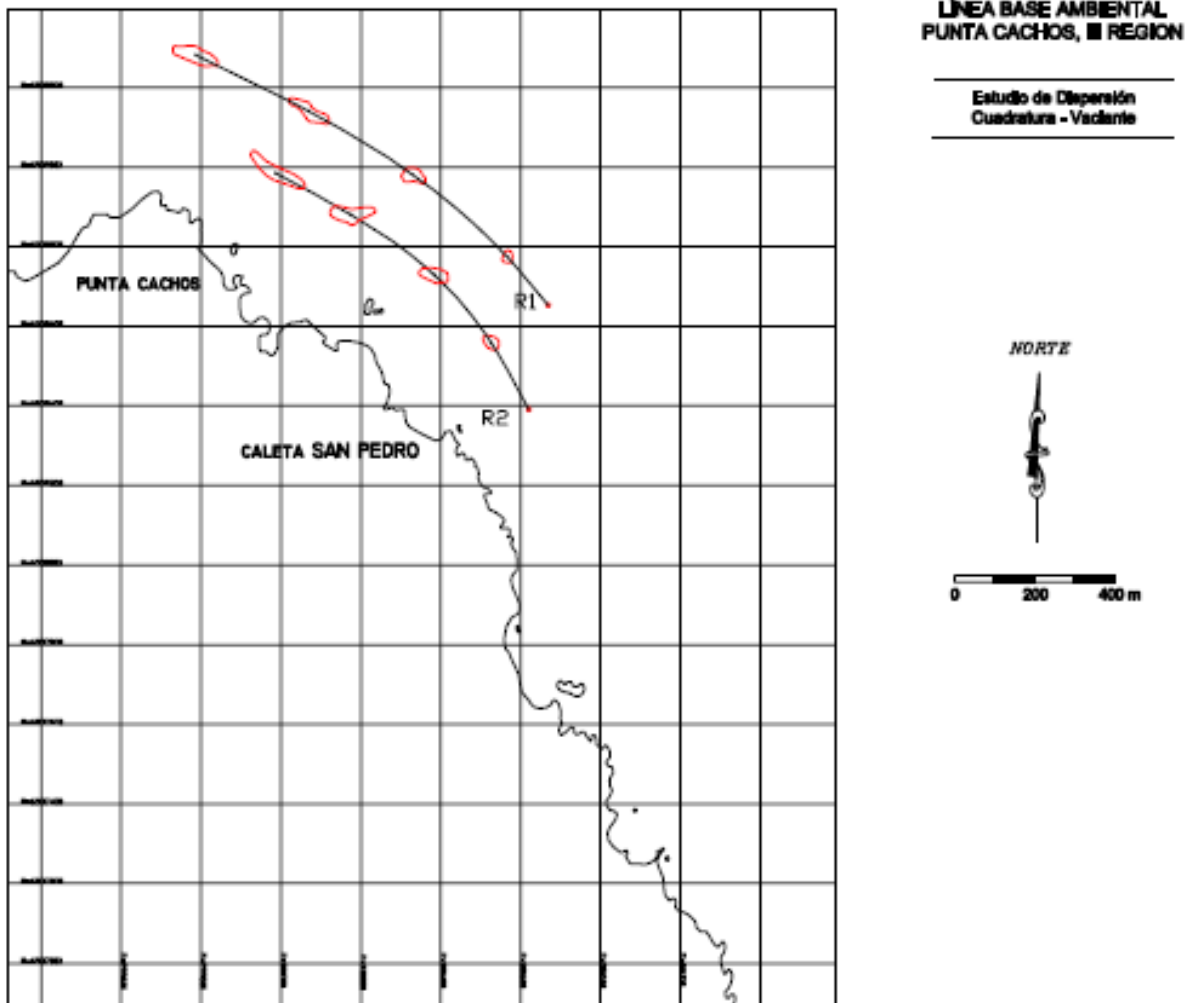
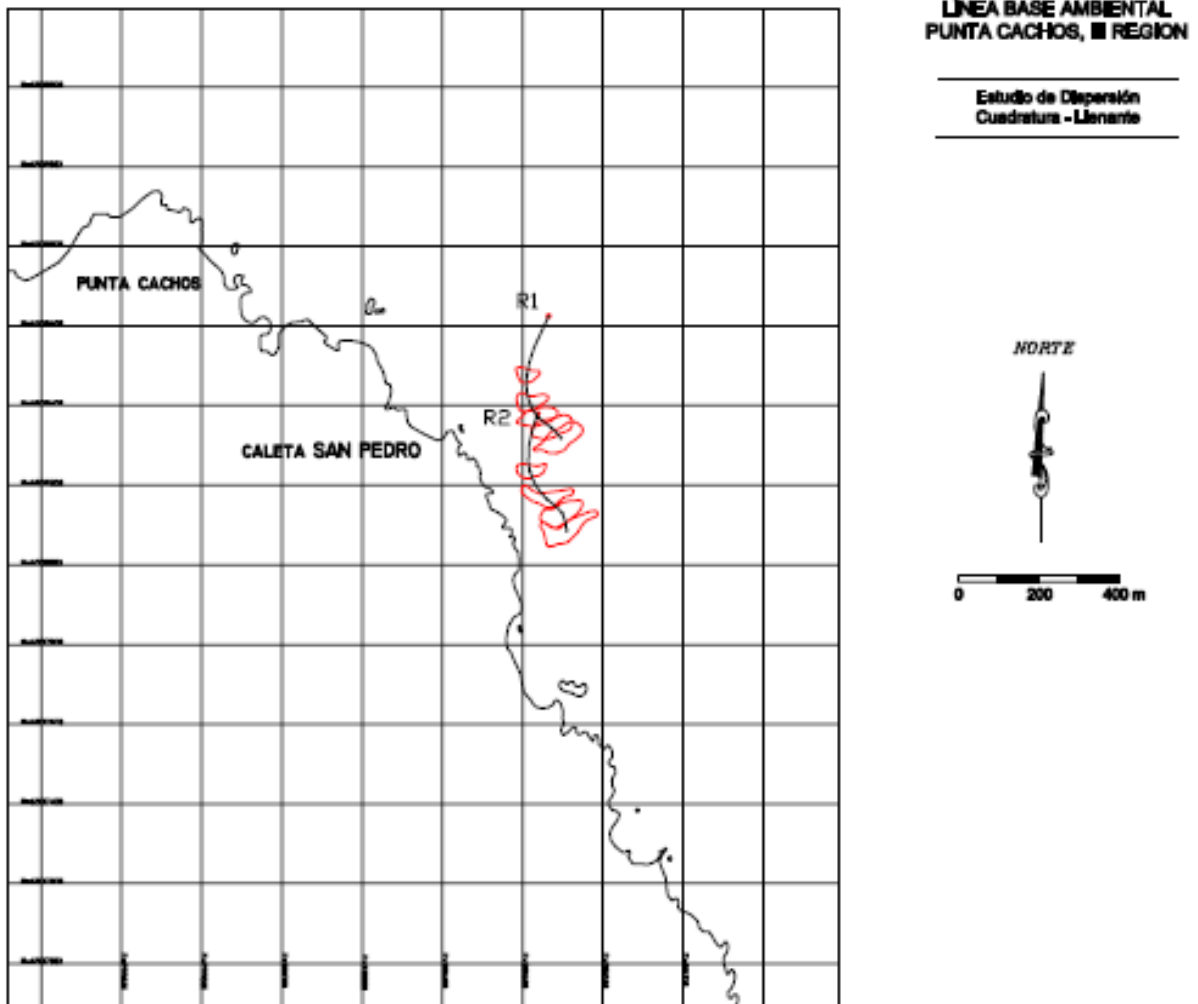


Figura 5.5.2.2. Dispersión con rodamina. Estaciones R1 y R2, marea llenante. Sicgia.






**Figura 5.5.2.3.** Dispersión con rodamina. Estaciones R1 y R2, marea vaciante. Cuadratura.



**Figura 5.5.2.4.** Dispersión con rodamina. Estaciones R1 y R2, marea llenante. Cuadratura.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	119
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


### **5.5.3 *Discusión del Estudio de Dispersión***

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

Los coeficientes de dispersión horizontal se definen como el aumento de superficie cubierta por el trazador por unidad de tiempo. En el área de estudio, los coeficientes de dispersión evidenciaron magnitudes variables, fluctuando entre 0,7 m<sup>2</sup>/s y 2,3 m<sup>2</sup>/s, los cuales son muy similares a los registrados en la campaña de invierno (0,7 a 2,5 m<sup>2</sup>/s.).

Puede diferenciarse entre coeficiente de dispersión en la dirección del desplazamiento de la mancha y perpendicular a ésta. Tal como se aprecia en las figuras anteriores, la mancha de rodamina se expandió formando una figura fusiforme o un ovoide orientado en la dirección del viento, por lo que se sugiere una alta influencia de éste sobre el mecanismo de la dispersión superficial.

Además, el desplazamiento de la mancha mostró relación directa con la dirección del viento, ya que en la mayoría de las experiencias realizadas la tendencia de la mancha de rodamina fue desplazarse con un sentido coincidente al esfuerzo tangencial del viento; no obstante, en la Primera Experiencia la mancha de rodamina no siguió al viento. Esta situación también fue verificada en la campaña de invierno.


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	120
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

#### **5.5.4 Conclusiones del Estudio de Dispersión**

Las experiencias de dispersión realizadas en el área del proyecto, evidenciaron una capacidad dispersiva del medio acuático, con magnitudes entre 0,7 m<sup>2</sup>/s y 2,3 m<sup>2</sup>/s, muy similares a las registradas en la campaña de invierno.

La dispersión se manifiesta por una mancha con forma fusiforme o de un ovoide, que se expande en sentido coincidente con la dirección del viento.

En términos de dirección de avance, la mancha de rodamina generalmente siguió al viento, por lo que se sugiere una alta influencia de éste en el destino final de las manchas para esta campaña de verano. Resultados similares fueron obtenidos en la campaña de invierno.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	121
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 5.6 ESTUDIO DE RÉGIMEN DE VIENTOS LOCALES

### 5.5.1 Materiales y Métodos

Con la finalidad de definir y precisar la circulación atmosférica local durante la ejecución de los estudios de sitio en esta campaña de verano, se realizaron mediciones de vientos durante un mes. Para este efecto, se instaló en el área de estudio, una estación meteorológica automática, marca Weather Wizard III (**Fotografía 5.5.1.1**), de registro en memoria magnética, programado para obtener una observación promedio cada 1 hora, la cual corresponde a un promedio vectorial de 60 minutos de registro continuo alrededor de cada hora. Sin embargo, a partir del 22 de febrero se cambió el intervalo de medición a 10 minutos.




**Fotografía 5.5.1.1.** Estación meteorológica Weather Wizard III.

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

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

Para estimar variaciones periódicas se calculó el autoespectro del viento con el método propuesto por Jenkins & Watts (1968), a partir de los datos horarios con previa eliminación de la tendencia. Este análisis se hizo para las componentes cartesianas V y U, en el sentido de la orientación norte-sur y este-oeste, respectivamente.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	122
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Las mediciones fueron realizadas en el período comprendido entre el 08 de febrero de 2009 y el 14 de marzo de 2009. Un listado de las observaciones horarias registradas se presenta en el Listado de Vientos (**ANEXO VIII**).

### **5.5.2 Resultados del Estudio de Vientos**

- **Estadística Descriptiva**

La estadística general de los registros de vientos se entrega en la **Tabla 5.5.2.1**.


Las **Figuras 5.5.2.1** y **5.5.2.2** presentan los histogramas de direcciones y magnitudes del viento, respectivamente.

Los resultados evidencian que el patrón de circulación atmosférica para esta campaña de verano se caracteriza por vientos que soplan principalmente del tercer cuadrante, con un 59% de incidencia conjunta para las direcciones comprendidas entre S y W.

Las situaciones no direccionales (Calmas), tienen una participación moderada, con un 6% de los casos.

Respecto de las magnitudes del viento, éstas se agruparon mayoritariamente en el rango de 1 a 7 nudos, con un 53% de incidencia, aunque también son frecuentes las magnitudes en el rango de 7 a 10 nd (19%) y de 10 a 13 nd (11%). Por su parte, intensidades superiores a 13 nudos se presentan con una frecuencia de 11%.

La intensidad de la circulación es moderada, con una media mensual de 6,8 nudos (**Tabla 5.5.2.2**). La dirección más ventosa es SW, con una media de 10,7 nd y máximos absolutos de 30 nudos.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	123
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


Comparativamente los vientos del primer y segundo cuadrante soplan con menos fuerza respecto de las otras direcciones de incidencia (**Figura 5.5.2.3**), mientras que los vientos del SW son los que registran magnitudes superiores.

**Tabla 5.5.2.1**

Incidencia y Excedencia de vientos. Sector Bahía Chascos, campaña de verano.

FRECUENCIA (%) DE INCIDENCIA DE VIENTOS								
MAGNITUD (nd)	DIRECCION							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
Ca								
1 - 4	1,886	3,153	2,782	1,793	2,164	2,937	3,709	3,184
4 - 7	0,958	1,546	1,360	1,113	0,216	0,587	0,680	0,742
7 - 10	0,464	0,278	0,155	0,031	0,000	0,000	0,000	0,124
10 - 13	0,000	0,093	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13 - 16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
16 - 19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19 - 22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TOTAL %	3,308	5,070	4,328	2,937	2,380	3,524	4,389	4,049

MAGNITUD (nd)	DIRECCION								TOTAL (%)
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	
Ca									5,719
1 - 4	1,669	1,855	1,453	0,835	0,742	0,526	0,371	0,433	29,490
4 - 7	1,329	3,709	4,884	2,813	1,731	0,927	0,773	0,495	23,864
7 - 10	0,680	3,308	7,573	3,802	1,360	0,618	0,526	0,124	19,042
10 - 13	0,062	1,484	6,862	1,947	0,495	0,062	0,031	0,000	11,066
13 - 16	0,031	1,051	3,988	0,773	0,031	0,000	0,000	0,000	5,873
16 - 19	0,000	0,618	2,164	0,216	0,000	0,000	0,000	0,000	2,998
19 - 22	0,031	0,278	0,742	0,062	0,000	0,000	0,000	0,000	1,113
> 22	0,000	0,124	0,680	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,835
TOTAL %	3,802	12,427	28,346	10,479	4,359	2,133	1,700	1,051	100,000


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	124
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 5.5.2.1 (continuación).**

FRECUENCIA (%) DE EXCEDENCIA DE VIENTOS								
MAGNITUD (nd)	DIRECCION							
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
> 22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 10	0,000	0,093	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
> 7	0,464	0,371	0,185	0,031	0,000	0,000	0,000	0,124
> 4	1,422	1,917	1,546	1,144	0,216	0,587	0,680	0,866
> 1	3,308	5,070	4,328	2,937	2,380	3,524	4,389	4,049

MAGNITUD (nd)	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL (%)
	> 22	0,000	0,124	0,680	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000
> 19	0,031	0,402	1,422	0,093	0,000	0,000	0,000	0,000	1,947
> 16	0,031	1,020	3,586	0,309	0,000	0,000	0,000	0,000	4,946
> 13	0,062	2,071	7,573	1,082	0,031	0,000	0,000	0,000	10,819
> 10	0,124	3,555	14,436	3,029	0,526	0,062	0,031	0,000	21,886
> 7	0,804	6,862	22,009	6,832	1,886	0,680	0,556	0,124	40,927
> 4	2,133	10,572	26,893	9,645	3,617	1,607	1,329	0,618	64,791
> 1	3,802	12,427	28,346	10,479	4,359	2,133	1,700	1,051	94,281



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	125
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 5.5.2.2**

Valore medios y máximos del viento. Sector Bahía Chascos, campaña de verano.

<b>DIRECCION</b>	<b>MEDIA (cm/s)</b>	<b>MAXIMA (cm/s)</b>
N	4,2	9,8
NNE	3,8	10,5
NE	3,8	11,2
ENE	3,5	7,2
E	2,6	5,9
ESE	2,7	6,9
SE	2,9	6,8
SSE	3,0	7,9
S	5,0	19,2
SSW	8,4	27,9
SW	10,7	30,2
WSW	8,5	23,3
W	6,7	13,3
WNW	5,9	10,3
NW	5,8	11,7
NNW	4,4	8,9
<b>TOTAL</b>	<b>6,8</b>	<b>30,2</b>

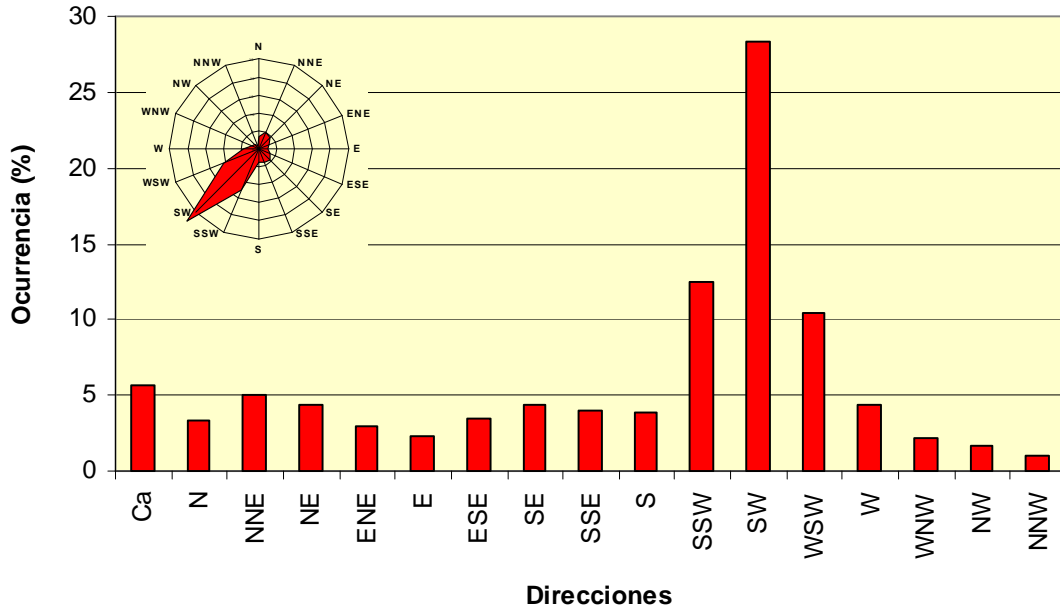


Figura 5.5.2.1. Histograma de direcciones de vientos. Bahía Chascos, campaña de verano.

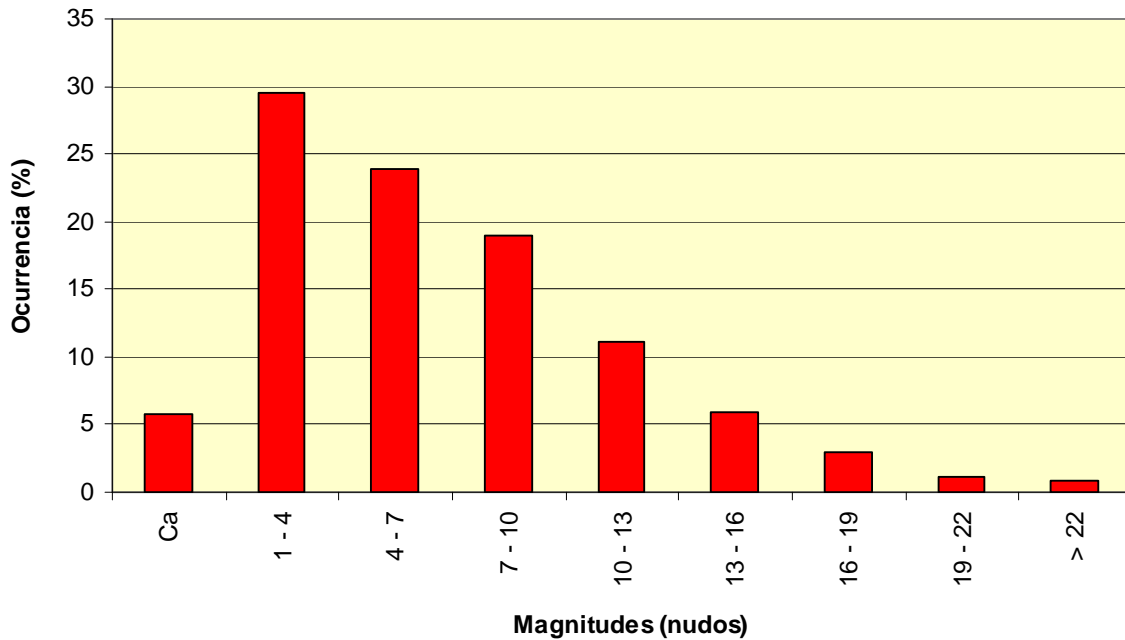

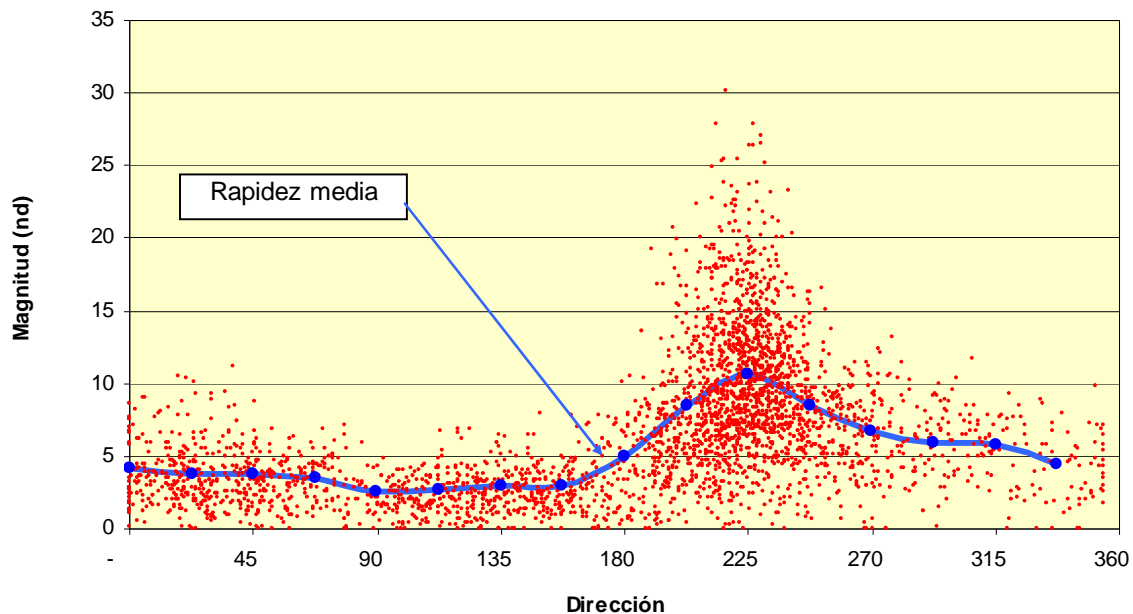


Figura 5.5.2.2. Histograma de magnitudes de vientos. Bahía Chascos, campaña de verano.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	127
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	




**Figura 5.5.2.3.** Diagrama de dispersión Magnitud – Dirección de vientos. Bahía Chascos, campaña de verano.

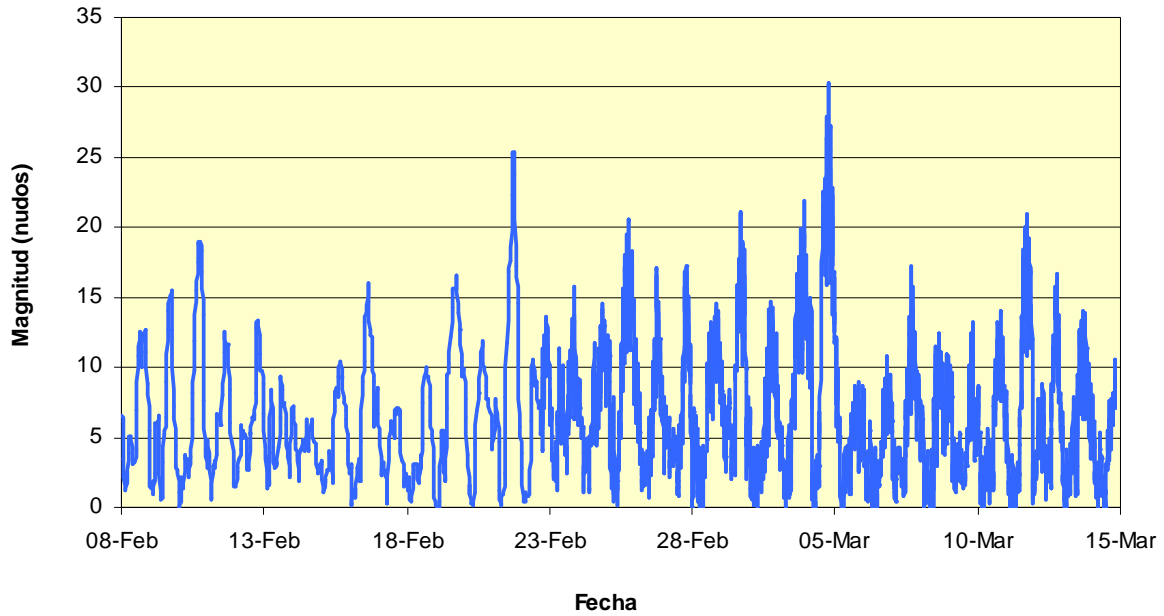
- **Intensidades Máximas**

La **Figura 5.5.2.4** muestra pulsos de vientos del tercer cuadrante con intensidades superiores a 15 nd que ocurren con una frecuencia variable de 1 a 6 días.

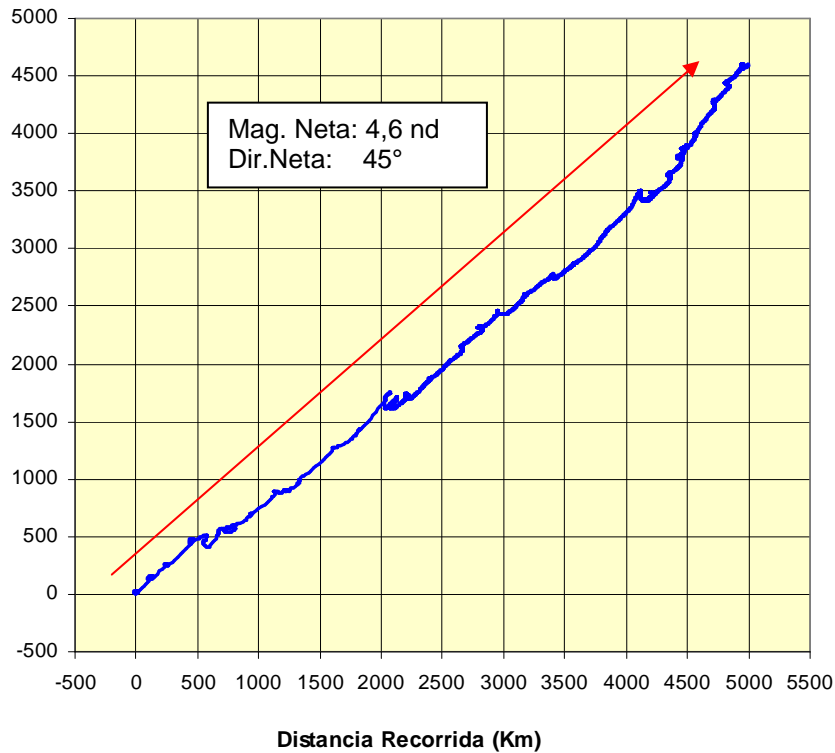
- **Diagrama de Vector Progresivo**

El diagrama de vector progresivo presentado en la **Figura 5.5.2.5** (sucesión temporal de vectores), sugiere que la circulación atmosférica residual se dirige hacia el NE. Al respecto, suponiendo que toda la masa de aire presentara un comportamiento espacialmente homogéneo, se podría inferir que una partícula de aire sería arrastrada en el largo plazo, en la dirección del flujo residual, es decir, hacia el NE, con una rapidez media de 4,6 nudos.


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	128
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	



**Figura 5.5.2.4.** Magnitudes del viento. Bahía Chascos, campaña de verano.



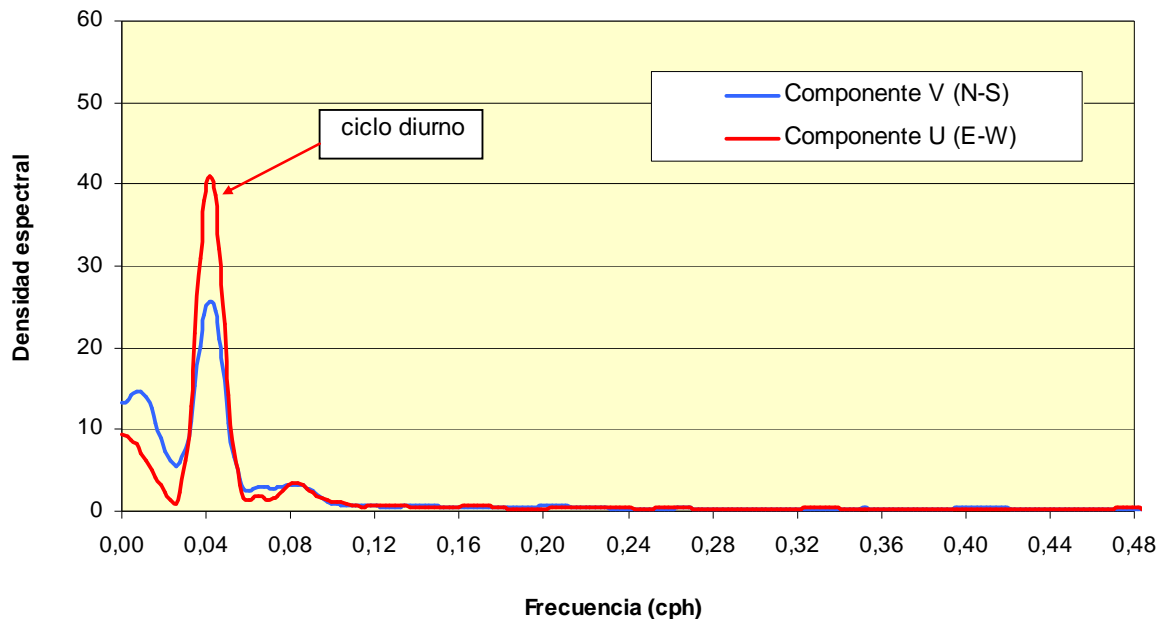
**Figura 5.5.2.5.** Diagrama de vector progresivo (DVP). Bahía Chascos, campaña de verano.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	129
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


- **Análisis Espectral**

Los resultados del análisis espectral de las componentes V y U del viento se presentan en la **Figura 5.5.2.5**.

Ambas componentes (U y V), muestran concentración de energía espectral en la banda de frecuencia de 0,04 cph, por lo que sugiere que la circulación atmosférica experimenta ciclos con periodicidad diurna en esta campaña de verano.



**Figura 5.5.2.5.** Análisis espectral componentes V y U de los vientos. Bahía Chascos, campaña de verano.

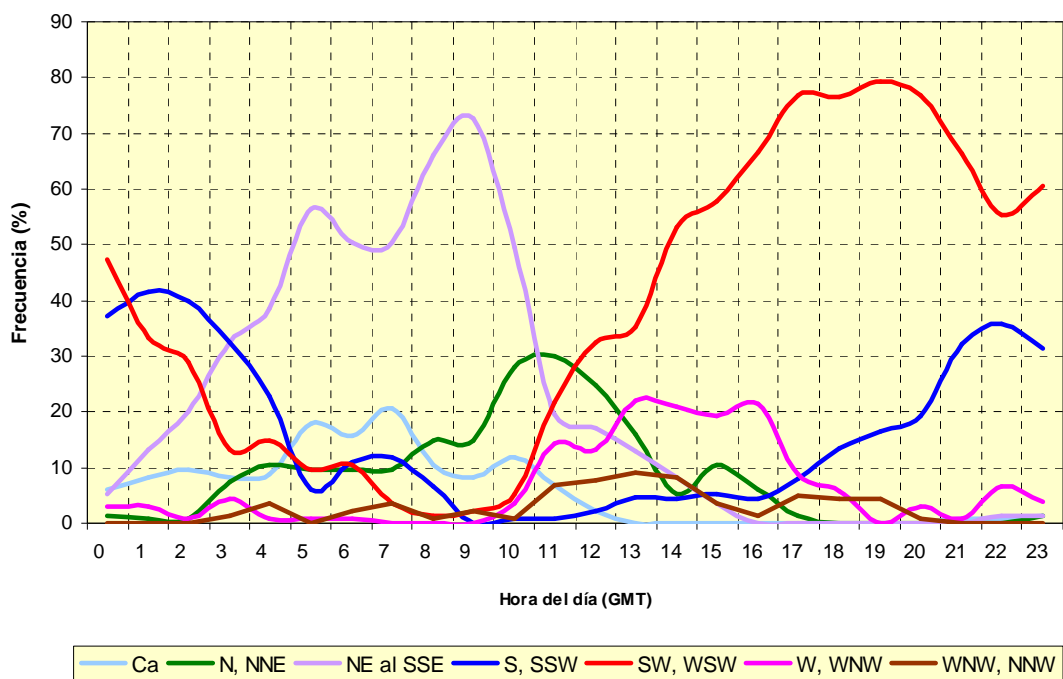
	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	130
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Ciclo Diurno**

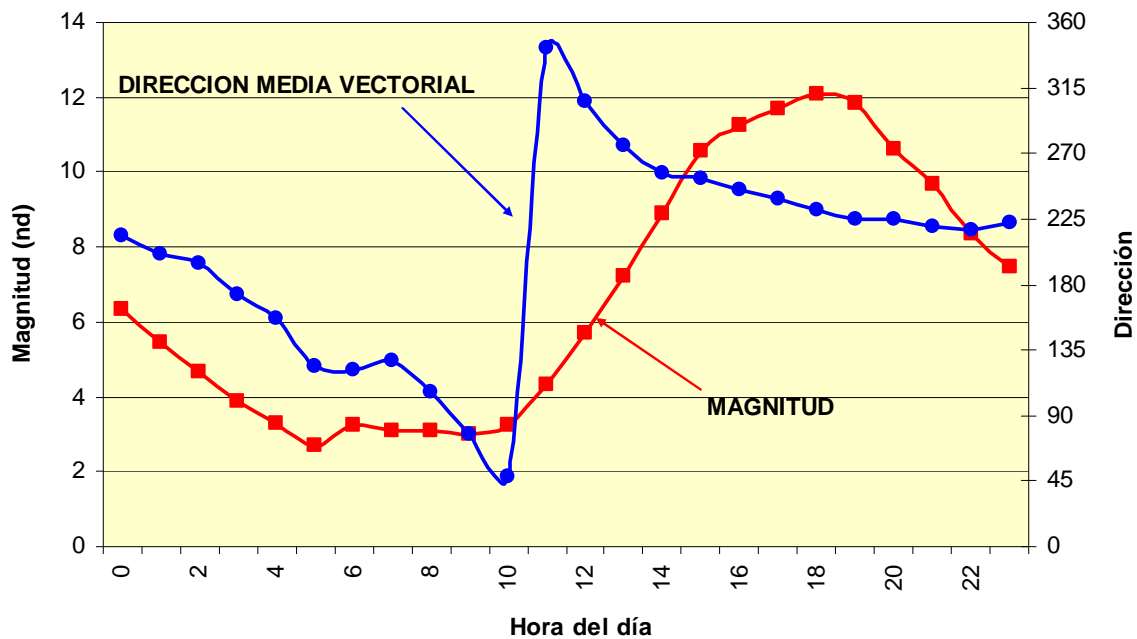
El comportamiento cíclico del viento se puede apreciar en la **Figura 5.5.2.7**. Se evidencia una marcada diferenciación horaria: en horas de la tarde, el viento sopla mayoritariamente del tercer cuadrante, mientras que de madrugada predominan vientos de tierra de dirección variable. Los períodos de Calma son más frecuentes a las 7 AM de cada día, con un 21% de frecuencia. Por su parte, vientos del N y NNE son más frecuentes a las 10 y 11 horas.

Respecto de las magnitudes, el viento se intensifica desde el mediodía, alcanzando un máximo a las 18 horas de cada día (**Figura 5.5.2.8**), para luego declinar de madrugada.

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



**Figura 5.5.2.7.** Ciclo diurno – Incidencia de direcciones de vientos. Bahía Chascos, campaña de verano.




**Figura 5.5.2.8.** Ciclo diario de vientos (valores medios). Bahía Chascos, campaña de verano.

- **Surgencia Costera**

Las surgencias son un fenómeno oceanográfico que consiste básicamente en el movimiento vertical de las masas de agua, de niveles profundos hacia la superficie. A este fenómeno también se le llama *afloramiento* y las aguas superficiales presentan generalmente un movimiento de divergencia horizontal característico.

De los fenómenos de surgencia, la *surgencia costera* es la más conocida y la más relacionada a las actividades humanas ya que da origen a las zonas pesqueras más productivas. Las aguas profundas son ricas en nutrientes que incluyen nitrato y fosfato, que son producto de la descomposición de materia orgánica hundida desde las aguas superficiales. Cuando es traída a la superficie, estos nutrientes son utilizados por el fitoplancton, junto con CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) disuelto y energía solar, para producir

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	132
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


compuestos orgánicos a través del proceso de fotosíntesis. De esta manera las regiones de surgencias resultan en lugares de muy altos niveles de producción primaria (la cantidad de carbono fijado por el fitoplancton) en comparación a otras áreas del océano. La alta producción primaria induce la actividad de la cadena alimentaria ya que el fitoplancton es la base del alimento oceánico.

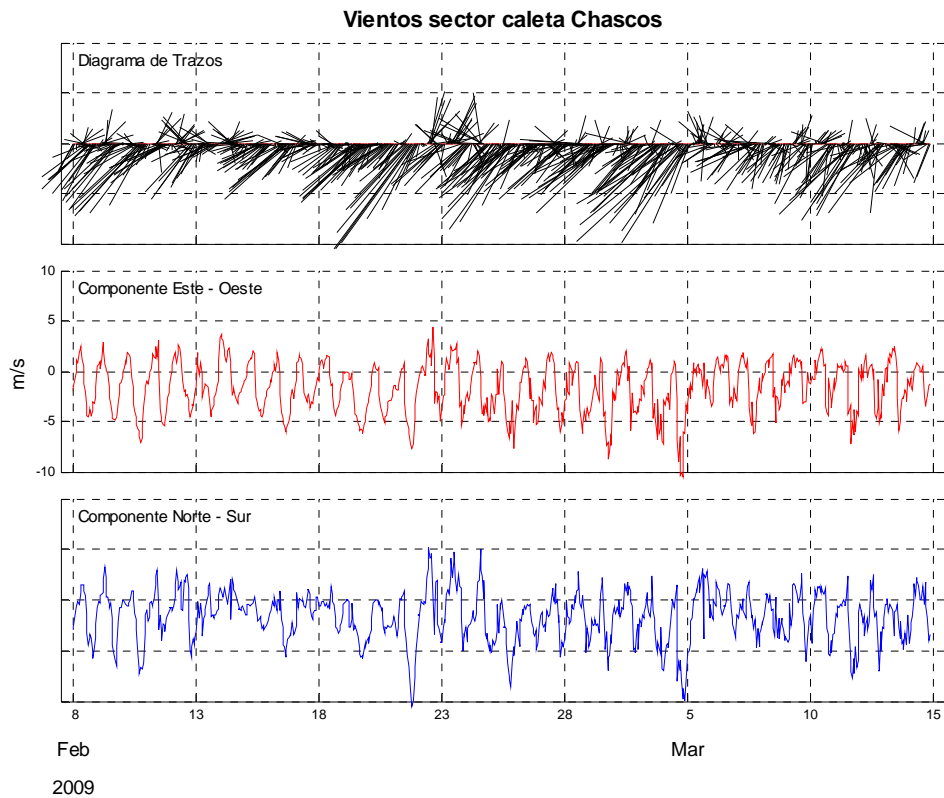
La surgencia en la costa puede ocurrir por varios factores. La situación más importante y conocida es la manejada por los vientos. Los procesos de surgencia en la zona de Bahía Chascos (Punta Cachos), durante febrero y principios de marzo de 2008, fueron manejados por un régimen de vientos SW. El viento SW ocurrió durante gran parte de los meses observados (~44%) con una media de 3,47 m/s y con máximos de hasta 15.53 m/s. En la **Figura 5.5.2.9** se representa el comportamiento y el tipo de vientos incidentes de la zona.

De acuerdo al transporte de Ekman, se puede estimar la variabilidad, intensidad y persistencia del proceso de surgencia. Esto ha sido indicado por Bakun (1978) a través del estudio sistemático de un índice de surgencia (Is), a lo largo de la costa oeste de Norte América.

Este índice es considerado un indicador de la cantidad de aguas profundas que reemplazan aquellas desplazadas fuera de la costa por la coacción del viento. Los resultados se expresan como transporte de masa de Ekman por cada 100 metros de línea de costa (**Figura 5.5.2.10**).




	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	133
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

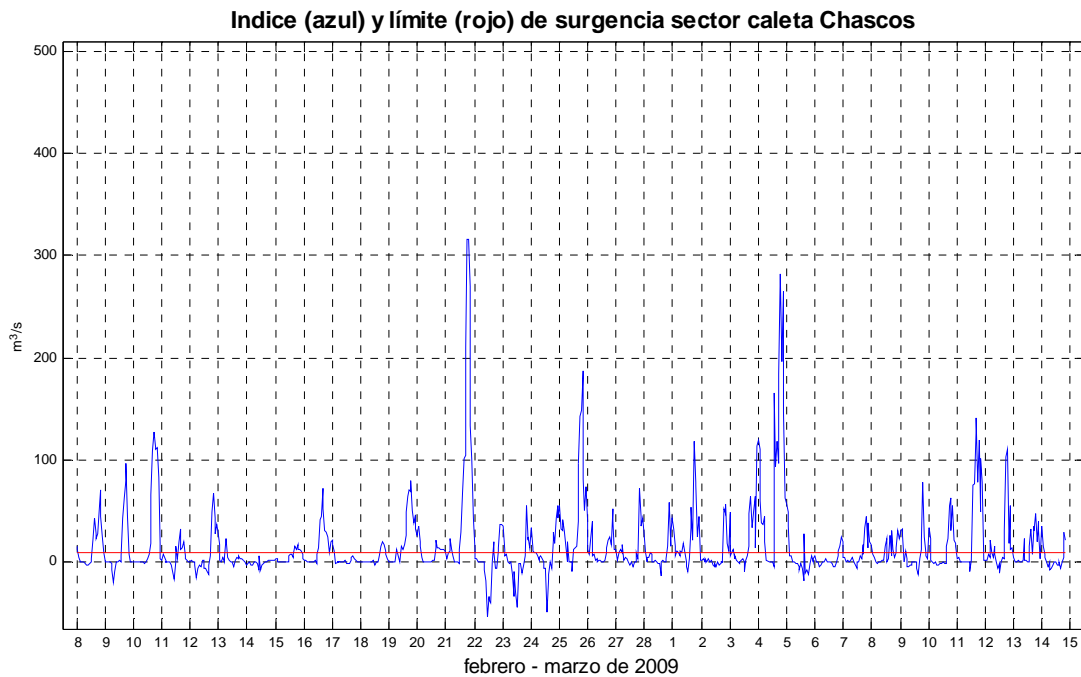


**Figura 5.5.2.9.** Gráfico de trazos y componentes ortogonales del viento en el sector de Bahía Chascos. Campaña de verano.


Los valores del índice de surgencia instantáneo tuvieron un valor medio de  $16,03 (m^3/s)$  y máximos de hasta  $316,63 (m^3/s)$ . Se estima un valor de  $I_s$  igual o superior a los  $10 (m^3/s)$  para reconocer un período de surgencia, e inferior a ese valor para un período de relajación. De lo anterior se desprende que en el área de estudio, para el período de medición, se presentaron casi en forma diaria eventos en los que el seudoesfuerzo del viento (SW) indujo un transporte ascendente igual o superior a los  $10 (m^3/s)$ . En promedio, el proceso de surgencia tuvo una permanencia media del orden de las 8,20 horas, generalmente en horas de la tarde. En los días 9, 10, 21, 25 de febrero y 1, 4, 11 y

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	134
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

12 de marzo se presentaron las mayores intensidades del Is. El día con mayor persistencia del Is ocurrió del día 19 al 20 de febrero (21 horas). Por lo anterior, es posible inferir que la zona de estudio es una zona de surgencias, por lo implica un alto nivel de producción primaria.



**Figura 5.5.2.10.** Índice de surgencia instantáneo para el sector de sector de Bahía Chascos. Campaña de verano.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	135
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

### **5.5.3 Discusión del Estudio de Régimen de Vientos Locales**

Como la región se encuentra bajo el predominio del Anticiclón del Pacífico Sur, los vientos reinantes soplan del tercer cuadrante. El rasgo más característico de este régimen son los pulsos de vientos (*surazos*) que se desarrollan cuando la alta se intensifica, lo que condiciona una circulación sostenida del tercer cuadrante con magnitudes superiores a 15 nudos. Estos pulsos de vientos ocurren en el período de estudio (campaña de verano) con un frecuencia de 1 a 6 días.


Los resultados evidencian que la circulación atmosférica rota con periodicidad diurna en sentido anticiclónico, lo cual es una condición típica de sectores costeros. En efecto, el ciclo térmico diario que origina diferencias de presiones parciales entre el continente y el océano, determina el sentido de flujo atmosférico a través del día: por la tarde sopla la brisa marina, con una componente oeste, con intensidades medias que van de 10 a 15 nudos, mientras que de madrugada se presentan períodos de calma o vientos débiles de tierra (brisa terrestre).

### **5.5.4 Conclusiones del Estudio de Régimen de Vientos Locales**

En términos generales, el patrón de viento reinante estuvo determinado por las direcciones comprendidas entre S y W para esta campaña de verano, en coincidencia con los centros de acción anticiclónicos propios de la región y época de medición.

Respecto de los vientos dominantes, estos soplaron del SW, asociados a condiciones de buen tiempo (*surazos*) y con magnitudes típicas entre 15 y 30 nudos.


Se distinguen ciclos diurnos costeros, los cuales están controlados por la radiación solar y geometría de línea de costa. Desde el mediodía es común una circulación mar a tierra (brisa marina con una componente oeste), con magnitudes medias de 10 a 15 nudos, pero

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	136
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

que se extingue con la puesta del sol. De noche y madrugada predomina la circulación débil tierra-mar con magnitudes típicas de 4 nudos (brisa terrestre con una componente E).

En resumen, la variación diaria en esta campaña de verano es la siguiente: períodos de calma o viento débil en la mañana y noche, intensidad máxima en la tarde, para declinar de madrugada.

Finalmente, los datos de vientos permitieron establecer que el área de estudio corresponde a una zona de surgencia, en donde el proceso de surgencia se presenta casi en forma diaria, con una permanencia media del orden de las 8,20 horas, generalmente en horas de la tarde.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	137
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 5.7 ESTUDIO DE RÉGIMEN DE MAREAS

### 5.7.1 *Materiales y Métodos*

En esta sección del estudio se analiza el comportamiento de la onda de marea del período comprendido entre el 08 de febrero al 15 de marzo de 2009, es decir, en la campaña de verano.

La base de datos que se analiza, fue medida mediante la utilización de un perfilador de corrientes acústico Doppler (ADCP), equipado con un sensor de presión digital, el cual fue programado para registrar la variación del nivel del mar en intervalos cada 10 minutos.

El instrumento ADCP fue anclado en un punto representativo del área de proyecto (**Figura 2.1**), en aguas de 20 m de profundidad total.

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

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

Donde,


H: Altura de la marea, metros

P: Lectura instrumental (unidades de presión)

$\rho$ : Densidad del agua de mar, 1.025 g/m<sup>3</sup>

g: aceleración de gravedad

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	138
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En el **ANEXO IX** se entrega el Listado de Mareas en formato magnético con los registros de marea cada 10 minutos. Al respecto, estos registros están vinculados al cero instrumental, el cual corresponde a un nivel de referencia equivalente a la profundidad de instalación del sensor de presión.

Dado que en la campaña de invierno se efectuó un análisis detallado de las mareas, en ésta de verano los datos sólo fueron sometidos a un análisis no armónico de marea. Inicialmente, en función de los registros cada 10 minutos se identificaron las pleamares y bajamares de cada día lunar de todo el período de medición, y luego, se determinaron los planos de marea, de acuerdo con la metodología oficial de cálculo no armónico, indicada por SHOA.

### **5.7.2      *Resultados del Estudio de Régimen de Mareas Locales***

La **Tabla 5.7.2.1** indica las alturas de las pleamares y bajamares de cada día lunar, y la **Tabla 5.7.2.2** presenta el análisis estadístico de estos datos.

La **Figura 5.7.2.1** presenta la variación del nivel del mar y la **Figura 5.7.2.2** muestra la fluctuación mensual del rango de la marea.

Se evidencia que la onda de marea experimentó una fluctuación relacionada con el ciclo lunar mensual; así por ejemplo, el rango de marea fue más pequeño en época de cuadratura lunar (16 abril y 4 marzo) y mayor en sicigia (9 y 24 febrero)

La marea para los días de estudio presentó un rango máximo de 1,6 metros y amplitud mínima entre 0,2 m y 0,6 m, con dos pleamares y dos bajamares en un día lunar, existiendo una desigualdad “diurna” entre las alturas de las dos pleamares o dos bajamares de cada día lunar. Esta desigualdad diurna fue mayor para la pleamar que para la bajamar, con una media mensual de 0,29 m y 0,07 m, respectivamente (**Tabla 5.7.2.2**).

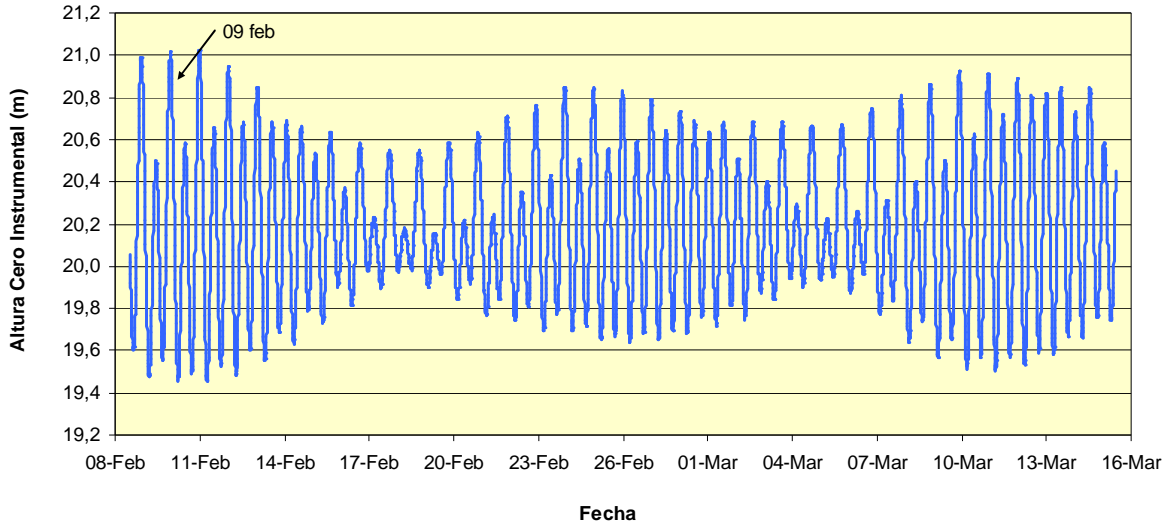


Figura 5.7.2.1. Alturas del nivel del mar. Bahía Chascos, campaña de verano.

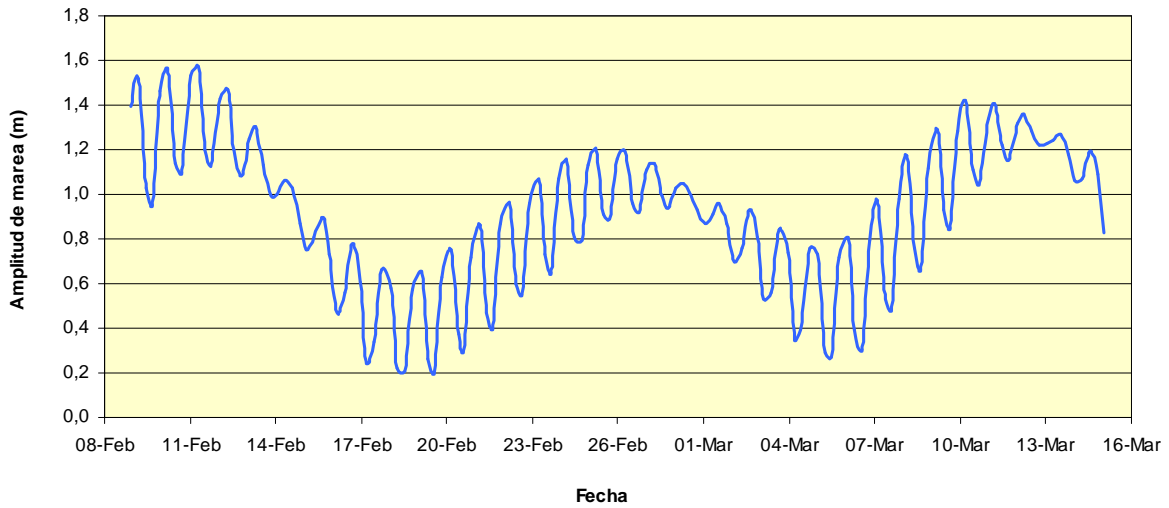



Figura 5.7.2.2. Rango de marea. Bahía Chascos, campaña de verano.


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	140
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 5.7.2.1**

Listado de pleamares y bajamares. Bahía Chascos, campaña de verano.

Fecha	Altura (m)	Fecha	Altura (m)	Fecha	Altura (m)
08-02-09 15:40	19,600	20-02-09 13:50	19,910	04-03-09 09:20	19,900
08-02-09 22:30	20,990	20-02-09 20:30	20,630	04-03-09 16:40	20,660
09-02-09 04:40	19,470	21-02-09 03:50	19,770	05-03-09 00:20	19,930
09-02-09 10:50	20,500	21-02-09 09:50	20,240	05-03-09 05:50	20,220
09-02-09 16:30	19,550	21-02-09 15:00	19,840	05-03-09 11:00	19,950
09-02-09 23:10	21,010	21-02-09 21:30	20,710	05-03-09 18:20	20,670
10-02-09 05:30	19,450	22-02-09 04:30	19,750	06-03-09 01:40	19,870
10-02-09 11:40	20,590	22-02-09 10:10	20,350	06-03-09 07:20	20,260
10-02-09 17:10	19,490	22-02-09 15:30	19,800	06-03-09 12:40	19,960
11-02-09 00:00	21,020	22-02-09 22:00	20,760	06-03-09 19:30	20,750
11-02-09 06:30	19,450	23-02-09 04:40	19,700	07-03-09 02:40	19,780
11-02-09 12:20	20,650	23-02-09 10:40	20,430	07-03-09 08:50	20,310
11-02-09 18:00	19,520	23-02-09 16:10	19,780	07-03-09 13:40	19,830
12-02-09 00:40	20,950	23-02-09 22:40	20,850	07-03-09 20:20	20,810
12-02-09 07:20	19,480	24-02-09 05:10	19,700	08-03-09 03:20	19,640
12-02-09 13:00	20,680	24-02-09 10:50	20,510	08-03-09 09:10	20,400
12-02-09 19:10	19,600	24-02-09 17:00	19,720	08-03-09 14:50	19,740
13-02-09 01:10	20,850	24-02-09 23:10	20,850	08-03-09 21:30	20,860
13-02-09 07:20	19,550	25-02-09 05:30	19,650	09-03-09 04:10	19,570
13-02-09 13:40	20,680	25-02-09 11:20	20,560	09-03-09 10:00	20,500
13-02-09 19:50	19,690	25-02-09 17:00	19,670	09-03-09 15:40	19,650
14-02-09 01:40	20,690	25-02-09 23:20	20,830	09-03-09 22:10	20,930
14-02-09 08:10	19,630	26-02-09 06:10	19,640	10-03-09 04:40	19,510
14-02-09 14:00	20,660	26-02-09 11:50	20,600	10-03-09 10:20	20,620
14-02-09 20:10	19,790	26-02-09 17:30	19,680	10-03-09 16:20	19,570
15-02-09 02:10	20,540	27-02-09 00:10	20,790	10-03-09 23:00	20,910
15-02-09 08:20	19,730	27-02-09 06:20	19,650	11-03-09 05:10	19,500
15-02-09 15:30	20,630	27-02-09 12:40	20,640	11-03-09 11:00	20,720
15-02-09 21:40	19,900	27-02-09 18:30	19,700	11-03-09 17:00	19,570
16-02-09 03:00	20,370	28-02-09 00:50	20,730	11-03-09 23:30	20,890
16-02-09 09:50	19,810	28-02-09 06:30	19,680	12-03-09 05:40	19,530
16-02-09 16:20	20,590	28-02-09 12:50	20,690	12-03-09 11:30	20,810



 EcoTECNOS	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	141
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


**Tabla 5.7.2.1 (continuación).**

Fecha	Altura (m)	Fecha	Altura (m)	Fecha	Altura (m)
16-02-09 23:10	19,980	28-02-09 19:00	19,760	12-03-09 17:50	19,590
17-02-09 04:30	20,230	01-03-09 01:20	20,630	13-03-09 00:10	20,820
17-02-09 10:20	19,890	01-03-09 07:10	19,720	13-03-09 06:10	19,580
17-02-09 17:30	20,550	01-03-09 13:20	20,680	13-03-09 12:30	20,850
18-02-09 00:50	19,970	01-03-09 19:50	19,810	13-03-09 18:40	19,670
18-02-09 05:40	20,190	02-03-09 02:10	20,510	14-03-09 00:40	20,730
18-02-09 12:10	19,980	02-03-09 07:40	19,750	14-03-09 06:50	19,660
18-02-09 18:50	20,550	02-03-09 14:40	20,680	14-03-09 12:50	20,850
19-02-09 02:40	19,900	02-03-09 21:00	19,870	14-03-09 19:30	19,760
19-02-09 08:30	20,160	03-03-09 03:00	20,400	15-03-09 01:10	20,590
19-02-09 13:30	19,960	03-03-09 08:50	19,840		
19-02-09 19:50	20,590	03-03-09 15:40	20,680		
20-02-09 03:40	19,840	03-03-09 22:50	19,940		
20-02-09 09:20	20,210	04-03-09 03:50	20,290		

**Tabla 5.7.2.2**

Análisis no armónico de mareas Bahía Chascos, campaña de verano.

Planos de Marea	Altura sobre el Cero Instrumental (m)	Altura Respecto del Nivel Medio Mar (m)
NIVEL MEDIO DEL MAR	20,18	0,00
ALTURA MEDIA DE LA BAJAMAR	-0,46	19,72
ALTURA MEDIA DE LA BAJAMAR INFERIOR	-0,49	19,68
BAJAMAR MAXIMA	-0,73	19,45
ALTURA MEDIA DE LA PLEAMAR	0,45	20,63
ALTURA MEDIA DE LA PLEAMAR SUPERIOR	0,59	20,77
PLEAMAR MAXIMA	0,84	21,02
AMPLITUD MAXIMA (CONSECUTIVA)		1,57
AMPLITUD MEDIA DE LA MAREA		0,91
DESIGUALDAD DIURNA DE LA BAJAMAR		0,07
DESIGUALDAD DIURNA DE LA PLEAMAR		0,29

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	142
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

### 5.7.3 Conclusiones del Estudio de Régimen de Mareas Locales


El régimen de marea de Punta Cachos (sector Bahía chascos) presenta un régimen de marea mixto con un componente semidiurno, es decir, con dos pleamares y dos bajamares en un día lunar.

La marea presentó una amplitud media mensual de 0,9 m, lo que representa un valor moderado, y un rango máximo de sicigia de 1,6 m, resultados concordantes con los hallados en la campaña de invierno.

No se visualizan anomalías significativas de carácter local, en este sentido, la marea de Punta Cachos es predecible y responde principalmente a la onda astronómica que se origina como compensación del nivel medio del mar, peraltado por acción de los astros y alterado por factores locales típicos, como son la profundidad y la forma de la costa.

## 5.8 BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO OCEANOGRÁFICO

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	143
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 6. ESTUDIOS DE ECOLOGÍA DE COMUNIDADES BIOLÓGICAS

### 6.1 ESTUDIO DE COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS SUBMAREALES

#### 6.1.1 Metodología de Estudio de Comunidades Macrobentónicas Submareales

El muestreo de las comunidades macrobentónicas de fondos blandos submareales de los alrededores del sector de Bahía Chascos se realizó el 06 de febrero de 2009 para la campaña de verano, extrayendo muestras en siete estaciones, cada una con respectivas réplicas. La estación control fue ubicada al NE del área de estudio, siendo considerada como referencia. La localización de las estaciones resultó ser la detallada en la **Figura 2.1** y corresponde a las estaciones seleccionadas en la campaña de invierno.


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

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

La extracción de las muestras se llevó a cabo por medio de buceo autónomo en todos los sectores, utilizando un muestreador estándar conformado por un tubo de PVC de 8 pulgadas de diámetro y 49 cm de largo; el cual, usándolo a modo de pala, permite extraer un área de 0.1 m<sup>2</sup> (**Fotografía 6.1.1.1**).



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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	144
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

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

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

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


El análisis faunístico se realizó considerando toda la fauna retenida en el tamiz. Sobre esta base, se calcularon los índices que de acuerdo a Pielou (1966), Gray (1981) y Lie (1969), describen mejor las características estructurales de una comunidad y



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



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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	145
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


que son los recomendados por la Autoridad Marítima: *Diversidad Específica* (H' de Shannon-Weaver, 1963, modificado por Lloyd *et al.*, 1968), *Uniformidad Específica* (J de Pielou, 1966) y *Riqueza Específica* (S de Margalef, 1968). Además se realizó el análisis de las comunidades bentónicas conocido como método de las curvas ABC (Abundance Biomass Comparison plots), de acuerdo a Warwick (1986).

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

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


### **6.1.2 Resultados del Estudio de Comunidades Macrobentónicas Submareales**

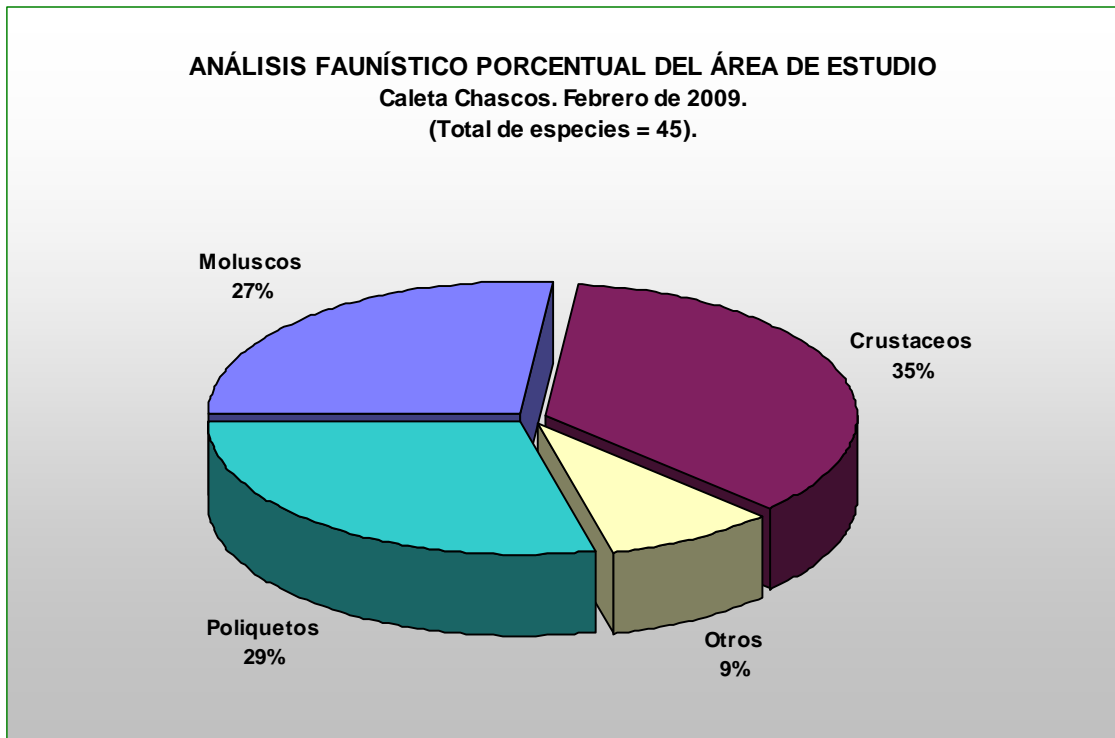
El análisis faunístico detallado del sector de Bahía Chascos arrojó un total de 45 taxa (especies) diferentes en esta campaña de verano, 11 taxa menos que lo registrado durante la campaña de invierno en el mismo sector. De acuerdo a la **Figura 6.1.2.1**, 16 especies pertenecen al grupo de los crustáceos (equivalentes al 35% del total de especies encontradas), 13 al grupo de los poliquetos (29% del total de taxa), 12 al grupo de los

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	146
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

moluscos (27% del total) y 4 al ítem otros (9% del total), constituido por 3 especies del Phylum Echinodermata y una especie del Phylum Chordata. La **Tabla 6.1.2.1** muestra el listado de especies encontradas en cada una de las estaciones estudiadas. En general, se puede visualizar un número relativamente homogéneo de especies en las estaciones pese a tener distinta distribución respecto a la costa y profundidades, a excepción de las estaciones 4 y 5 que presentaron una mayor riqueza, registrándose 25 y 20 especies, respectivamente. También puede observarse que 2 especies se encuentran en todas las estaciones, las que corresponden al gasterópodo *Oliva peruviana* y el poliqueto *Pareurythoe chilensis*. En el mismo contexto, al observar la situación particular de cada estación, se puede determinar que en general la distribución de las abundancias de las especies es relativamente similar, por lo que el índice de uniformidad es relativamente alto en las estaciones, a excepción de las estaciones 1 y 3 donde el molusco gasterópodo *Turritella cingulata* presenta una gran abundancia, correspondiente al 69,6% y 60,19% de la abundancia total para cada estación, respectivamente.

En tanto, el grupo más representativo del macrobentos de fondos blandos resultó ser el de los Crustáceos, los que presentaron en esta ocasión un porcentaje relativamente alto, con un 36% de la abundancia promedio total. En tanto, el grupo de los gusanos poliquetos representó el 29% de la abundancia promedio total. Estos porcentajes guardan relación con el tipo de sedimento registrado en las distintas estaciones en esta campaña de verano, los cuales fueron mayoritariamente gruesos, desde guijarro a gránulo. Esto queda reflejado al utilizar, por ejemplo, el estudio de Zuñiga *et al.* (1983), realizado en la Bahía de Mejillones del Sur, donde encontraron en sedimentos tipo arena porcentajes de poliquetos de un 33,4% (valor bastante superior al registrado en este estudio), en tanto en arena fangosa este porcentaje se elevaba a 55,6%, mientras que en fango este alcanzaba al 76,7%. Es decir, aumentando el contenido de sedimento fino (fango-limoso) y, por lo tanto, el porcentaje de materia orgánica, aumenta el número de poliquetos y viceversa.


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	147
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	



**Figura 6.1.2.1.** Análisis faunístico porcentual del área de estudio.  
Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.

Desde el punto de vista de la composición especie-específico (**Tabla 6.1.2.2**), alrededor del 33,33% de las especies presentó una frecuencia de aparición mayor al 42,80% (presentes en 3 o más estaciones), lo que indica una relativamente baja homogeneidad en la distribución de las especies, lo que se correlaciona con las diferencias en las condiciones físico-químicas de los sedimentos. A su vez, como se mencionó anteriormente, se encontraron 2 especies, correspondiente al 4,44% del total, con una frecuencia de aparición del 100%. Estas especies corresponden a individuos de hábitos carnívoros, como es *Oliva peruviana* y detritívoros en el caso de *Pareurythoe chilensis*.



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	148
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


**Tabla 6.1.2.1**

Listado de especies encontradas en el área de estudio, por estación. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.

Se incluyen entre paréntesis las desviaciones estándar.


<b>Estación 1</b>			
	<b>ABUNDANCIA (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BIOMASA (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>H'</b>
<b>Phylum Mollusca</b>			
<b>Clase Gasteropoda</b>			
<i>Nassarius gayi</i>	467	18,633	0,199
<i>Oliva peruviana</i>	67	57,407	0,046
<i>Prisogaster niger</i>	67	0,053	0,046
<i>Turritella cingulata</i>	7333	1039,147	0,364
<b>Phylum Arthropoda</b>			
<b>Subphylum Crustacea</b>			
Decapoda	67	0,527	0,046
<i>Metharpinia longirostris</i>	200	0,653	0,109
<i>Pagurus edwardsi</i>	467	0,673	0,199
<b>Phylum Annelida</b>			
<b>Clase Polychaeta</b>			
<i>Notomastus chilensis</i>	67	0,173	0,046
<i>Hemipodus simplex</i>	67	0,053	0,046
Maldanidae	67	0,673	0,046
Onuphidae	1000	0,487	0,323
<i>Pareurythoe chilensis</i>	600	0,220	0,235
<b>Phylum Chordata</b>			
<b>Clase Cephalochordata</b>			
<i>Branchiostoma sp.</i>	67	1,013	0,046
<b>TOTAL</b>	<b>10.533</b>	<b>1.119,713</b>	
		<b>H'</b>	1,752
		<b>J'</b>	0,474
		<b>S</b>	13



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	149
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


**Tabla 6.1.2.1** (continuación).

<b>Estación 2</b>			
	<b>ABUNDANCIA (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BIOMASA (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>H'</b>
<b>Phylum Mollusca</b>			
<b>Clase Bivalvia</b>			
<i>Cyclocardia compressa</i>	333	2,620	0,380
<i>Eurhomalea sp.</i>	67	0,007	0,136
<i>Transennella pannosa</i>	133	123,173	0,220
<b>Clase Gasteropoda</b>			
<i>Nassarius gayi</i>	267	10,120	0,337
<i>Oliva peruviana</i>	133	62,653	0,220
<i>Turritella cingulata</i>	133	10,720	0,220
<b>Phylum Arthropoda</b>			
<b>Clase Crustacea</b>			
<i>Metharpinia longirostris</i>	67	0,213	0,136
<i>Pagurus edwardsi</i>	200	0,007	0,285
Sphaeromatidae	133	0,140	0,220
<b>Phylum Annelida</b>			
<b>Clase Polychaeta</b>			
Opheliidae	67	0,687	0,136
<i>Pareurythoe chilensis</i>	867	0,327	0,528
Syllidae	67	0,007	0,136
<b>Phylum Chordata</b>			
<b>Clase Cephalochordata</b>			
<i>Branchiostoma sp.</i>	133	0,107	0,220
<b>TOTAL</b>	<b>2600</b>	<b>210,78</b>	
		<b>H'</b>	<b>3,171</b>
		<b>J'</b>	<b>0,857</b>
		<b>S</b>	<b>13</b>

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	150
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


**Tabla 6.1.2.1** (continuación).

<b>Estación 3</b>			
	<b>ABUNDANCIA (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BIOMASA (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>H'</b>
<b>Phylum Mollusca</b>			
<b>Clase Bivalvia</b>			
<i>Cyclocardia compressa</i>	200	3,933	0,029
<b>Clase Gastropoda</b>			
<i>Nassarius gayi</i>	1267	36,780	0,124
<i>Oliva peruviana</i>	133	56,700	0,021
<i>Tegula sp.</i>	933	466,727	0,099
<i>Turritella cingulata</i>	33.467	4033,240	0,442
<b>Phylum Arthropoda</b>			
<b>Clase Crustacea</b>			
Amphipoda	400	0,087	0,051
<i>Pagurus edwardsi</i>	800	2,900	0,088
<b>Phylum Annelida</b>			
<b>Clase Polychaeta</b>			
<i>Notomastus chilensis</i>	333	0,733	0,044
<i>Hemipodus simplex</i>	67	0,187	0,012
<i>Lumbricalus sp.</i>	67	0,447	0,012
<i>Pareurythoe chilensis</i>	17.467	26,767	0,525
Pisionidae	467	2,000	0,058
Polynoidae	67	0,260	0,012
<b>Phylum Echinodermata</b>			
<i>Patiria chilensis</i>	133	1,687	0,021
<b>TOTAL</b>	<b>55.600</b>	<b>4.628,513</b>	
		<b>H'</b>	1,536
		<b>J'</b>	0,403
		<b>S</b>	14

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	151
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.1.2.1** (continuación).


<b>Estación 4</b>			
	<b>ABUNDANCIA (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BIOMASA (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>H'</b>
<b>Phylum Mollusca</b>			
<b>Clase Bivalvia</b>			
<i>Cyclocardia compressa</i>	667	37,187	0,310
<i>Nucula pisum</i>	200	1,833	0,173
<i>Transennella pannosa</i>	133	15,447	0,130
<b>Clase Gasteropoda</b>			
<i>Nassarius gayi</i>	133	6,800	0,130
<i>Oliva peruviana</i>	200	67,153	0,173
<i>Polinices uber</i>	267	37,260	0,198
<i>Salitra radwini</i>	267	2,747	0,211
<i>Turritella cingulata</i>	67	3,680	0,077
<b>Phylum Arthropoda</b>			
<b>Clase Crustacea</b>			
<i>Cancer setosus</i>	67	0,133	0,077
<i>Cirolana urostylis</i>	133	0,067	0,100
<i>Metharpinia longirostris</i>	67	0,227	0,077
<i>Microphoxus cornutus</i>	133	0,053	0,130
<i>Nebalia sp.</i>	200	0,060	0,173
Ostracoda	533	0,020	0,300
<i>Pagurus edwardsi</i>	400	0,073	0,274
<i>Pinnixa bahamondei</i>	67	9,300	0,077
Sphaeromatidae	67	0,007	0,077
Tanaidacea	67	0,267	0,077
<b>Phylum Annelida</b>			
<b>Clase Polychaeta</b>			
<i>Hemipodus simplex</i>	200	0,040	0,173
Maldanidae	67	0,187	0,077
<i>Nephtys ferruginea</i>	200	0,393	0,173
Onuphidae	867	0,020	0,360
<i>Pareurythoe chilensis</i>	333	0,253	0,244
Sabellidae	133	0,073	0,130

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	152
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.1.2.1** (continuación).

<b>Estación 4</b>			
	<b>ABUNDANCIA (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BIOMASA (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>H'</b>
<b>Phylum Echinodermata</b>			
Holothuroidea	67	0,227	0,077
<b>TOTAL</b>	<b>4.533</b>	<b>129,040</b>	
		<b>H'</b>	3,383
		<b>J'</b>	0,728
		<b>S</b>	25


<b>Estación 5</b>			
	<b>ABUNDANCIA (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BIOMASA (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>H'</b>
<b>Phylum Mollusca</b>			
<b>Clase Bivalvia</b>			
<i>Cyclocardia compressa</i>	467	7,133	0,219
<i>Nucula pisum</i>	267	1,533	0,149
<i>Transennella pannosa</i>	133	9,027	0,089
<b>Clase Gastropoda</b>			
<i>Oliva peruviana</i>	67	12,187	0,052
<i>Turritella cingulata</i>	67	11,820	0,052
<b>Phylum Arthropoda</b>			
<b>Crustacea</b>			
<i>Cancer setosus</i>	67	0,067	0,052
<i>Cirolana urostylis</i>	733	2,680	0,292
<i>Halicarcinus planatus</i>	67	0,387	0,052
<i>Microphoxus cornutus</i>	133	0,540	0,089
<i>Nebalia</i> sp.	67	0,007	0,052
Ostracoda	1.067	0,073	0,362
<i>Pinnixa transversalis</i>	67	13,307	0,052
Sphaeromatidae	200	0,373	0,121

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	153
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.1.2.1 (continuación)**

<b>Estación 5</b>			
	<b>ABUNDANCIA (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BIOMASA (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>H'</b>
<b>Phylum Annelida</b>			
<b>Clase Polychaeta</b>			
<i>Hemipodus simplex</i>	333	0,213	0,174
Maldanidae	400	0,173	0,198
Onuphidae	3.200	3,080	0,530
<i>Pareurythoe chilensis</i>	1.400	0,807	0,415
Syllidae	200	0,053	0,121
<b>Phylum Echinodermata</b>			
Holothuroidea	133	0,347	0,089
<b>Phylum Chordata</b>			
<b>Clase Cephalochordata</b>			
<i>Branchiostoma sp.</i>	67	3,347	0,052
<b>TOTAL</b>	<b>9.133</b>	<b>67,153</b>	
		<b>H'</b>	3,210
		<b>J'</b>	0,743
		<b>S</b>	20


<b>Estación 6</b>			
	<b>ABUNDANCIA (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BIOMASA (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>H'</b>
<b>Phylum Mollusca</b>			
<b>Clase Bivalvia</b>			
<i>Cyclocardia compressa</i>	467	11,047	0,401
<i>Transennella pannosa</i>	467	40,167	0,401
<b>Clase Gastropoda</b>			
<i>Oliva peruviana</i>	133	57,360	0,188
<b>Phylum Arthropoda</b>			
<b>Clase Crustacea</b>			
<i>Cirolana urostylis</i>	67	0,013	0,115
Decapoda	67	0,220	0,115
Ostracoda	67	0,020	0,115

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	154
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.1.2.1 (continuación)**

<b>Estación 6</b>			
	<b>ABUNDANCIA (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BIOMASA (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>H'</b>
<i>Pinnixa transversalis</i>	67	7,707	0,115
<i>Taliepus dentatus</i>	67	4,213	0,115
<b>Phylum Annelida</b>			
<b>Polychaeta</b>			
Maldanidae	67	0,100	0,113
Onuphidae	1.133	1,093	0,530
<i>Pareurythoe chilensis</i>	533	0,240	0,427
Syllidae	133	1,013	0,188
<b>Phylum Echinodermata</b>			
Ophiuroidea	67	0,080	0,115
<b>TOTAL</b>	<b>2.400</b>	<b>72,060</b>	
		<b>H'</b>	2,936
		<b>J'</b>	0,793
		<b>S</b>	13

<b>Estación 7</b>			
	<b>ABUNDANCIA (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BIOMASA (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>H'</b>
<b>Phylum Mollusca</b>			
<b>Clase Bivalvia</b>			
<i>Cyclocardia compressa</i>	667	14,740	0,451
<i>Glycymeris ovata</i>	67	0,880	0,107
<i>Transennella pannosa</i>	200	20,253	0,232
<b>Clase Gastropoda</b>			
<i>Nassarius gayi</i>	200	5,880	0,232
<i>Oliva peruviana</i>	267	78,693	0,278
<i>Turritella cingulata</i>	67	12,007	0,107
<b>Phylum Arthropoda</b>			
<b>Clase Crustacea</b>			
<i>Macrochiridothea setifer</i>	67	0,193	0,107

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	155
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.1.2.1 (continuación)**


<b>Estación 7</b>			
	<b>ABUNDANCIA (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>BIOMASA (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>H'</b>
Sphaeromatidae	133	0,293	0,176
<b>Phylum Annelida</b>			
<b>Clase Polychaeta</b>			
<i>Nephtys</i> sp.	67	7,540	0,107
Onuphidae	133	0,060	0,176
<i>Pareurythoe chilensis</i>	1.333	0,660	0,531
Syllidae	400	0,047	0,352
<b>TOTAL</b>	<b>2.667</b>	<b>105,373</b>	
		<b>H'</b>	2,854
		<b>J'</b>	0,796
		<b>S</b>	12

**Tabla 6.1.2.2**

Listado de especies presentes en el área de estudio con una frecuencia de aparición mayor o igual a 33,33% (presentes en 3 o más estaciones, de un total de 7).

Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.

<b>ESPECIE</b>	<b>FRECUENCIA DE APARICIÓN (%)</b>
<i>Oliva peruviana</i>	100%
<i>Pareurythoe chilensis</i>	100%
<i>Cyclocardia compressa</i>	85,71%
<i>Turritella cingulata</i>	85,71%
<i>Nassarius gayi</i>	71,42%
Onuphidae	71,42%
<i>Transennella pannosa</i>	71,42%
Maldanidae	57,14%
Sphaeromatidae	57,14%
Syllidae	57,14%
<i>Branchiostoma</i> sp.	42,80%
<i>Cirolana urostylis</i>	42,80%
<i>Hemipodus simplex</i>	42,80%
<i>Metharpinia longirostris</i>	42,80%
Ostracoda	42,80%

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	156
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Comparativamente, se ha incorporado en la **Tabla 6.1.2.3** el análisis por grupos zoológicos de sedimentos submareales de otras áreas del litoral nacional. En ésta se puede observar una variación en el aporte porcentual de cada grupo, lo que se relaciona con los tipos sedimentarios predominantes en cada área, las características químicas de los mismos y las profundidades de las distintas estaciones analizadas. Además, es claro que el número total de especies varía de forma importante entre los sectores estudiados, lo que se relaciona tanto con la dinámica del fondo marino (corrientes y disturbancias), como con las características físico-químicas de los sedimentos, entre otros factores. En todo caso, el número de especies hallado en el área de Bahía Chascos para esta campaña de verano es el mayor de las referencias citadas en la **Tabla 6.1.2.3**.

**Tabla 6.1.2.3**

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

Taxa	Campaña Verano	Puerto Antofagasta (1)	Canal Chigüao (2)	Las Salinas (3)	Isla Taucolón (4)
<b>Poliquetos</b>	<b>29% (13)</b>	17% (4)	38% (14)	26% (9)	23% (11)
<b>Crustáceos</b>	<b>35% (16)</b>	22% (5)	32% (12)	29% (10)	23% (11)
<b>Moluscos</b>	<b>27% (12)</b>	61% (14)	22% (8)	36% (13)	41% (19)
<b>Otros</b>	<b>9% (4)</b>	-	8% (3)	9% (3)	13% (6)
<b>Total de Especies</b>	<b>45</b>	23	37	34	47

(1) EPA. (2003)


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

(3) EcoTecnos Ltda. (2003)

(4) Silob Chile (2002)

Cabe destacar que gran parte de las especies halladas en el área de estudio poseen hábitos detritívoros, altamente consumidores de materia orgánica sedimentada, lo que explicaría que las concentraciones de MOT en los sedimentos fuera relativamente baja (a lo que habría que adicionar las características físicas de los sedimentos), puesto que sería utilizada por la fauna macrobentónica del fondo marino. Lo anterior es importante de considerar puesto que podrán ser fácilmente evaluadas posibles descargas de materia orgánica al medio ya que es conocido que frente a aportes importantes de estos componentes que superen la capacidad



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	157
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

de carga del medio, la macrofauna bentónica responde claramente mediante respuestas como el aumento en la densidad de ciertas especies (Pearson & Rosenberg, 1978), especialmente de miembros de las familias Capitellidae y Lumbrineridae (poliqueto). Lo mismo se puede evaluar frente a impactos de descargas accidentales de petróleo, puesto que se sabe cómo la fauna bentónica reacciona frente a estos fenómenos (Clifton *et al.*, 1984).


### 6.1.3 Índices Ecológicos

La **Tabla 6.1.3.1** resume los resultados obtenidos del cálculo de los parámetros ecológicos de diversidad específica ( $H'$ ), uniformidad específica ( $J'$ ) y riqueza específica ( $S$ , número de especies) en el sector de Bahía Chascos.

**Tabla 6.1.3.1**

Resumen de los índices ecológicos calculados en este estudio, para cada una de las estaciones analizadas. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009. Se incluyen entre paréntesis las desviaciones estándar.


ESTACIÓN	DIVERSIDAD ( $H'$ )	UNIFORMIDAD ( $J'$ )	RIQUEZA ( $S$ )
1	1,752 (0,107)	0,474 (0,078)	13
2	3,171 (0,325)	0,857 (0,003)	13
3	1,536 (0,099)	0,403 (0,015)	14
4	3,383 (0,237)	0,728 (0,045)	25
5	3,210 (0,244)	0,743 (0,027)	20
6	2,936 (0,194)	0,793 (0,018)	13
7 (Control)	2,854 (0,183)	0,796 (0,025)	12
<b>Prom. incluyendo Est. Control</b>	<b>2,692 (0,198)</b>	<b>0,685 (0,030)</b>	<b>16</b>
<b>Prom. excluyendo Est. Control</b>	<b>2,665 (0,201)</b>	<b>0,666 (0,031)</b>	<b>16</b>

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	158
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Diversidad Específica**

Para comprender lo que significan los números arrojados por el índice de **Diversidad Específica**, es importante explicar que este índice, también denominado “Heterogeneidad Específica”, es una característica típica del nivel de la comunidad en la organización biológica de un ecosistema, considerándose como una expresión de la estructura de la comunidad. Se dice que una comunidad tiene diversidad específica alta, si muchas especies presentes son iguales o semejantes en cuanto a su abundancia; por otra parte, cuando la comunidad está compuesta por muy pocas especies, o si únicamente muy pocas especies son abundantes, la diversidad específica es baja. En síntesis, una diversidad alta indica una comunidad compleja porque una gran variedad de especies permite mayor número de interacciones específicas que involucran transferencia de energía, depredación, competencia, etc.

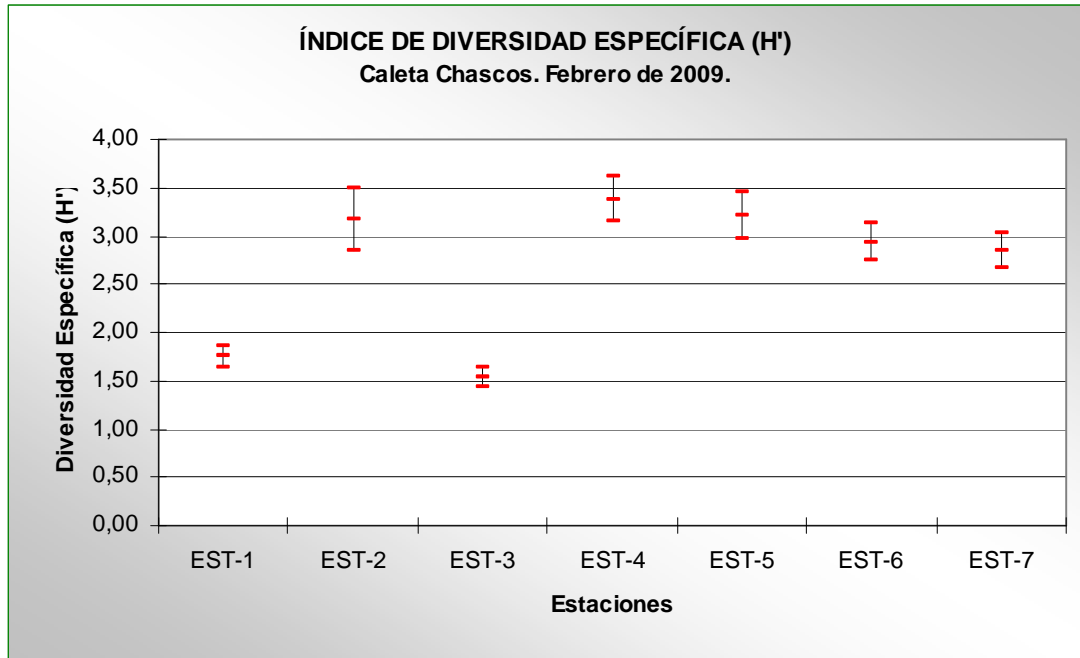
El índice de diversidad utilizado en esta oportunidad es el de Shannon-Weaver, el más utilizado en estudios de ecología bentónica. Como se observa en la **Tabla 6.1.3.1**, el índice H' promedio para toda el área de estudio en esta campaña de verano es igual a **2,692 ± 0,198 ind/bits**. En tanto, si se excluye la estación control (estación 7) este valor cambia a **2,665 ± 0,201 ind/bits**. Lo anterior indica que el número de especies hallados en la estación de referencia y el aporte de tres nuevas especies, no genera cambios importantes en la diversidad específica global promedio del área. Dado que se está evaluando la calidad de las comunidades frente a las futuras instalaciones de un muelle, es importante considerar el índice arrojado para las 6 estaciones excluyendo la Control. El valor de 2,692 ± 0,198 ind/bits, comparado con estudios realizados en otras áreas del país, representa comunidades con una diversidad media. Sin embargo, también se debe destacar que los índices de diversidad sólo dan cuenta de la estructura comunitaria, y no son un buen parámetro para ser utilizado como indicadores de efectos de la contaminación sobre las comunidades bióticas. Al respecto, se han realizado categorizaciones de comunidades en base al índice de Shannon, determinando la siguiente clasificación (Hendey, 1977):

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	159
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

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

No obstante lo anterior, es claro que algunas de las estaciones estudiadas presentan altos índices de diversidad específica (**Figura 6.1.3.1**), como se observa en este caso para las estaciones 2, 4 y 5. Esto estaría dado principalmente por la alta uniformidad en la distribución de las abundancias relativas entre las especies y el número relativamente alto de especies. El más bajo H' obtenido en la estación 3 ( $H' = 1,536 \pm 0,099$  bits), estaría determinado por las altas dominancias del molusco gasterópodo *Turritella cingulata* y del gusano poliqueto *Pareurythoe chilensis*, que representan el 60,19 y 31,41% de la abundancia total de la estación respectivamente. Una situación similar presenta la estación 1, la que pese a contar con un número relativamente alto de especies (13), presenta una alta dominancia de *Turritella cingulata*, la cual representa por si sola el 69,61% de la abundancia total de la estación. Esto explicaría la disminución de H', así como también la disminución de la uniformidad específica. De esta forma, de acuerdo a Hendey (1977), las estaciones 1 y 3 se clasificarían con *Polución Moderada*, las estaciones 6 y 7 se clasificarían como estaciones con *Polución Ligera* y las estaciones 2, 4 y 5 se clasificaría con *Polución No Detectable*.




**Figura 6.1.3.1.** Variación del índice de diversidad específica (H') por estación. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.

- **Uniformidad Específica**

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

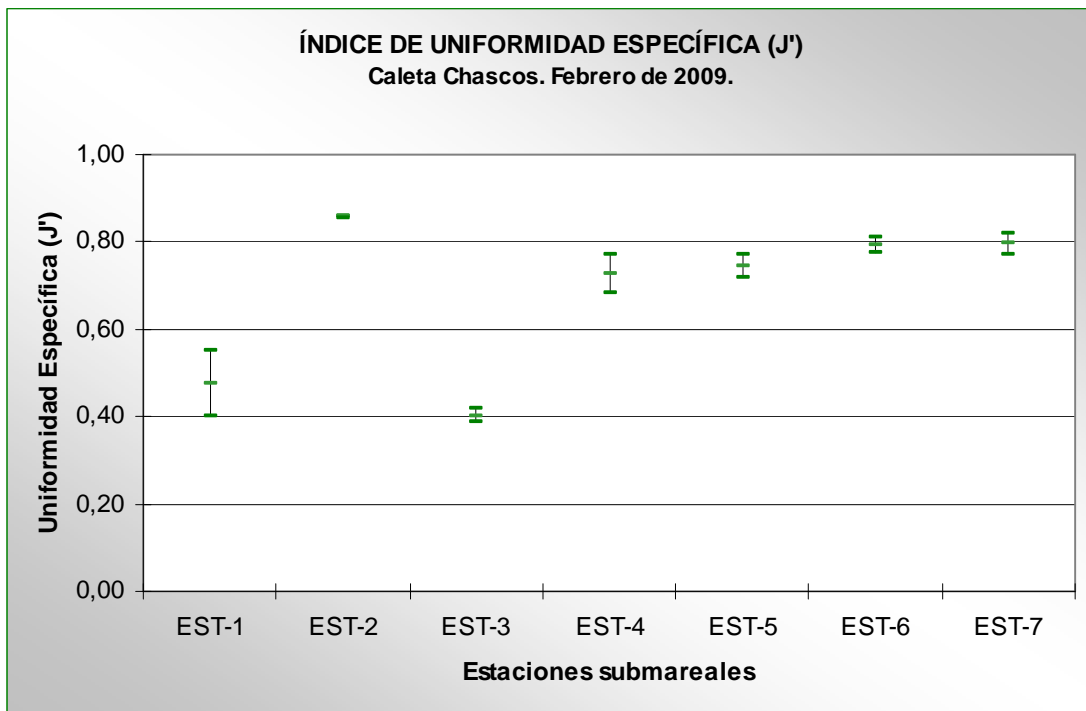
En resumen, este índice arroja información acerca de la distribución de un individuo de una especie dentro de un área específica; es decir, si existe equilibrio entre el número de individuos de una especie con respecto a las otras. El valor máximo posible para este índice

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	161
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

Los resultados de la **Tabla 6.1.3.2** y la **Figura 6.1.3.2** permiten afirmar que existe una relativamente buena distribución de las abundancias de los organismos en las comunidades de las estaciones estudiadas en esta campaña de verano en Bahía Chascos, considerando que el promedio del área (sin considerar la estación Control) es de  $J' = 0,666 \pm 0,031$ . En tanto, se pueden observar diferencias relativamente importantes entre las uniformidades específicas de las estaciones analizadas, oscilando entre  $J' = 0,403 \pm 0,015$  en la estación 3, donde como ya se señaló existe una alta dominancia de *T. cingulata* con un 60% de la abundancia total; y  $J' = 0,857 \pm 0,003$  en la estación 2.


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



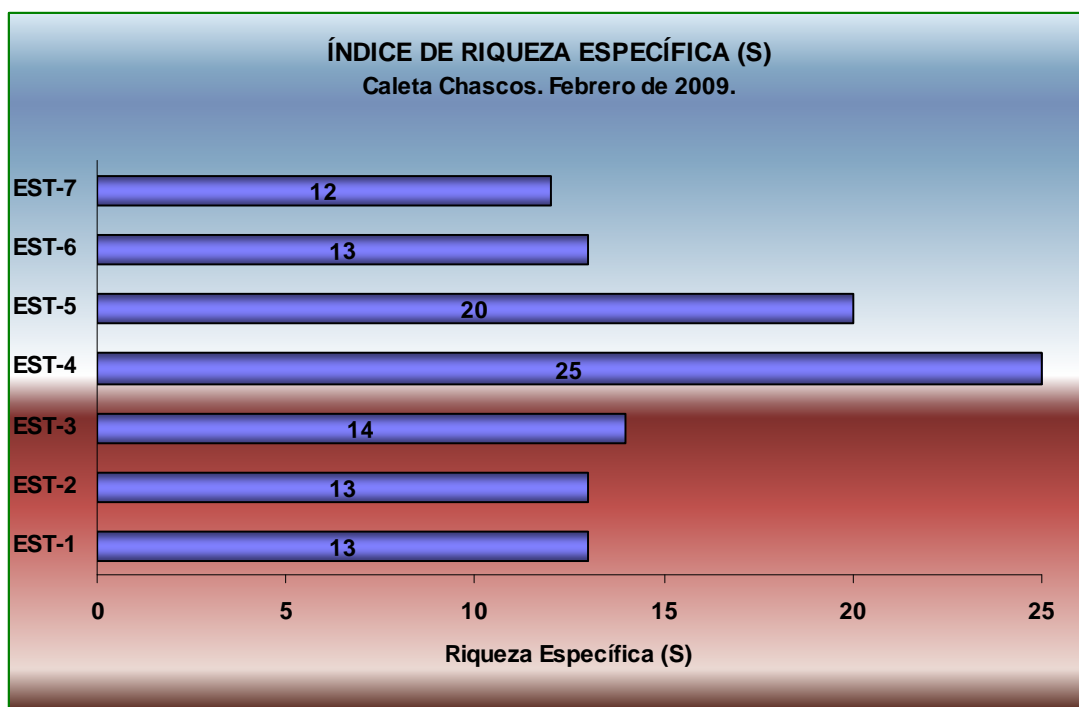
**Figura 6.1.3.2.** Variación del índice de uniformidad específica (J') por estación. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.

- **Riqueza Específica**

En cuanto a los valores de **Riqueza Específica** (número de especies encontradas en cada estación), se visualizan ciertas diferencias entre estaciones (**Figura 6.1.3.3 y Tabla 6.1.3.3**). El número promedio de especies del área de estudio fue de 16 especies para esta campaña de verano, ya sea considerando o no a la estación Control, mientras que el número total fue de 45, lo que es bajo si se compara con los estudios de Pearson & Rosenberg (1978) quienes citan un número de 150 especies para una comunidad bentónica típica. Sin embargo, en estos estudios se consideró también la meiofauna, mientras que el estudio presente sólo consideró la macrofauna (que es la que se pide evaluar en los estudios de impacto ambiental). Cabe destacar que la macrofauna considera especies mayores a 1,0 mm, en tanto la meiofauna considera los organismos con un tamaño superior a 0,062 mm,


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	163
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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



**Figura 6.1.3.3.** Variación del índice de riqueza específica (S) por estación. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	164
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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


En esta campaña de verano se volvió a aplicar a las comunidades bentónicas submareales el método de comparación de las curvas de abundancia y biomasa, conocido como el método de las curvas ABC o k-dominancia. Como ya se mencionó anteriormente, para utilizar este análisis, de acuerdo a Carrasco *et al.* (1996), sólo tiene validez estadística al ser aplicada en estaciones con un número igual o mayor a 8 especies; menor a este número de taxa se considera semidesfaunado y, por tanto, las estaciones se clasificarían como Muy Contaminadas. En este contexto, se graficaron todas las estaciones, ya que todas presentaron riquezas mayores a las antes señaladas, observándose los resultados en las **Figura 6.1.3.4 a Figura 6.1.3.7**. De esta manera, las estaciones se podrían clasificar de la siguiente manera:

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

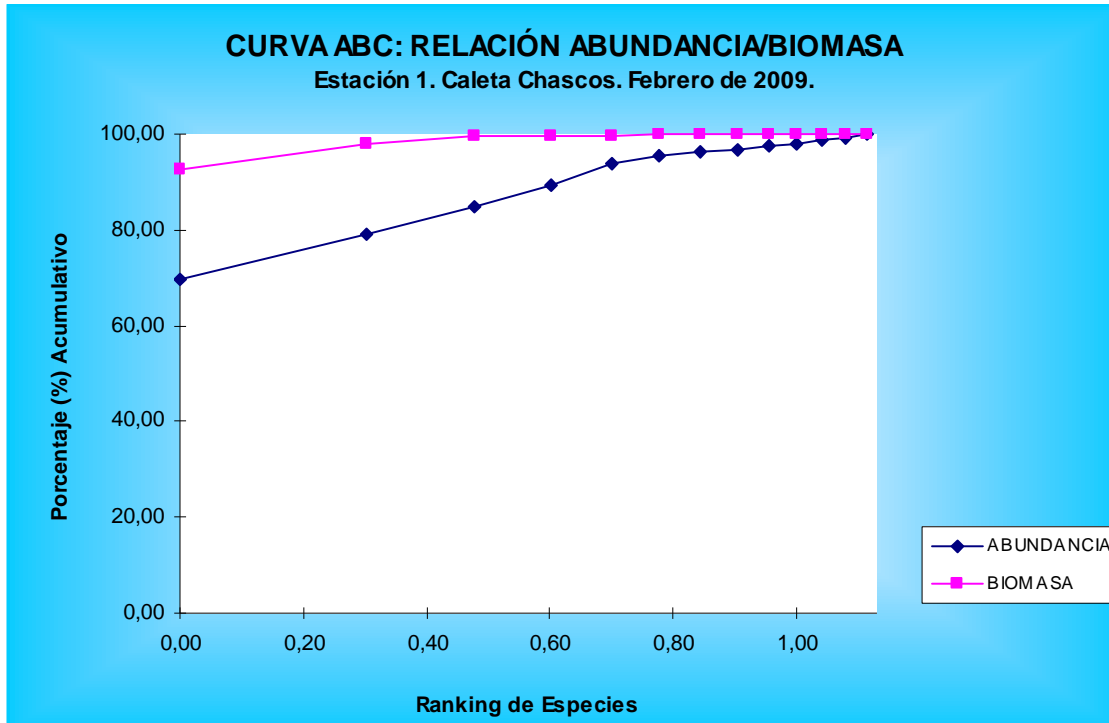
Estos resultados denotan que las comunidades estudiadas en esta campaña de verano se clasifican como No Alteradas y Moderadamente Alteradas. Estos resultados coinciden parcialmente con los resultados obtenidos de los diferentes índices ecológicos, toda vez que las estaciones 1 y 3, clasificadas como en no alteradas por las curvas ABC, son clasificadas como Polución Moderada según los índices ecológicos. Por otra parte, la estación 5, clasificada como con Polución No Detectable por los índices ecológicos, es clasificada como Moderadamente Alterada por las curvas ABC.

Asimismo, como ya se comentó anteriormente, pese a que estas curvas ABC son una herramienta bastante utilizada en la literatura muchas veces no funcionan, llegando a indicar situaciones de perturbación o buen estado en ambiente en donde ello es evidentemente lo contrario. De lo anterior se desprende que si bien los resultados de las curvas ABC denotan comunidades en que varían entre no alteradas y muy alteradas, lo cual coincide parcialmente



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	165
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

con los índices bioecológicos, estos deben ser realizados, como lo sugiere Aderlini & Wear (1992) repetidamente en el tiempo, de manera de suministrar una evaluación más exacta de la contaminación inducida y/o disturbios físicos y biológicos naturales.



**Figura 6.1.3.4.** Curva de relación abundancia/biomasa de la estación 1. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.

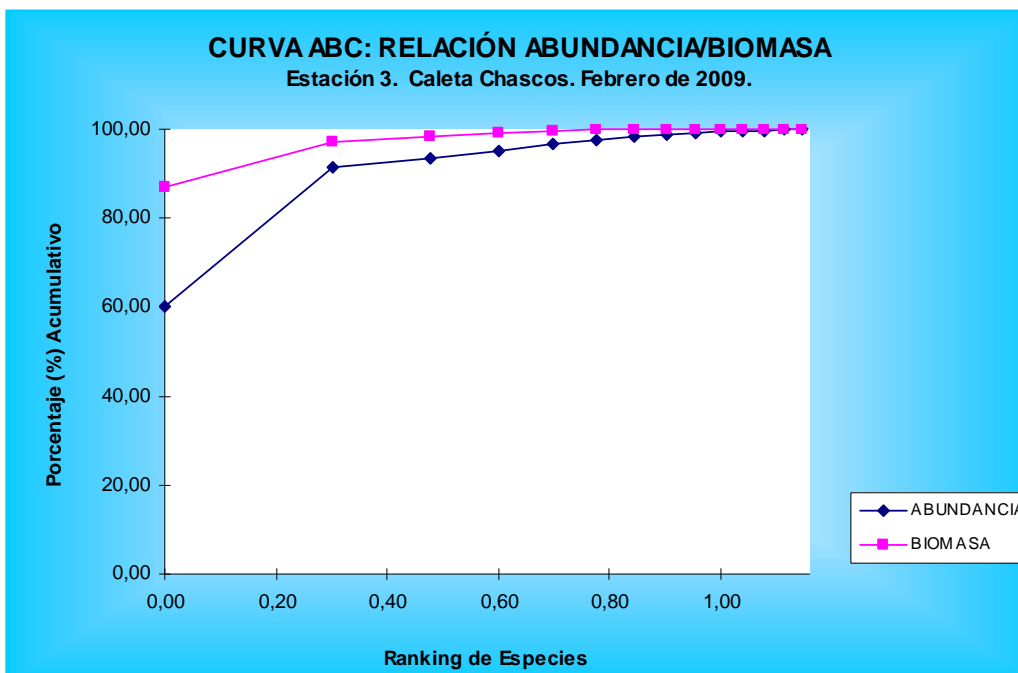
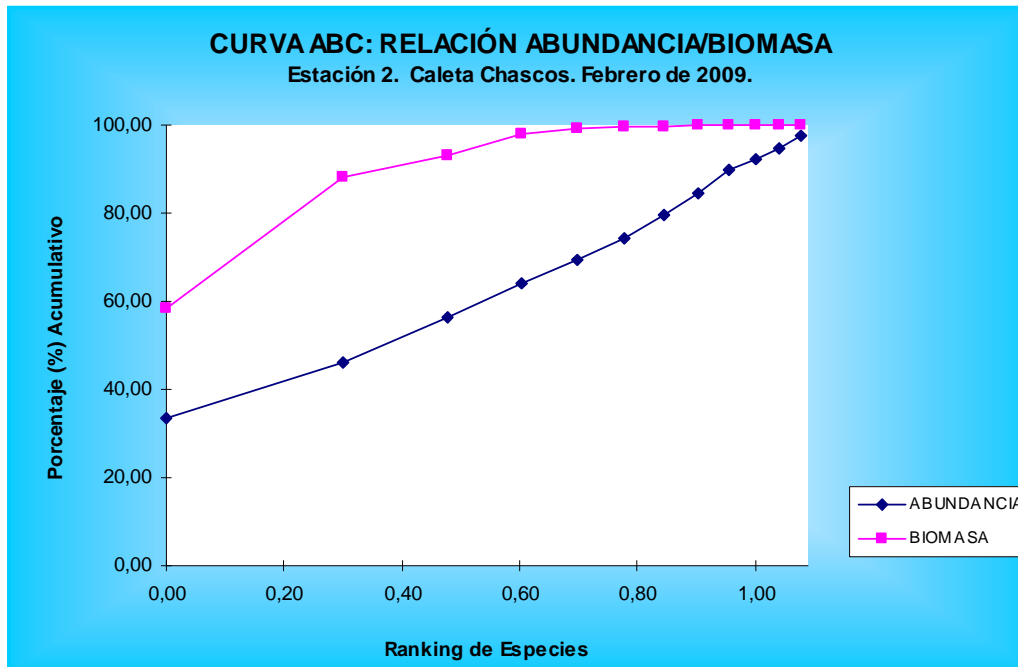


Figura 6.1.3.5. Curvas de relación abundancia/biomasa de las estaciones 2 y 3. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.

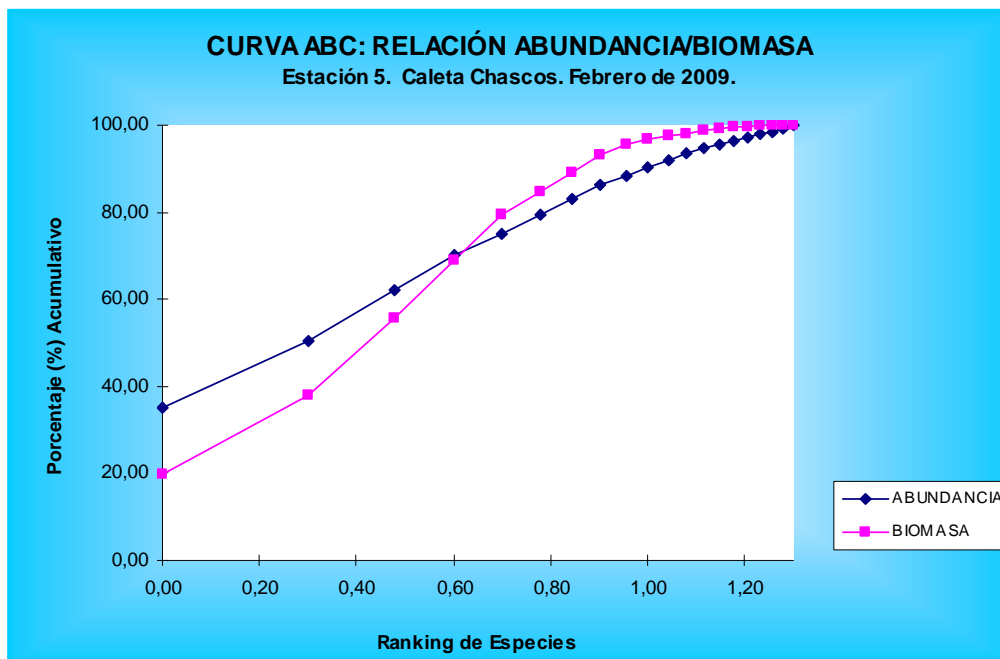
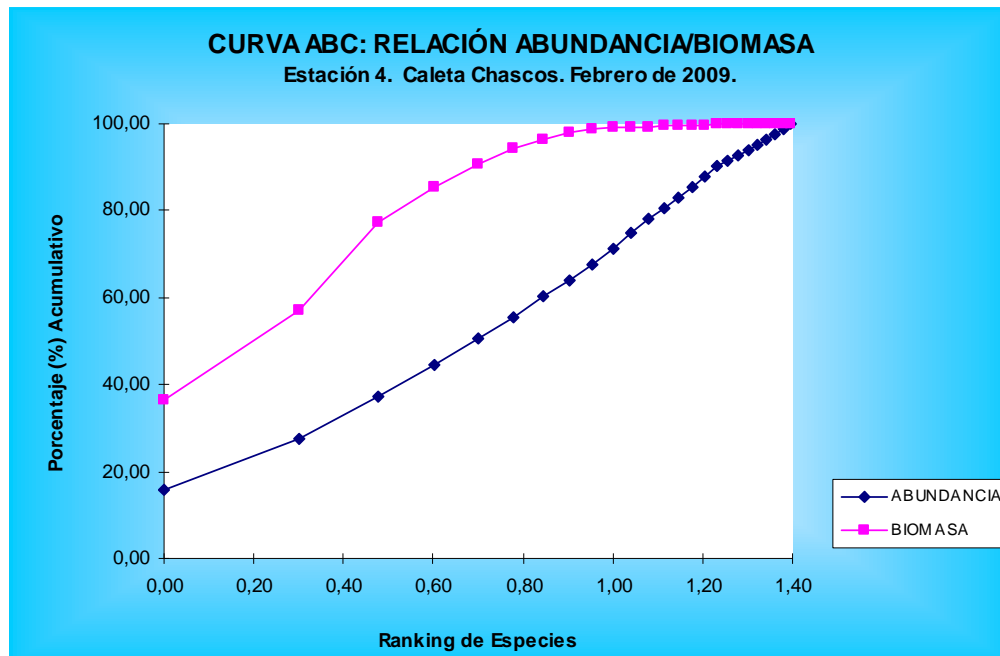
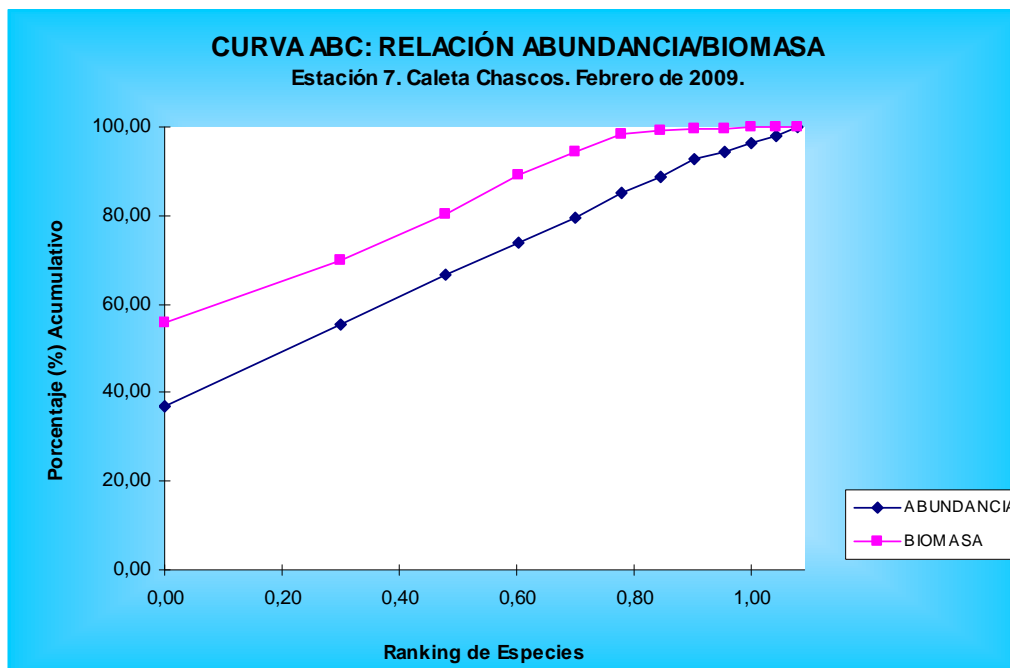
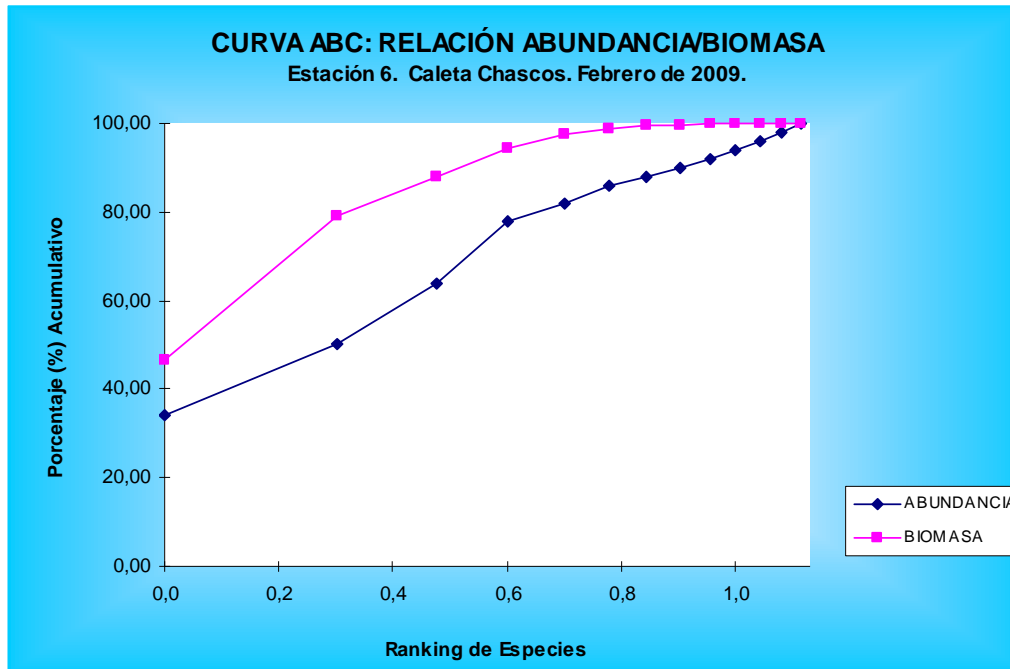



Figura 6.1.3.6. Curvas de relación abundancia/biomasa de las estaciones 4 y 5. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.



**Figura 6.1.3.7.** Curvas de relación abundancia/biomasa de las estaciones 6 y 7. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	169
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Análisis de Clasificación: Dendrogramas**

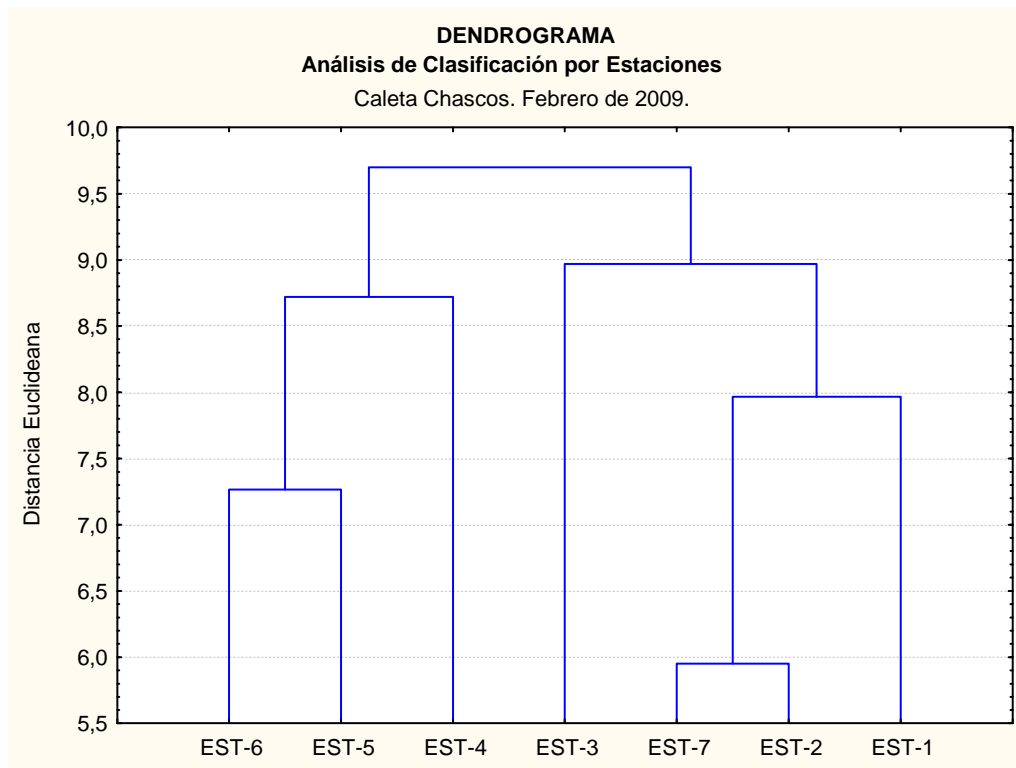
Esta técnica denominada Análisis de Clasificación Numérica o de Conglomerados permite separar los efectos de los contaminantes (“estresores”) de la variabilidad ambiental natural de las comunidades en estudio, delimitando grupos de muestras biológicamente similares. Esta metodología consiste, en primer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

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

Como se observa en la **Figura 6.1.3.8**, si se considera un nivel de decisión del 75% de disimilitud para separar grupos (Palma *et al.*, 1982), se podría determinar la presencia aparente de dos grupos: uno conformado por las estaciones 5 y 6, y las estaciones 2 y 7; y otro conformado por las restantes estaciones. Sin embargo, la formación de estos grupos es poco representativa de la composición faunística de cada estación, puesto que la similitud entre las estaciones es bastante baja, como se corroborará en el análisis ENM siguiente. Estas bajas similitudes serían un reflejo de las características físicas de los sedimentos y las condiciones químicas de cada una de las estaciones determinadas en esta campaña de verano.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	170
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


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



**Figura 6.1.3.8.** Dendrograma clasificador de las estaciones de comunidades bentónicas submareales. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.

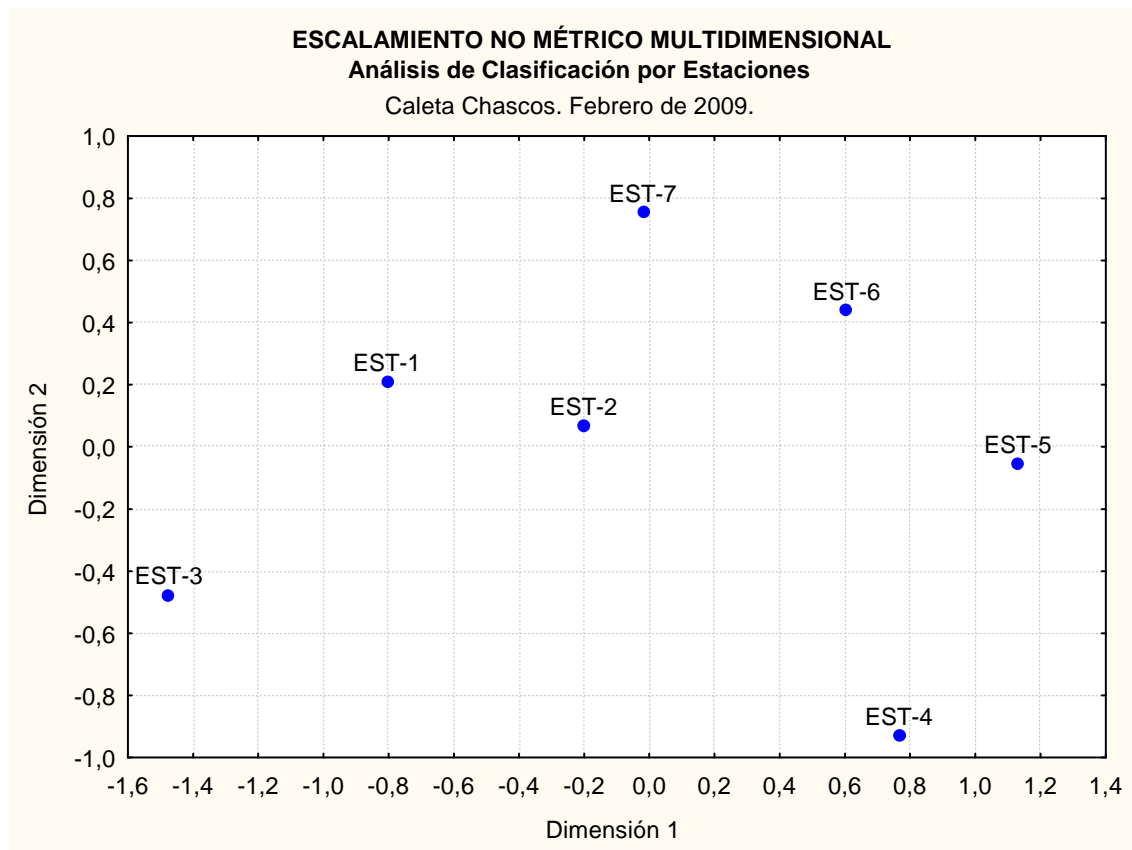
- **Escalamiento No-métrico Multidimensional**

Esta metodología de estudio de variables multivariadas pertenece al grupo de los análisis de Ordenación. Esta técnica utiliza sólo los rangos (ordenados) de la información de una matriz de disimilitud (o similitud) calculada de la matriz de datos originales. Básicamente, la ENM intenta ubicar las muestras o especies en un espacio de ordenación de baja dimensión, de modo que las distancias entre los puntos en la ordenación tengan el mismo rango de orden


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	171
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

que los puntos de disimilitud en la matriz de disimilitud (o similitud). Dado que el ENM utiliza solamente los rangos, es un método no-paramétrico (no-métrico). Este método fue diseñado para proporcionar una alternativa al, a menudo, problemático supuesto de la existencia de una respuesta lineal de las especies, utilizadas en las otras técnicas de ordenación como el Análisis de componentes Principales. El ENM supone que la curva respuesta es no lineal y monotónica. De acuerdo a Warwick & Clarke (1993), esta técnica multivariada sería la mejor para estudios de bentos, debido a su gran sensibilidad y generalidad de respuesta.

En la **Figura 6.1.3.9** se observa el resultado de este análisis.



**Figura 6.1.3.9.** Análisis de Escalamiento No-métrico Multidimensional (ENM) por de las estaciones de comunidades bentónicas submareales. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	172
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Básicamente el resultado del ENM coincide con lo obtenido con el análisis de clasificación aplicado a las estaciones. Sin embargo, este análisis deja aún más en claro las características propias de las comunidades de cada una de las estaciones, hallándose todas las estaciones “repartidas” en todo el espacio vectorial del ENM, denotando una baja similitud entre las comunidades bentónicas submareales analizadas.


- **Especies Indicadoras**

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

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

En la presente campaña **no se registraron especies** correspondientes a las clases geométricas de abundancia V y VI para ninguna de las estaciones muestreadas.



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	173
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


#### **6.1.4 Conclusiones del Estudio de Comunidades Macrobentónicas Submareales**

Los resultados antes expuestos permiten desprender que *las comunidades macrobentónicas submareales de los sedimentos de las estaciones ubicadas en forma adyacente a las futuras instalaciones del proyecto en Puerto Castilla, Bahía Chascos, presentan una condición diversa, que fluctúa entre un buen estado y moderadamente alteradas en esta campaña de verano.* El análisis de los diversos índices ecológicos junto con el análisis de las curvas ABC, permite desprender que la alta dominancia de la abundancia de algunas especies, genera diferentes efectos en la estructura comunitaria, lo que se puede observar con claridad en las estaciones 1 y 3, donde se observó una gran dominancia del gasterópodo *Turritella cingulata*, lo que disminuyó considerablemente los índices de Uniformidad J' y Diversidad H'.

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

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

Correlacionando los resultados de los análisis físicos y químicos de los sedimentos de Bahía Chascos, campaña de verano, con los resultados de los índices ecológicos de las comunidades macrobentónicas submareales, se desprende que éstas presentan una estructura comunitaria diversa, con comunidades que evidencian algunos signos de alteración y otras en buen estado.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	174
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Finalmente, la comparación entre las campañas de invierno y verano, muestra en general algunas diferencias, daas principalmente por el número de especies registradas. En la campaña de verano fue posible determinar 45 taxa (especies) diferentes, 11 taxa menos que lo registrado durante la campaña de invierno (56 especies). Asimismo, en la actual campaña el grupo de los crustáceos fue el dominante en especies (35%), seguido por los poliquetos (29%). Sin embargo, en invierno los moluscos fueron el grupo predominante (35%), seguido por los poliquetos (30%). Estos cambios porcentuales en los grupos zoológicos responderían a cambios más bien estacionales. No obstante lo anterior, tanto en invierno como en verano se hallaron comunidades macrobentónicas submareales clasificadas como No Alteradas y Moderadamente Alteradas.


#### **6.1.4 Bibliografía del Estudio de Comunidades Macrobentónicas Submareales**

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

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

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

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

 EcoTECNOS	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	175
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

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

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

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


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

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

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

**Gerlach, S.A.** 1972. Die Produktionleistung des Benthos in der Helgoländer Bucht. *Verhandlungsbericht der Deutschen Zoologischen Gesellschaft*, 65: 1 – 13.

**Gray, J.S.** 1979. The development of a monitoring programme for Norway's coastal marine fauna. *Ambio* 8: 176-179.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	176
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Gray, J.S.** 1981. The ecology of marine sediments. An introduction to the structure and function of benthic communities. Cambridge University Press. 185 p.

**Gray, J.S. & F.B. Mirza.** 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. Mar. Poll. Bull. 10: 142-146.

**Gray, J.S. & T.H. Pearson.** 1982. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. Marine Ecology Progress Series: 111-119.

**Hendey, N.I.** 1977. The species diversity index of some inshore diatom communities and its use in assessing the degree of pollution insult on parts of the North Coast of Cornwall. Nova Hedwigia Beih. 54: 355-358.


**Legendre, L. & P. Legendre.** 1979. Ecologie numérique, Volume 2: la structure des données écologiques. Masson, Paris et Press de l'Université du Québec, 254 p.

**Lie, U.** 1969. Standing crop of benthic infauna in Puget Sound and off the coast of Washington. J. Fish. Res. Board. Can., 26: 55-62.

**Lobo, E. & H. Kobayasi.** 1990. Shannon's diversity index to some freshwater diatom assemblages in the Sakawa River System (Kanagawa Pref., Japan) and its use as indicator of water quality. Jpn. J. Phycol. (Sôuri), 38: 229-243.

**Lloyd, M.; J. Zar & J. Karr.** 1968. On the calculation of information-theoretical measures of diversity. The Am. Midl. Nat., 79(2): 257-272.

**Maurer, D. & I. Haydock.** 1989. Coefficient of Pollution: Palos Verde California Shelf 1973 – 1984. Mar. Poll. Bull., 20(5): 219-222.

 EcoTecnos	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	177
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**McArthur, R.H.** 1969. Patterns of communities in the tropics. *Biol. J. Linn. Soc.*, 1: 19-30.

**Margalef, R.** 1968. *Perspective en ecological theory*. Chicago, University of Chicago Press. 111 p. (Chicago Series in Biology).

**Palma, W., F. Carrasco, O. Aracena & I. Perez.** 1982. Macroinfauna de playa arenosas de la Bahía Concepción, Chile. *Ciec. Y Tec. del Mar, CONA* 6: 101-115.

**Pearson, T. & J. Blacktock.** 1983. Selection on indicator species: a coordinated ecological and biochemical approach to the assesment of pollution. *Oceanology Acta* 6: 147-151.


**Pearson, T., Gray, J.S. & P.J. Johannsen.** 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution – induced change in benthic communities 2. Data analysis. *Marine Ecology Progress Series*: 12: 234-255.

**Pearson, T.H. & R. Rosemberg.** 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*. 16: 229-311.

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

**Reisch, D.J.** 1972. The use of marine vertebrate as indicators of varying degrees of marine pollution. *Marine pollution an sea life*. Ed. Fishing new (Book) Ltda. England, 203-207.

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	178
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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


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

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

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

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

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

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	179
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 6.2 ESTUDIO DE COMUNIDADES MACROBENTÓNICAS INTERMAREALES

### 6.2.1 Metodología de Estudio de Comunidades Macrobentónicas Intermareales

El día 07 de febrero de 2009 se efectuó el muestreo de las comunidades macrobentónicas de fondos duros intermareales del área de estudio, campaña de verano, emplazada en el sector noreste de Punta Cachos, al suroeste de Bahía Chascos, desde los 27°40'0,55" S; 71°01'19,09" W hasta los 27°39'41,47" S; 71°01'42,9 7" W (**Fotografías 6.2.1.2 a) a f)**). Las transectas se denominaron como T-1 a T-6 (Control), al igual que en la campaña de invierno.

En cada transecta se efectuó un recorrido en marea baja, identificando en detalle las especies de flora y fauna macrobentónicas visibles, haciendo uso de una grilla o cuadrante de 50x50 cm (**Fotografía 6.2.1.1**). En cada transecta se considerarán 10 puntos o estaciones de muestreo equidistantes entre sí. En cada punto donde se colocó la grilla, se contabilizaron las especies presentes en la intersección de la grilla, identificando las especies presentes. Para el registro de ellas, se utilizaron



**Fotografía 6.2.1.1** Detalle de la grilla utilizada en el estudio de comunidades intermareales rocosas.


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





**Fotografías 6.2.1.2.** Detalle de las transectas intermareales del sector de Bahía Chascos.  
a) T-1, b) T-2, c) T-3, d) T-4, e) T-5, f) T-6 (Control).



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	181
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

## 6.2.2 Resultados del Estudio de Comunidades Macrobentónicas Intermareales

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


Como se observa en la **Fotografía 6.2.2.1**, la zona del intermareal rocoso del sector de Bahía Chascos, campaña de verano, queda totalmente al descubierto sólo en fase de marea vaciante (marea baja). Ésta está constituida principalmente por una serie de promontorios rocosos. Esta zona de rocas se encuentra a lo largo de toda el área del que sería el Puerto Castilla. De acuerdo a McArdle & MaLachlan (1992), esta zona rocosa se clasificaría desde el



**Fotografía 6.2.2.1.** Vista general del intermareal rocoso de Bahía Chascos.

punto de vista morfodinámico como *intermedia*, es decir, playa de característica intermedia entre disipativa y reflectiva. Las características de cada transecta se detallan a continuación:

Transecta	Longitud (m)	Exposición al Oleaje
TI-1	20	Alta
TI-2	6	Alta
TI-3	18	Alta
TI-4	18	Alta
TI-5	5	Alta
TI-6	22	Moderada/Alta


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	182
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

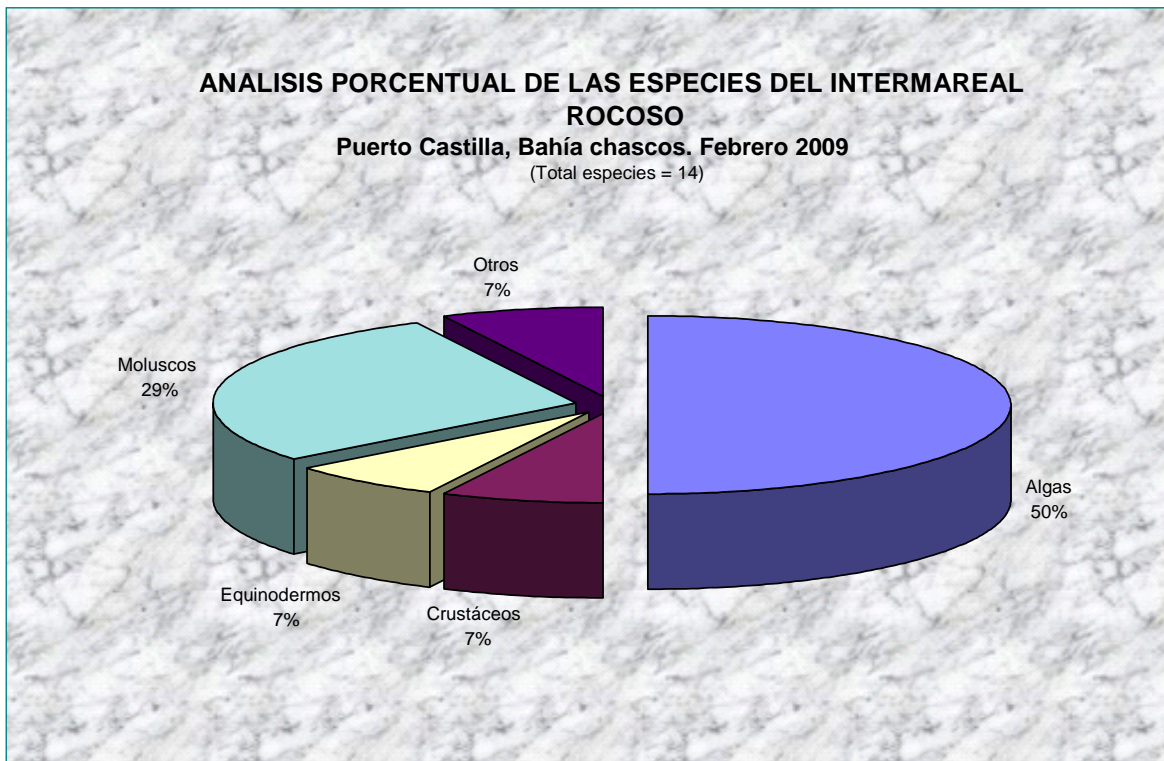
Los resultados del análisis de estas comunidades, campaña de verano, se entregan considerando el total de especies y sus coberturas halladas en cada transecta, así como su zonación clásica (zona expuesta, media y alta). Debe recordarse que esta área intermareal no está constituida por un cordón rocoso,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

En la **Tabla 6.2.2.1** se muestran los resultados obtenidos del análisis biológico de las transectas intermareales de fondo duro estudiadas en Calta Chascos, campaña de verano. En ésta se observa que se pudo identificar un total de **14 especies**, al igual que lo registrado durante el ELB de invierno en el sector. De éstas, el grupo predominante correspondió al de las algas, con un 50% del total de especies (7 taxa), seguido por los moluscos, con 4 representantes (29% del total de especies). En la **Figura 6.2.2.1** se observa la distribución porcentual de los grupos hallados en el intermareal.

En la **Tabla 6.2.2.1** se observa que en prácticamente todas las transectas estudiadas el alga Phaeophyta *Mazaella laminarioides* (“luga”), es la que presenta las mayores coberturas. En tanto, las segundas mayores coberturas variaron en las diferentes transectas, correspondiendo al molusco gasterópodo *Nodilittorina peruviana* en las transectas TI-1 y TI-4, el alga crustosas calcárea *Mesophyllum* sp. en las transectas TI-2 y TI-5 y el alga parda *Lessonia nigrescens* en TI-3. En tanto, en la estación TI-6, Control, se encontró que las mayores coberturas correspondieron a *Mesophyllum* sp. y *Gelidium* sp. observándose una composición faunística muy similar a las restantes transectas intermareales. Respecto al alga *M. laminarioides* (ex *Iridaea laminarioides*), ya ha sido mencionada que ésta tiene tanto importancia ecológica como económica, puesto que ocupa el segundo lugar entre las alga rojas de Chile productoras de carragenano y en el área de estudio es explotada por los pescadores locales. Esta especie se localizó tanto en pozas como en los roqueríos expuestos y semiexpuestos de la zona media de mareas, donde llega a cubrir extensas superficies. *Ulva lactuca* (a veces coexistiendo con *Ulva*


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	183
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

*lobata*), crece en los sectores más protegidos sobre las rocas, tanto en la franja intermareal propiamente tal, como en la submareal.



**Figura 6.2.2.1.** Porcentajes aportados por los diferentes grupos de especies hallados en el área de estudio. Bahía Chascos, febrero de 2009.

Las restantes especies que se describen en el área han sido citadas por otros autores. No obstante, dada las características físicas ya descritas del área estudiada, tanto las especies presentes como la zonación **no coinciden** en su totalidad por lo expuesto por otros autores, como Westermeier & Rivera (1978), Westermeier (1981), Guiler (1959), entre otros. Sin embargo, la totalidad de las especies aquí halladas han sido nombradas por estos autores, siendo más bien la falta de algunas especies lo que llama la atención del área analizada. Más bien, el sector, con sus roqueríos disgregados y su ciclo mareal

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	184
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


característico, forma un hábitat ideal para la proliferación en gran número de *M. laminarioides*, razón por la cual es explotada localmente.

**Tabla 6.2.2.1**

Especies del intermareal de fondo duro presentes en el área de estudio. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.

<b>TRANSECTA 1</b>		
Intermareal Superior		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Nodilittorina peruviana</i>	20,00	0,3900
<i>Ulva lactuca</i>	5,00	0,4309
<i>Mesophyllum</i> sp.	5,00	0,4309
<b>TOTAL</b>	<b>30,00</b>	
Roca desnuda	<b>70,00</b>	
	<b>H'</b>	1,252
	<b>J'</b>	0,790
	<b>S</b>	3


<b>TRANSECTA 1</b>		
Intermareal Medio		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Ulva lactuca</i>	10,00	0,5164
<i>Mazaella laminarioides</i>	10,00	0,5164
<i>Nodilittorina peruviana</i>	15,00	0,5239
<b>TOTAL</b>	<b>35,00</b>	
Roca desnuda	<b>65,00</b>	
	<b>H'</b>	1,557
	<b>J'</b>	0,982
	<b>S</b>	3

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	185
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.2.2.2 (continuación).**

<b>TRANSECTA 1</b>		
Intermareal Inferior		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Mazaella laminarioides</i>	50,00	0,2192
<i>Lessonia nigrescens</i>	10,00	0,4309
<b>TOTAL</b>	<b>60,00</b>	
Roca desnuda	<b>40,00</b>	
	<b>H'</b>	0,650
	<b>J'</b>	0,650
	<b>S</b>	2


<b>TRANSECTA 1</b>		
Promedio Intermareal		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Lessonia nigrescens</i>	3,33	0,2915
<i>Mazaella laminarioides</i>	20,00	0,5083
<i>Mesophyllum</i> sp.	1,67	0,1858
<i>Nodilittorina peruviana</i>	11,67	0,5143
<i>Ulva lactuca</i>	5,00	0,3671
<b>TOTAL</b>	<b>41,67</b>	
Roca desnuda	<b>58,33</b>	
	<b>H'</b>	1,867 (0,332)
	<b>J'</b>	0,804 (0,554)
	<b>S</b>	5

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	186
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.2.2.2** (continuación).

<b>TRANSECTA 2</b> Intermareal Superior		
	<b>COBERTURA</b> (%)	<b>H'</b>
<i>Nodilittorina peruviana</i>	<b>10,00</b>	0,000
<b>TOTAL</b>	<b>10,00</b>	
Roca desnuda	<b>90,00</b>	
	<b>H'</b>	0,000
	<b>J'</b>	0,000
	<b>S</b>	1


<b>TRANSECTA 2</b> Intermareal Medio		
	<b>COBERTURA</b> (%)	<b>H'</b>
<i>Nodilittorina peruviana</i>	5,00	0,451
<i>Porphyra columbina</i>	2,00	0,278
<i>Mazaella laminarioides</i>	10,00	0,531
<i>Ulva lactuca</i>	10,00	0,531
<b>TOTAL</b>	<b>27,00</b>	
Roca desnuda	<b>73,00</b>	
	<b>H'</b>	1,790
	<b>J'</b>	0,895
	<b>S</b>	4

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	187
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.2.2.2** (continuación).

<b>TRANSECTA 2</b>		
Intermareal Inferior		
	<b>COBERTURA</b>	<b>H'</b>
	<b>(%)</b>	
<i>Mazaella laminarioides</i>	60,00	0,362
<i>Heliaster heliantus</i>	3,00	0,169
<i>Mesophyllum</i> sp.	20,00	0,489
<i>Phymanthea pluvia</i>	3,00	0,169
<b>TOTAL</b>	<b>86,00</b>	
	<b>H'</b>	1,190
	<b>J'</b>	0,595
	<b>S</b>	4

<b>TRANSECTA 2</b>		
Promedio Intermareal		
	<b>COBERTURA</b>	<b>H'</b>
	<b>(%)</b>	
<i>Heliaster heliantus</i>	1,00	0,131
<i>Mazaella laminarioides</i>	23,33	0,463
<i>Mesophyllum</i> sp.	6,67	0,426
<i>Nodilittorina peruviana</i>	5,00	0,370
<i>Phymanthea pluvia</i>	1,00	0,131
<i>Porphyra columbina</i>	0,67	0,097
<i>Ulva lactuca</i>	3,33	0,294
<b>TOTAL</b>	<b>41,00</b>	
Roca desnuda	<b>59,00</b>	
	<b>H'</b>	1,912 (0,722)
	<b>J'</b>	0,681 (0,240)
	<b>S</b>	7


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	188
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.2.2.2** (continuación).

<b>TRANSECTA 3</b>			
Intermareal Superior			
		<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Nodilittorina peruviana</i>		2,00	0,000
	<b>TOTAL</b>	<b>2,00</b>	
Roca desnuda	<b>TOTAL</b>	<b>98,00</b>	
	<b>H'</b>		0,000
	<b>J'</b>		0,000
	<b>S</b>		1

<b>TRANSECTA 3</b>			
Intermareal Medio			
		<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Porphyra columbina</i>		3,00	0,299
<i>Nodilittorina peruviana</i>		5,00	0,396
<i>Mazaella laminarioides</i>		15,00	0,526
<i>Heliaster heliantus</i>		2,00	0,232
<i>Scurria scurra</i>		1,00	0,144
<i>Ulva lactuca</i>		10,00	0,513
	<b>TOTAL</b>	<b>36,00</b>	
Roca desnuda	<b>TOTAL</b>	<b>64,00</b>	
	<b>H'</b>		2,109
	<b>J'</b>		0,816
	<b>S</b>		6




	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	189
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.2.2.2** (continuación).

<b>TRANSECTA 3</b>		
Intermareal Inferior		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Lessonia nigrescens</i>	20,00	0,497
<i>Mazaella laminarioides</i>	40,00	0,505
<i>Phymanthea pluvia</i>	2,00	0,131
<i>Mesophyllum</i> sp.	20,00	0,497
<b>TOTAL</b>	<b>82,00</b>	
Roca desnuda	<b>18,00</b>	
	<b>H'</b>	1,629
	<b>J'</b>	0,814
	<b>S</b>	4


<b>TRANSECTA 3</b>		
Promedio Intermareal		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Heliaster heliantus</i>	0,67	0,056
<i>Lessonia nigrescens</i>	6,67	0,294
<i>Mazaella laminarioides</i>	18,33	0,483
<i>Mesophyllum</i> sp.	6,67	0,294
<i>Nodilittorina peruviana</i>	2,33	0,146
<i>Phymanthea pluvia</i>	0,67	0,056
<i>Porphyra columbina</i>	1,00	0,078
<i>Scurria scurra</i>	0,33	0,032
<i>Ulva lactuca</i>	3,33	0,188
Total	<b>40,00</b>	
Roca desnuda	<b>60,00</b>	
	<b>H'</b>	1,629 (0,985)
	<b>J'</b>	0,514 (0,399)
	<b>S</b>	9

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	190
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.2.2.2 (continuación).**

<b>TRANSECTA 4</b>		
Intermareal Superior		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Nodilittorina peruviana</i>	10,00	0,390
<i>Jehlius cirratus</i>	5,00	0,528
<b>TOTAL</b>	<b>15,00</b>	
Roca desnuda	<b>85,00</b>	
	<b>H'</b>	0,918
	<b>J'</b>	0,918
	<b>S</b>	2


<b>TRANSECTA 4</b>		
Intermareal Medio		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Nodilittorina peruviana</i>	15,00	0,531
<i>Mazaella laminarioides</i>	20,00	0,500
<i>Ulva lactuca</i>	5,00	0,375
<b>TOTAL</b>	<b>40,00</b>	
Roca desnuda	<b>60,00</b>	
	<b>H'</b>	1,406
	<b>J'</b>	0,887
	<b>S</b>	3

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	191
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.2.2.2** (continuación).

<b>TRANSECTA 4</b>		
Intermareal Inferior		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Nodilittorina peruviana</i>	5,00	0,260
<i>Ulva lactuca</i>	1,00	0,083
<i>Lessonia nigrescens</i>	10,00	0,388
<i>Mazaella laminarioides</i>	50,00	0,390
<i>Heliaster heliantus</i>	5,00	0,260
<i>Scurria scurra</i>	1,00	0,083
<i>Jehlius cirratus</i>	3,00	0,186
<b>TOTAL</b>	<b>75,00</b>	
Roca desnuda	<b>25,00</b>	
	<b>H'</b>	1,650
	<b>J'</b>	0,588
	<b>S</b>	7

<b>TRANSECTA 4</b>		
Promedio Intermareal		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Heliaster heliantus</i>	1,67	0,122
<i>Jehlius cirratus</i>	1,67	0,122
<i>Jehlius cirratus</i>	1,00	0,083
<i>Lessonia nigrescens</i>	3,33	0,200
<i>Mazaella laminarioides</i>	23,33	0,524
<i>Nodilittorina peruviana</i>	10,00	0,388
<i>Scurria scurra</i>	0,33	0,035
<i>Ulva lactuca</i>	2,00	0,139
<b>TOTAL</b>	<b>43,33</b>	
Roca desnuda	<b>56,67</b>	
	<b>H'</b>	1,613 (0,875)
	<b>J'</b>	0,538 (0,235)
	<b>S</b>	8

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	192
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.2.2.2 (continuación).**


<b>TRANSECTA 5</b>		
Intermareal Superior		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Jehlius cirratus</i>	10,00	0,000
<b>TOTAL</b>	<b>10,00</b>	
Roca desnuda	<b>90,00</b>	
	<b>H'</b>	0,000
	<b>J'</b>	0,000
	<b>S</b>	1

<b>TRANSECTA 5</b>		
Intermareal Medio		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Ulva lactuca</i>	5,00	0,486
<i>Jehlius cirratus</i>	5,00	0,486
<i>Porphyra columbina</i>	10,00	0,517
<i>Nodilittorina peruviana</i>	2,00	0,315
<b>TOTAL</b>	<b>22,00</b>	
Roca desnuda	<b>78,00</b>	
	<b>H'</b>	1,803
	<b>J'</b>	0,902
	<b>S</b>	4

**Tabla 6.2.2.2** (continuación).

<b>TRANSECTA 5</b>		
Intermareal Inferior		
	<b>COBERTURA</b> (%)	<b>H'</b>
<i>Heliaster heliantus</i>	2,00	0,141
<i>Lessonia nigrescens</i>	10,00	0,390
<i>Mesophyllum</i> sp.	30,00	0,528
<i>Mazaella laminarioides</i>	30,00	0,528
<i>Nodilittorina peruviana</i>	1,00	0,084
<i>Scurria scurra</i>	1,00	0,084
<b>TOTAL</b>	<b>74,00</b>	
Roca desnuda	<b>26,00</b>	
	<b>H'</b>	1,755
	<b>J'</b>	0,679
	<b>S</b>	6

<b>TRANSECTA 5</b>		
Promedio Intermareal		
	<b>COBERTURA</b> (%)	<b>H'</b>
<i>Heliaster heliantus</i>	0,67	0,108
<i>Jehlius cirratus</i>	5,00	0,399
<i>Lessonia nigrescens</i>	3,33	0,321
<i>Mazaella laminarioides</i>	10,00	0,515
<i>Mesophyllum</i> sp.	10,00	0,515
<i>Nodilittorina peruviana</i>	1,00	0,146
<i>Porphyra columbina</i>	3,33	0,321
<i>Scurria scurra</i>	0,33	0,063
<i>Ulva lactuca</i>	1,67	0,208
<b>TOTAL</b>	<b>35,33</b>	
Roca desnuda	<b>64,67</b>	
	<b>H'</b>	2,598 (0,827)
	<b>J'</b>	0,819 (0,322)


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	194
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

<b>S</b>	<b>9</b>
----------	----------

**Tabla 6.2.2.2** (continuación).


<b>TRANSECTA 6 (Control)</b> Intermareal Superior		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Jehlius cirratus</i>	15	0,000
<b>TOTAL</b>	<b>15,00</b>	
Roca desnuda	<b>85,00</b>	
	<b>H'</b>	0,000
	<b>J'</b>	0,000
	<b>S</b>	1

<b>TRANSECTA 6 (Control)</b> Intermareal Medio		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Mazaella laminarioides</i>	2,00	0,209
<i>Gelidium</i> sp.	30,00	0,347
<i>Nodilittorina peruviana</i>	5,00	0,366
<i>Scurra scurra</i>	2,00	0,209
<i>Fissurella</i> sp.	1,00	0,128
<i>Jehlius cirratus</i>	2,00	0,209
<b>TOTAL</b>	<b>42,00</b>	
Roca desnuda	<b>58,00</b>	
	<b>H'</b>	1,468
	<b>J'</b>	0,568
	<b>S</b>	6

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	195
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.2.2.2** (continuación).

<b>TRANSECTA 6 (Control)</b>		
Intermareal Inferior		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Mazaella laminarioides</i>	20,00	0,507
<i>Nodilittorina peruviana</i>	1,00	0,082
<i>Mesophyllum</i> sp	40,00	0,487
<i>Ulva</i> sp.	5,00	0,258
<i>Heliaster heliantus</i>	2,00	0,138
<i>Scurria scurra</i>	3,00	0,184
<i>Acanthopleura echinata</i>	3,00	0,184
<i>Jehlius cirratus</i>	2,00	0,138
<b>TOTAL</b>	<b>76,00</b>	
Roca desnuda	<b>24,00</b>	
	<b>H'</b>	1,979
	<b>J'</b>	0,660
	<b>S</b>	8

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	196
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


**Tabla 6.2.2.2** (continuación).

<b>TRANSECTA 6 (Control)</b>		
Promedio Intermareal		
	<b>COBERTURA (%)</b>	<b>H'</b>
<i>Acanthopleura echinata</i>	1,00	0,123
<i>Fissurella</i> sp.	0,33	0,053
<i>Gelidium</i> sp.	10,00	0,485
<i>Heliaster heliantus</i>	0,67	0,091
<i>Jehlius cirratus</i>	6,33	0,401
<i>Mazaella laminarioides</i>	7,33	0,429
<i>Mesophyllum</i> sp.	13,33	0,521
<i>Nodilittorina peruviana</i>	2,00	0,202
<i>Scurra scurra</i>	1,67	0,178
<i>Ulva</i> sp.	1,67	0,178
<b>TOTAL</b>	<b>44,33</b>	
Roca desnuda	<b>55,67</b>	
	<b>H'</b>	2,662 (0,630)
	<b>J'</b>	0,801 (0,214)
	<b>S</b>	10

### **6.2.3 Conclusiones del Estudio de Comunidades Macro bentónicas Intermareales**

Los resultados de las comunidades intermareales de fondo duro del sector de Bahía Chascos, campaña de verano, son similares a los encontrados en otras zonas intermareales a nivel nacional, como en la bahía de Antofagasta (Guiler 1959 y Stepherson & Syeperson 1972), así como lo descrito por Guiler (1959), donde indica que los límites superiores de los promontorios rocosos están cubiertos de *Jehlius cirratus* y (*Nodo*) *Littorina peruviana*. En el presente estudio fue posible determinar un total de **14 especies** distribuidas a lo largo de las transectas estudiadas, observándose algunas diferencias entre las distintas áreas estudiadas. De esta manera, la riqueza de especies por transecta varió entre 5 especies (Transecta 1) y 10 especies (Transecta 6, Control). Estas especies se hallaron distribuidas




	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	197
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

en el intermareal superior, medio e inferior. Claramente el sector NW estudiado presenta una mayor riqueza de especies.

En general, en aquellas estaciones en las que se hallaron especies, es posible constatar una similitud entre la zonación y el tipo de especies encontradas en este estudio en comparación de aquellos referenciados anteriormente, lo que indica que el área se encuentra libre de alteración en el sector de la costa.

Vale la pena mencionar que si bien es posible distinguir claramente una zonación de las especie presentes, esta zonación no debe considerarse como “estática”, sino que puede variar dependiendo de la época del año y tipo de marea en la cual se efectúa el estudio, entre otros factores. No obstante lo anterior, las 14 especies halladas en esta zona muestran una comunidad típica de la región biogeográfica ubicada entre Arica y el Archipiélago de Chiloé, con las respectivas diferencias, dadas principalmente por las características físicas (topográficas) del área estudiada.

Finalmente, comparativamente, tanto la campaña de verano como la de invierno mostraron el mismo número de especies (14 taxa), hallándose más bien las diferencias en las coberturas mismas de las especies. En general, an ambas campañas las comunidades bentónicas intermareales estudiadas, si bien no presentan el mismo patrón de zonación de otros estudios efectuadas en el litoral de la zona norte del país, presentarían una estructura correspondiente a comunidades no alteradas.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	198
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

#### **6.2.4 Bibliografía del Estudio de Comunidades Macrobentónicas Intermareales**

**Gray, J.S.** 1981. The ecology of marine sediments. An introduction to the structure and function of benthic communities. Cambridge University Press. 185 p.

**Guiler, E.R.** 1959. Intertidal belt-forming species on the rocky coasts of northern Chile. Paper from the Proceedings of the Royal Society of Tasmania 93: 33-58

**Lie, U.** 1969. Standing crop of benthic infauna in puget sound and off the coast of Washington. J. Fish. Res. Board. Can., 26: 55-62.

**Lloyd, M.; J. Zar & J. Karr.** 1968. On the calculation of information-theoretical measures of diversity. The Am. Midl. Nat., 79(2): 257-272.


**Margalef, R.** 1968. Perspective en ecological theory. Chicago, University of Chicago Press. 111 p. (Chicago Series in Biology).

**McArdle, S.B. & A. McLachlan.** 1992. Sand beach ecology: swash features relevant to the macrofauna. J. Coast. Res., 8: 398-407.

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

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

**Westermeier, R. & C. Ramírez.** 1978. Algas marinas de Niebla y Mehuín (Valdivia - Chile) Medio Ambiente (Chile) 3: 44 - 49.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	199
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 6.3 ESTUDIO DE AVIFAUNA

### 6.3.1 Protocolo de Estudio de Avifauna


Entre los días 07 y 09 de febrero de 2009 se efectuó la campaña de verano de las aves presentes en el área emplazada en el sector noreste de Punta Cachos, al surweste de Bahía Chascos, desde los 27°40'0,55' S; 71°01'19,09' W hasta los 27°39'41,47' S; 71°01'42,97' W, abarcando una longitud aproximada de 1.200 metros de largo y 50 metros de ancho promedio, estos últimos determinados desde el borde del comienzo de la playa (zona geolitoral, de acuerdo a Alveal & Romo, 1977) y la zona de la rompiente de las olas (intermareal inferior). En total se censó un área de 60.000 m<sup>2</sup>, correspondiente a el área donde se desarrollará el proyecto y sectores aledaños. Los recorridos se realizaron en horario AM (desde las 08:00 hrs. a las 13:30 hrs.) y PM (14:00 hrs. a las 19:30 hrs.).

La metodología de estudio, consistió en contabilizar e identificar todas las aves que se presentaron en el área de estudio (**Fotografía 6.3.1.1**). Para tal efecto se utilizaron binoculares Nikon Monarch 10 x 42 y una cámara digital Samsung S750 7,2 MP con aumento zoom 5,8-17,4mm, con la cual fueron fotografiados en terreno algunos ejemplares para posteriormente confirmar la identificación con la ayuda de la Guía de Campo de las Aves de Chile de Araya & Millie (1996) y Aves de Chile de Jaramillo *et al.* (2005). Los resultados se ordenaron en planillas de cálculo para la presentación de valores de densidad (ind/m<sup>2</sup>).



**Fotografía 6.3.1.1.** Avistamiento de aves.


Posteriormente se ordenaron los datos en planillas de cálculo para la presentación de valores de abundancia y densidad.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	200
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

El presente estudio permite observar y describir la composición y concentración de aves del sector para la época de verano.




**Figura 6.3.1.1.** Área de estudio del censo de aves proyecto Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	201
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

### 6.3.2 Resultados del Estudio de Avifauna

De acuerdo a Araya & Millie (1996), en Chile se encuentran 55 familias de aves constituidas por un total de 462 especies, las que representan un 4,76% de las 9.072 especies existentes en el mundo (Monroe & Sibley, 1993). El censo de avifauna llevado a cabo en la zona de estudio, campaña de verano, arrojó un total de **12 especies**, incluidas en 9 familias (**Tabla 6.3.2.1**). De éstas, 11 especies se reproducen en el territorio nacional y una es reproductor boreal, el zarapito *Numenius phaeopus hudsonicus*, proveniente de la costa ártica de Norteamérica, que es una de las aves migratorias más comunes que llegan a Chile. Del mismo modo, 1 de las especies encontradas está registrada como endémica, esto quiere decir que se encuentran sólo en Chile, que corresponde al churrete costero *Cinclodes nigrofumosus*, el cual es posible encontrar exclusivamente en la costa. Sin embargo, caben dudas respecto a la distribución del canastero, *Asthenes humicola*, del cual existen registros provenientes de Argentina que necesitan ser confirmados, por lo que no se descarta su condición de ave endémica (Jaramillo *et al.* 2005) En este contexto, es necesario mencionar que en Birds links of the World – Chile de Birdlife International, esta ave aparece como endémica para Chile. Por otra parte, cabe hacer notar que las 7 especies encontradas habitan en relación directa con el ambiente marino, las que corresponden al churrete costero *Cinclodes nigrofumosus*, el lile *Phalacrocorax gaimardi*, el pelícano *Pelecanus thagus*; el pingüino de Humboldt *Spheniscus humboldti*; el pilpilén negro *Haematopus ater*, el guanay, *Phalacrocorax boungainvilli*, y el piquero *Sula variegata*. A su vez, el zarapito *Numenius phaeopus*, además de habitar el medio marino costero pueden asociarse a estuarios y ríos, muy raramente en el interior. Sin embargo, prefieren las playas de roca y arena (Araya & Millie, 1996; Jaramillo *et al.* 2005). En este contexto, también se puede mencionar al yeco *Phalacrocorax brasilianus* y el huairavo *Nycticorax nycticorax*, los cuales si bien se encuentran frecuentemente en la costa, también habitan los cuerpos de agua dulce y salobre. Así también es el caso de la gaviota dominicana *L. dominicanus*, cuya distribución puede abarcar también zonas urbanas, al ir en busca de alimento, como son los basurales, desagües, etc.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	202
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Cabe destacar que durante la campaña de invierno se registraron 6 especies de aves, es decir, 6 taxa menos que en la actual campaña de verano. Esto se debe principalmente a dos factores: la llegada de las aves migratorias durante el período estival al territorio nacional, como es el caso de *N. phaeopus hudsonicus*, y a la conducta de algunas aves marinas, las cuales durante el verano se encuentran anidando en peñones cercanos a la costa, desde donde es posible visualizarlos, así como buscando alimento cerca de sus nidos en el mar, como es el caso de muchas de las aves encontradas en este actual censo.


**Tabla 6.3.2.1**

Listado de las especies y densidad de aves identificadas en el área de estudio. Puerto Castilla, Bahía Chascos. Febrero de 2009.

<b>Familia</b>	<b>Especie (nombre común)</b>	<b>Ejemplares Avistados</b>	<b>Densidad (ind/m<sup>2</sup>)</b>
<u>Pelecanidae</u>	<i>Pelecanus thagus</i> (Pelícano)	59	0,00098
<u>Phalacrocoracidae</u>	<i>Phalacrocorax brasilianus brasilianus</i> (Yeco)	18	0,00030
<u>Sulidae</u>	<i>Sula variegata</i> (Piquero)	11	0,00018
<u>Larinae</u>	<i>Larus dominicanus</i> (Gaviota dominicana)	11	0,00018
<u>Phalacrocoracidae</u>	<i>Phalacrocorax gaimardi</i> (Lile)	6	0,00010
<u>Spheniscidae</u>	<i>Spheniscus humboldti</i> (Pingüino de humboldt)	5	0,00008
<u>Haematopodidae</u>	<i>Haematopus ater</i> (Pilpilén negro)	4	0,00007
<u>Furnariidae</u>	<i>Cinclodes nigrofumusus</i> (Churrete costero)	3	0,00005
<u>Scolopacidae</u>	<i>Numenius plaeopus hudsonicus</i> (Zarapito)	2	0,00003
<u>Phalacrocoracidae</u>	<i>Phalacrocorax bougainvilli</i> (Guanay)	2	0,00003
<u>Furnariidae</u>	<i>Asthenes humicola humicola</i> (Canastero)	1	0,00002
<u>Ardeidae</u>	<i>Nycticorax nycticorax obscurus</i> (Huairavo)	1	0,00002
Densidad Promedio			<b>0,00017</b>

En tanto, en el área de estudio se pudo observar que gran parte de las especies se encontraron alimentándose tanto en las rocas, como es el caso del zarapito, *N. phaeopus hudsonicus*; huairavo, *N. nycticorax obscurus*; y el pilpilén negro, *H. ater*, como en el mar, como en el caso de grupos de pingüino de Humboldt, *S. humboldti*, y algunos yecos, *P.*




	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	203
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

*brasilianus*. Así también, se observaron ejemplares descansando sobre rocas y peñones, como por ejemplo ejemplares de piquero, *S. variegata*; pelícanos, *P. thagus*; guanay, *P. bougainvilli*; y lile, *P. gaimardi*

Desde el punto de vista de la abundancia de especies, la densidad promedio de aves en la zona de estudio, considerando un área de 60.000 m<sup>2</sup>, fue de 0,00017 ind/m<sup>2</sup>. En la **Tabla 6.3.2.1** se observa que la mayor abundancia la presenta el pelícano (*Pelecanus thagus*), omnipresente en las costas del norte y centro del país, asociada a la corriente de Humboldt y a la producción de guano. Esta ave marina puede encontrarse tanto en la costa como en alta mar (ave pelágica) a muchos kilómetros de la costa. Anida en grandes colonias en Chile y Perú La segunda mayor abundancia la muestran las especies de yeco (*P. brasilianus*), que tiene un amplio rango de distribución, desde Nicaragua al sur, y también asociada a las aguas frías de la corriente de Humboldt. Es una especie acuática pero no estrictamente marina, pudiendo encontrarse en lagos, ríos y mares. Es la especie de cormorán más común de Chile.

Dentro de las especies que presentan las menores densidades se encuentra el canastero, *A. humicola humicola*, y el huairavo, *N. nycticorax obscurus*. En el caso del canastero, pese a estar descrita con distribución precordillerana, puede observarse en las zonas desérticas, campos y laderas semi-áridas, poblados de espinos y cactus, desierto con matorral y bordes de bosques xéricos densos, colonizando hasta los 2.200 metros de altura (Jaramillo *et al.*, 2005). En tanto, el huairavo presenta una amplia distribución en áreas bajas desde el extremo norte hasta Tierra del Fuego (Jaramillo *et al.*, 2005).

Desde el punto de vista del estado de conservación de las aves en Chile, de acuerdo con Birdlife 2003, a nivel nacional 3 especies se encuentran dentro de la categoría de En Peligro, 2 en la categoría Peligro Crítico, 17 son Vulnerables, 28 se consideran como Amenaza Cercana y 3 se consideran como con Datos Deficientes. En este caso, 2 de las especies identificadas en el área de estudio se encuentra en alguna de las categorías antes señaladas, la cual corresponde a *Phalacrocorax gaimardi*, en la categoría de

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	204
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Amenaza Cercana, que se refiere a especies que actualmente no cumplen los criterios para ser catalogadas como en Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable, pero que están próximas a cumplirlos o posiblemente los cumplan en un futuro cercano; y *Spheniscus humboldti*, clasificado como Vulnerable, es decir, que se está enfrentando a un riesgo alto de extinción en estado silvestre. Las categorías y sus definiciones corresponden a la traducción literal de las aparecidas en el libro "The IUCN Mammal Red Data Book, part 1", de Thornback y Jenkins, publicado en 1982 por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (IUCN), en Gland, Suiza.

Cabe mencionar que Estades, en el 2004, realiza una síntesis de las especies que habitan el territorio nacional con algún problema de conservación. En este trabajo, reúne los distintos sistemas de clasificación realizado por diversos autores a través de los años, incluyendo así a CONAF 1988, Rottmann & López-Calleja 1992, Estades 2001 y BirdLife 1992 y 2003. Al respecto se puede decir que en Conaf 1988 y Rottmann & Lopez-Calleja (1992) categorizan al lile como Insuficientemente Conocido y al guanay como Vulnerable. En tanto, Estades (2001) considera al guanay, lile y pingüino de Humboldt como especies Raras. Finalmente Conaf (1988) categoriza al piquero como Insuficientemente Conocida.

Asimismo, de acuerdo al DS. 05/98 Reglamento de la Ley de Caza, el canastero, guanay zarapito y churrete costero, son considerados como especies **B**, es decir, como especies beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria. A su vez, huairavo y la gaviota dominicana se clasifican como especies **E**, es decir, benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales. En tanto, el pelícano y piquero son catalogados como especies **B** y **E**; mientras que el lile es catalogado como **B** y **S**, esto es, como especies con densidades poblacionales reducidas. Finalmente, el pilpilén negro es considerada especies **E** y **S**. Es importante destacar que el piquero y el lile son catalogados como **I**, esto es, como escasamente o **Inadecuadamente Conocida**, mientras que el guanay es considerado como **V**: especie catalogada en estado de conservación **Vulnerable**. Cabe mencionar que según lo publicado en el Diario Oficial del 30 de junio de 2008, de acuerdo a la Nómina para el Segundo Proceso de Clasificación



de Especies según su Estado de Conservación, el pingüino de Humboldt es considerado como una especie **Vulnerable**.

Algunos representantes de la avifauna identificada se observan en las **Fotografías 6.3.2.1 a 6.3.2.4**.



**Fotografía 6.3.2.1.** Detalle del pelicano *Pelecanus thagus*.




**Fotografía 6.3.2.2.** Detalle del piquero *Sula variegata*.



**Fotografía 6.3.2.3.** Detalle de guanay, *Phalacrocorax bougainvilli*.



**Fotografía 6.3.2.4.** Detalle de huairavo *Nycticorax nycticorax obscurus*.


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	206
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

### 6.3.3 Conclusiones del Estudio de Avifauna

Los resultados antes expuestos indican que el área de estudio, comprendida por aproximadamente 60.000 m<sup>2</sup> en el sector de Bahía Chascos, colindantes a las instalaciones del proyecto, es frecuentada por al menos **12 especies de aves** para el período de verano, de las cuales una de ellas, *Phalacrocorax gaimardi* (Lile), es clasificada como con Amenaza Cercana y otra, *Spheniscus humboldti* (pingüino de humboldt), es clasificado como Vulnerable por Birdlife International (2003). A su vez, la primera es considerada como Inadecuadamente Conocida por el D.S. 05/98 Reglamento de la Ley de Caza. En tanto el pingüino de Humboldt es clasificado como Vulnerable, según lo publicado en el Diario Oficial del 30 de junio de 2008, de acuerdo a la Nómina para el Segundo Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación. Esto ya había sido confirmado por Araya (1983). Cabe destacar que la presencia de todas las especies halladas en el área censada ya ha sido enunciada como área de distribución por otros autores (Araya & Millie, 1996; Jaramillo *et al.*, 2005).

Desde el punto de vista de la densidad de las especies registradas para el período de estudio, el área es dominada por pelícanos, yecos y piqueros. Así bien, siendo que no se encontraron grandes densidades de aves en esta campaña, si existe una relativamente alta riqueza en la zona de estudio, debido a la gran disponibilidad de alimento presente en el sector, puest que ésta es un área de surgencia, con zonas de desove de peces, especialmente de anchoveta.

Por último, es necesario recalcar la presencia de ejemplares de pingüino de humboldt (*S. humboldti*) alimentándose en el área de estudio, así como también la presencia de ejemplares de guanay (*P. bounganvilli*) descansando en los peñones e islotes cercanos a la costa, quienes se encuentran en la categoría de vulnerables según la lista roja de la IUCN y Reglamento de la Ley de Caza, por lo que deberá tenerse especial cuidado en no alterar significativamente su hábitat. No obstante, la presencia del pingüino de humboldt

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	207
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

se debería más bien al “paso” de estos ejemplares por el área, pues éstos se concentran en el sector SW de Punta Cachos, en la denominada Isla Cima Cuadrada.

Finalmente cabe mencionar que comparativamente, en esta campaña de verano se hallaron más especies (12), que en invierno (6 especies de aves) lo que se debería principalmente a dos factores: la llegada de las aves migratorias durante el período estival al territorio nacional, como es el caso de *N. phaeopus hudsonicus*, y a la conducta de algunas aves marinas, las cuales durante el verano se encuentran anidando en peñones cercanos a la costa, desde donde es posible visualizarlos, así como buscando alimento cerca de sus nidos en el mar, como es el caso de muchas de las aves encontradas en este actual censo.

#### **6.3.4 Bibliografía del Estudio de Avifauna**


**Alveal K & H Romo.** 1977. Consideraciones sobre la distribución vertical de la biota costera. Fundamentos para un nuevo esquema de zonación. Bol. Soc. Biol. de Concepción. 49(1): 25-39.

**Araya B.** 1983. A preliminary report on the status and distribution of the humboldt penguin in Chile. Symposium on Breeding in Captivity. Los Angeles. 125-135.

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

**BirdLife International.** 1992. Aves Amenazadas de las Américas (Libro Rojo de BirdLife Internacional - UICN). Cambridge, UK.

**BirdLife International.** 2003 BirdLife's online World Bird Database: the site for bird conservation. Version 2.0. Cambridge, UK: BirdLife International. Disponible en internet: <http://www.birdlife.org> (visitado el 03/04/2009).

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	208
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

**Diario Oficial.** 2008. Aprueba y Oficializa Nómina para el Segundo Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación. 30 de junio de 2008.

**Estades, C.F.** 2001. Informe sobre Validación Técnica del Proyecto “Validación de Procedimientos Técnico-Administrativos para Listar Especies en Categorías de Conservación”. CONAMA, Santiago, Chile.

**Estades, C.F.** 2004. Estrategia Nacional para la Conservación de Aves 2004. Unión de Ornitólogos de Chile y Universidad de Chile, 22 p.


**Glade, A. (ed).** 1988. Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile, Corporación Nacional Forestal (CONAF), Primera Edición. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. 65 p.

**Jaramillo A, P Burke & D Beadle.** 2003. Birds of Chile. Editorial Christopher Helm. London.

**Monroe, BL & C.G. Sibley.** 1997. A World Checklist of Birds. Yale University Press, New Haven.

**Rottmann, J. y M.V. López-Calleja.** 1992. Estrategia Nacional de Conservación de Aves. Serie Técnica 1. Servicio Agrícola y Ganadero, División de Protección de los Recursos Naturales Renovables.

**Thornback J & M Jenkins.** 1982. The IUCN Mammal Red Data Book Part 1. IUCN. Gland. pp 225-227.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	209
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 6.4 ESTUDIO DE MAMÍFEROS Y REPTILES MARINOS


### 6.4.1 Protocolo de Estudio de Mamíferos y Reptiles Marinos

Entre los días 07 y 09 de febrero de 2009 se efectuó el levantamiento de los mamíferos y reptiles marinos presentes en el área de estudio, campaña de verano, comprendida entre los 27°40'0,55" S; 71°01'19,09" W hasta los 27°39'4 1,47" S; 71°01'42,97" W, abarcando una longitud aproximada a los 1.200 metros de largo y 50 metros de ancho promedio estos últimos determinados desde el borde del comienzo de la playa (zona geolitoral, de acuerdo a Alveal & Romo, 1977) y la zona de la rompiente de las olas (intermareal inferior). En total se censó un área de 60.000 m<sup>2</sup>, correspondiente a el área donde se desarrollará el proyecto y sectores aledaños. Los recorridos se realizaron en horario AM (desde las 08:00 hrs. a las 13:30 hrs.) y PM (14:00 hrs. a las 19:30 hrs.).

Se contaron e identificaron todos los mamíferos marinos y reptiles que se presentaron. Para este efecto se utilizaron binoculares Nikon Monarch 10 x 42 y una cámara digital Samsung S750 7,2 MP con aumento zoom 5,8-17,4mm, con la cual se intentó fotografiar en terreno algunos ejemplares, en el caso que fuera necesario confirmar su identificación posterior con la ayuda de guías especializadas, tales como la de Sielfeld (1983) y Mella (2005).

### 6.4.2 Resultados del Estudio de Mamíferos y Reptiles Marinos

De acuerdo a Sielfeld (1983) y Aguayo *et al.* (1998), considerando las costas y mares del dominio territorial chileno, en conjunto ambos sectores estarían habitados por 46 especies de mamíferos marinos, los que representan cerca del 82% de las especies conocidas para el hemisferio sur. De este total, fue posible visualizar **3 especies de mamíferos marinos** en el área de estudio. Estos corresponden a delfín oscuro *Lagenorhynchus obscurus*; el chungungo *Lontra felina* y el lobo marino común *Otaria flavescens*. Respecto a las abundancias, se observó que la mayor abundancia la registró *Lagenorhynchus obscurus*, el cual se observó en un grupo de 120 ejemplares, con rumbo hacia el sur. En

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	210
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

tanto, para el caso de *O. flavescens* y *L. felina* sólo se observó un ejemplar. Ambas especies fueron registradas alimentándose en el área de estudio. Cabe recordar que para el ELB de invierno, se registró sólo una especie en el área de estudio, correspondiente a *O. flavescens*.

Respecto a *L. obscurus*, su presencia no es de extrañar, dado que presenta una amplia distribución en el hemisferio sur. Según señala la IUCN, su distribución abarca las aguas de Tasmania, sur de Australia, Nueva Zelanda, América Central y América del Sur, Sur Oeste de África y algunas Islas oceánicas. En Chile, existen registros de su presencia en la Isla de Chañaral (21°01' S; 71°34' W), 160 kilómetros al sur de la zona de estudio (Capella *et al.* 1999), donde se señala como una de las especies de avistamientos más frecuentes, sobre todo durante el período de verano-otoño, y de mayor número de individuos (hasta 450 individuos). Ésta es una especie frecuente en la zona sur del Perú y ha sido descrita por Guerra *et al.* (1987) en los alrededores de la costa de Antofagasta y Mejillones. En tanto, Vidal (1992) indica que *L. obscurus* se distribuye, para el Océano Pacífico Sudeste, entre Huacho y Matarani (Perú) y desde Iquique hasta el estrecho Collinwood, en Chile. Esta es una especie descrita como predominantemente costera, cuya alimentación es casi exclusivamente en base a anchovetas. Los registros para Chile son grupos de más de 200 individuos. Esta especie está incluida en el **Apéndice II de CITES** y es clasificada como **Insuficientemente Conocida** por la UICN.

Asimismo, *O. flavescens* tiene una amplia distribución en Sudamérica, abarcando desde el norte de Perú por el Pacífico, hasta el extremo sur del continente. Por el Atlántico en tanto, su distribución alcanza hasta las costas de Río de Janeiro en Brasil. En Chile, su distribución es continua desde Arica hasta Cabo de Hornos, incluyendo islas costeras. Esta especie está incluida en el **Apéndice II de CITES** y es clasificada como **Insuficientemente Conocida** por la UICN.

Finalmente, en el caso de *L. felina* se distribuye desde la costa peruana hasta Cabo de Hornos. Esta especie ha sido muy explotada debido a su piel, así como también víctima





de pesca incidental. Según datos entregados por la IUCN su población está decreciendo. Esta especie está incluida en el **Apéndice I de CITES** y es clasificada como **En Peligro de Extinción** por la UICN.

En las **Fotografías 6.4.2.1 a 6.4.2.3** se encuentran detalles de las especies de mamíferos marinos halladas en la presente campaña.




**Fotografía 6.4.2.1.** Detalle de delfín oscuro, *Lagenorhynchus obscurus*.



**Fotografía 6.4.2.2.** Detalle de chungungo, *Lontra felina*.



**Fotografía 6.4.2.3.** Detalle de Lobo marino común, *Otaria flavescens*.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	212
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Respecto a los reptiles marinos, no se registraron especies en el área de estudio. Sin embargo, se observó la presencia de ejemplares de reptiles de las Familias Iguanidae y Liolaemidae en la zona del intermareal, que si bien no corresponden a especies de reptiles marinos propiamente tal, se asocian con la zona del intermareal, al alimentarse de algas, crustáceos, moluscos e insectos presentes en él (Vidal, 2004). A su vez, cabe señalar que Brito *et al.* (2007) y Marambio *et al.* (2007) señalan la presencia de tortuga verde *Chelonia mydas*, en el sector de Bahía Chascos, a 5 kilómetros al sureste de Punta Cachos, describiéndola como una pradera de alimentación para esta especie.


#### **6.4.3. Conclusiones del Estudio de Mamíferos y Reptiles Marinos**

Los resultados antes expuestos indican que en el área de estudio fue posible visualizar 3 especies de mamíferos marinos, correspondientes a delfín oscuro (*Lagenorhynchus obscurus*), el chungungo (*Lontra felina*) y el lobo marino común (*Otaria flavescens*). De ellos, *L. obscurus* y *O. flavescens* se encuentran dentro del Apéndice II de CITES y son clasificados como **Insuficientemente Conocidos** por la IUCN. En tanto, *L. felina* se encuentra dentro del Apéndice I de CITES y es clasificado como **En Peligro de Extinción** por la IUCN.

Asimismo, no se apreciaron ejemplares de reptiles marinos en la zona de estudio. Es importante recalcar que existen antecedentes de presencia de tortuga verde *Chelonia mydas* en las proximidades, donde el sector de Bahía Chascos, a 5 kilómetros al sureste de Punta Cachos, ha sido descrita como área de alimentación para esta especie, por lo que debe tenerse especial cuidado de no alterar significativamente su hábitat.

Los resultados expuestos para la campaña de verano muestran diferencias respecto a lo registrado en invierno, en donde sólo se avistó una especie de mamífero marino. Por tanto, resulta importante considerar la estacionalidad de los levantamiento ambientales de estas especies para corroborar la presencia de ellos en el área de estudio.



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	213
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

#### 6.4.4 Bibliografía del Estudio de Mamíferos y Reptiles Marinos

**Aguayo-Lobo A, D Torres & J Acevedo.** 1998. Los mamíferos marinos de Chile: I. Cetacea. Serie Científica INACH (Chile) 48: 19-159.

**Brito J, G Domínguez, M Marambio y P Gysel.** 2007 La necesidad de proteger a las tortugas marinas de Chascos, Bahía Salado, Región de Atacama, Chile. VII Simposio sobre Medio Ambiente: Estado Actual y Perspectivas de la Investigación y Conservación de las Tortugas Marinas en las Costas del Pacífico Sur Oriental. Antofagasta. 27 – 29 de septiembre.


**Capella J, Y Vilina & J Gibbons.** 1999. Observación de cetáceos en Isla Chañaral y nuevos registros para el área de la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, norte de Chile. Estudios Oceanológicos 18: 57-64

**Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES).** 2009. <http://www.cites.org/esp/index.shtml>

**Guerra C, K Van Waerebeek, G Portflitt & G Luna.** 1987. Presencia de cetáceos frente a la II Región de Chile. Estudios Oceanológicos 6: 87-97.

**International Union for Conservation of Nature (IUCN).** 2009. [www.iucn.org](http://www.iucn.org)

**Marambio M, C López y J Brito.** 2007. Nuevo registro de una población de *Chelonia mydas* residente en un área de alimentación en la costa de la región de Atacama, norte de Chile. VII Simposio sobre Medio Ambiente: Estado Actual y Perspectivas de la Investigación y Conservación de las Tortugas Marinas en las Costas del Pacífico Sur Oriental. Antofagasta. 27 – 29 de septiembre.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	214
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


**Mella J.** 2005. Guía de Campo de Reptiles de Chile: Zona Central. Peñaloza APG, F Novoa & M Contretas (Eds.). Ediciones del centro de Ecología Aplicada Ltda. 147 pp.

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

**Thornback, J & Jenkins, M.** 1982. The IUCN Mammal Red Data Book Part 1. IUCN. Gland. pp 225-227.

**Vidal O.** 1992. Los mamíferos marinos del Océano Pacífico Sudeste (Panamá, Colombia, Ecuador, Perú y Chile): diagnóstico regional. PNUMA N° 42.

**Vidal, M.** 2004. Reptiles Terrestres de Chile. Programa de Biodiversidad de la Universidad Arturo Prat, Iquique. 15 p.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	215
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 6.5 ANÁLISIS DE COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS

### 6.5.1 *Protocolo del Análisis de Comunidades Fitoplanctónicas*

- **Estudio Semicuantitativo**


Para el análisis cuantitativo (semi-cuantitativo) de las comunidades fitoplanctónicas, se colectaron las muestras respectivas en la capa subsuperficial (~5 metros de profundidad) el día 06 de febrero de 2009. Las muestras fueron extraídas utilizando una botella Niskin de 10 litros. Las muestras se almacenaron en botellas de plástico, evitando las de vidrio que pueden interactuar con el silicio de las diatomeas (fitoplancton). Los frascos se identificaron con etiquetas colocadas en su interior, indicando fecha de muestreo, lugar, profundidad y hora de la colecta. Las muestras de fitoplancton se fijaron con lugol (7-10 gotas por cada 200 ml de muestra), hasta lograr un color amarillo intenso.

- **Estudio Cualitativo**

Las muestras para análisis cualitativo se colectaron con una red de plancton de abertura de boca de 30 cm y abertura de malla de 62 $\mu$  el día 06 de febrero de 2009 (**Fotografía 6.5.1**). Se efectuaron arrastres verticales, considerando toda la columna de agua, es decir, desde el fondo hasta superficie; y arrastres horizontales, donde la malla fue arrastrada en subsuperficie alrededor de la estación por aproximadamente 10 minutos. Las muestras fueron almacenadas en frascos de plástico, identificadas con sus etiquetas respectivas, fijando el contenido con formalina al 5% neutralizada con tetraborato de sodio.



**Fotografía 6.5.1.** Red para toma de muestras de comunidades fitoplanctónicas.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	216
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Las muestras colectadas fueron analizadas en el Laboratorio de Fitoplancton de la Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales de la Universidad de Valparaíso. El análisis cualitativo del fitoplancton se efectuó mediante la observación directa del material fijado en un microscopio estándar Nikon Eclipse E800.

En la identificación de las especies se utilizaron numerosas publicaciones especializadas y en las reubicaciones taxonómicas recientes del fitoplancton se siguió a Tomas (1996).

### **6.5.2 Resultados del Análisis de Comunidades Fitoplanctónicas**

La **Tabla 6.5.2.1** contiene las especies identificadas en el análisis cualitativo y de abundancia relativa (semi-cuantitativo) del sector de Bahía Chascos (E. San Pedro), campaña de verano, tanto en los arrastres verticales como horizontales. En los resultados de este análisis las abundancias de las especies de fitoplancton halladas se han expresado en índices de *abundancia relativa*, de acuerdo a la siguiente escala:

- **R: Raro**
- **E: Escaso**
- **A: Abundante**
- **M: Muy abundante**

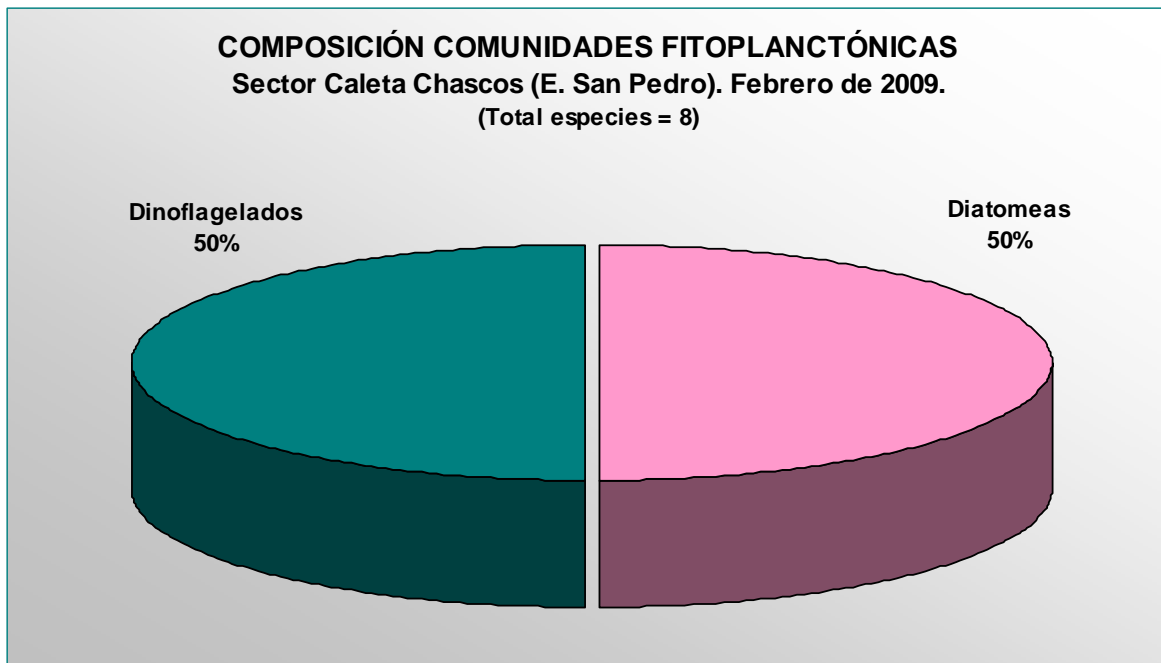
Los resultados expuestos muestran que fue posible registrar un total de **8 especies de fitoplancteres** en Bahía Chascos, de las cuales 4 forman parte del grupo de las diatomeas, representando el 50% del total de especies halladas y 4 al grupo de los dinoflagelados (50% restante). No se hallaron especies de silicoflagelados (Clase Dictyochophyceae). En la **Figura 6.5.2.1** se muestra el detalle gráfico de la composición porcentual del fitoplancton analizado.

**Tabla 6.5.2.1**


Especies y abundancia relativa determinada para las muestras de fitoplancton de las estaciones analizadas en el sector de Bahía Chascos (Ensenada San Pedro). Febrero de 2009. (H: Arrastre Horizontal; V: Arrastre Vertical).

	Est. 1		Est. 2		Est. 3		Est. 4		Est. 5		Est. 6	
	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V
<b>Diatomeas</b>												
<i>Chaetoceros convolutus</i>	R	-	E	R	R	R	R	R	-	-	-	-
<i>Chaetoceros didymus</i>	R	-	E	R	-	-	-	-	R	-	R	R
<i>Rhizosolenia imbricata var. minuta</i>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Striatella unipunctata</i>	R	R	-	R	R	E	E	-	E	R	E	-
<b>Dinoflagelados</b>												
<i>Ceratium furca var. berthii</i>	E	E	E	E	E	E	E	-	E	E	-	E
<i>Ceratium pentagonum</i>	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium tripos f. tripodoides</i>	R	R	R	E	R	-	R	R	R	-	-	R
<i>Diplopsalis lenticula</i>	E	R	R	R	E	R	R	E	E	E	E	E

\* Índice de abundancia relativa: M=muy abundante, A=abundante, E=escaso, R=raro.



**Figura 6.5.2.1.** Composición porcentual de los principales grupos taxonómicos del fitoplancton. Sector Bahía Chascos (Ensenada San Pedro), febrero de 2009.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	218
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

El fitoplancton en el sector de Bahía Chascos (E. San Pedro) resultó ser **escaso**, con dominancia de diatomeas sobre los otros grupos que lo conforman. También se observó presencia de tripton orgánico y de zooplancton acompañante con dominancia de copépodos, larvas de crustáceos, larvas de bivalvos y apendicularias, lo que confirma que el fitoplancton del área de estudio estuvo sometido a un activo pastoreo en los días en que se efectuó la campaña de muestreo.

En todas las muestras de Bahía Chascos se observó **muy baja diversidad de especies**, con amplia dominancia de *Rhizosolenia imbricata* var *minuta* (**Fotografía 6.5.2**), sobre las otras tres especies de diatomeas registradas en los análisis, a saber: *Chaetoceros convolutus*, *C. didymus* y *Striatella unipunctata*.




**Fotografía 6.5.2.** Detalle de *Rhizosolenia imbricata* var. *minuta*

Los dinoflagelados fueron muy escasos, dominados por la especie *Diplopsalis lenticula* y *Ceratium furca* var. *berghii*, presentes en todas las estaciones.

### **6.5.3 Conclusiones del Análisis de Comunidades Fitoplanctónicas**

Los resultados obtenidos en el estudio de comunidades fitoplanctónicas en esta campaña de verano, indican que el sector de Bahía Chascos (E. San Pedro), el fitoplancton fue **muy escaso**, con una **muy baja diversidad** y con dominancia de diatomeas sobre los otros grupos que lo conforman. En total, fue posible determinar un total de **8 especies** en esta campaña de verano, 4 pertenecientes al grupo de las diatomeas y 4 al de los dinoflagelados. No se hallaron especies de otros grupos del fitoplancton.


Si bien no se cuenta con información del área de estudio efectuada en el contexto de este proyecto, EcoTecnos Ltda. efectuó un estudio en el área misma en agosto de 2008, fecha

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	219
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

y época en que la situación fue muy diferente respecto a la riqueza de especies. En dicha oportunidad se reconocieron un total de **40 especies de fitoplancteres** en Bahía Chascos, de las cuales 34 formaron parte del grupo de las diatomeas, representando el 85% del total de especies halladas y 6 al grupo de los dinoflagelados (15% del total de especies). No se hallaron especies de silicoflagelados (Clase Dictyochophyceae). Asimismo, en dicho estudio se consideró a las comunidades fitoplanctónicas del sector de E. San Pedro como muy abundantes, con dominancia de diatomeas sobre los otros grupos que lo conforman.

Claramente la situación de agosto de 2008 dista de la hallada en esta campaña de verano. Sin embargo, dos antecedentes permiten respaldar los resultados de la presente campaña. Por un lado, las muestras de fitoplancton mostraron la presencia de tripton orgánico y de zooplancton acompañante con dominancia de copépodos, larvas de crustáceos, larvas de bivalvos y apendicularias, lo que sugiere que el fitoplancton estuvo sometido a un activo pastoreo. En tanto, los resultados expuestos en el siguiente capítulo **6.6 Estudio de Comunidades Zooplactónicas**, indican que la comunidad zooplactónica de los alrededores de Bahía Chascos reveló una poco usual proliferación (*bloom*) de zooplancton gelatinoso, concentrado especialmente en tres especies, dos hidromedusas (*Liriope tetraphylla* y *Obelia* sp.) y dos sifonóforos (*Physophora* sp. y *Abylopsis tetragona*). Se indica que no es inusual un bloom de zooplancton gelatinoso en esta época estival, considerando que en las estaciones de primavera y verano se concentra la mayor productividad biológica, propia de los sistemas de margen oriental, debido al factor estacionalidad (Bernal *et al.* 1983). Lo distinto en este caso es que dos especies que generalmente son escasas en las muestras de zooplancton (*Liriope* y *Physophora*), presenten una abundancia tan extraordinaria. Lo anterior explicaría, por tanto, la escasez tanto en abundancia como en riqueza de especies de las comunidades fitoplanctónicas estudiadas, las cuales estarían siendo sometidas a un activo pastoreo.


Las características particulares de este estudio, con la presencia de una importante proliferación zooplactónica, hacen diferir los resultados con los hallados por otros autores en el norte de Chile (Avaria *et al.*, 1982; Avaria & Muñoz 1983, 1985, 1987;

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	220
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Rodríguez *et al.*, 1986, 1991, 1996; Herrera & Labbé, 1990; Herrera & Merino, 1990) y lo registrado por Ecotecnos en agosto de 2008. Asimismo, pese a que estos estudios indican que la dinámica de la comunidad microfitoroplanctónica está controlada por el grupo de las diatomeas y, en segundo lugar, por la de los dinoflagelados, los que pueden llegar a dominar principalmente en períodos cálidos (que no es el caso de este estudio), no se menciona la dinámica misma del zooplancton, el cual “pastorea” a las comunidades fitoplanctónicas. No obstante, los autores mencionados también indican que la ocurrencia casi permanente de procesos de surgencia, constituye la respuesta al éxito de las diatomeas, ya que estos eventos generan condiciones que favorecen el desarrollo óptimo de este grupo, lo que estaría representado en este caso por la dominancia en las muestras de la diatomea *Rhizosolenia imbricata. var minuta*. Esta información coincide con aquella proveniente de trabajos realizados en la zona central de Chile, donde se ha demostrado largamente que la comunidad fitoplanctónica es dominada por diversas poblaciones de diatomeas, especialmente en la época de surgencia, con una mayor ocurrencia de dinoflagelados durante el verano (Avaria, 1971; Alvial & Avaria 1982; Avaria & Muñoz, 1982; Avaria *et al.*, 1989). Nótese al respecto que la zona en estudio es una zona de surgencia, lo cual fue corroborado con el estudio de viento (ver detalles en acápite **5.5.2 Resultados del Estudio de Vientos – Surgencia Costera** de este Informe Técnico).

Se debe destacar que la estructura específica de la comunidad que podríamos denominar como “Bahía Chascos” estuvo definida en esta campaña de verano por la diatomea *Rhizosolenia imbricata. var minuta*. Este resultado difiere de algunos estudios efectuados en el norte de Chile, como el de Santander *et al.* (2003), efectuado en aguas de Iquique (20°18' S), en donde la especie dominante resultó ser *Thalassiosira subtilis*. En esta especie sus células (de un tamaño promedio de 20 µm) se encuentran embebidas en un mucílago, formando grandes agrupaciones. Hutchings *et al.* (1995) han señalado que las diatomeas que forman cadenas o colonias, con rangos de tamaño entre 5 y 30 µm, pueden tener una mayor habilidad para explotar escenarios de surgencia costera, ya que mantienen una alta eficiencia en términos de captación de luz, incorporación de nutrientes




	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	221
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

y crecimiento, dado que cada célula conserva su individualidad viéndose favorecida por una mayor relación superficie/volumen. En esta campaña, si bien *Rhizosolenia imbricata*. var *minuta* no forma cadenas, puede llegar a presentarse en pares de células las cuales miden entre 2,5 a 57  $\mu\text{m}$  (Sundström, 1986), pudiendo por tanto también verse favorecida por las condiciones antes mencionadas.

Un aspecto muy importante de considerar es que la caracterización efectuada del fitoplancton de esta campaña de verano, es de carácter **dinámico**, pues los cambios secuenciales en la comunidad fitoplanctónica dependerán, por un lado, de condiciones ambientales adecuadas y, por otro lado, de las poblaciones que se encuentren disponibles geográficamente. Al respecto, Hutchings *et al.* (1995) plantean que en cortas escalas de tiempo, la distribución de la biomasa y las características de la comunidad estarán principalmente determinadas por una eventual mezcla de las poblaciones fitoplanctónicas que transporta el agua aflorada (“seeding”) y aquellas que se encuentran en la zona fótica. Por tanto, no es de extrañar que la comunidad analizada en este estudio pueda variar en composición y estructura respecto a otra que pueda efectuarse en una época del año distinta. Esto es particularmente importante en zonas de surgencia como el área que se está estudiando, en donde el proceso de surgencia se presenta casi en forma diaria, con una permanencia media del orden de las 8,20 horas, generalmente en horas de la tarde en esta época del año.

Finalmente, los resultados de esta campaña de verano muestran que las diferencias entre los muestreos verticales y horizontales son poco significativas, tanto en la abundancia relativa de las especies como en la riqueza de las mismas. Este punto es importante puesto que refleja que en este estudio fue analizada “toda la columna de agua”, por lo cual se tiene una muy buena estimación de la riqueza específica del área de estudio, sin presentarse la necesidad, por lo tanto, de efectuar un muestreo estratificado de las comunidades fitoplanctónicas. Esto refleja lo hallado en los estudios de línea base del área referente a la columna de agua, en donde se indica que.... “*toda la columna de agua corresponde a la capa eufótica*”, es decir, es posible hallar las comunidades

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	222
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

fitoplanctónicas en gran parte de la columna de agua, aunque la información científica indica que ésta tiende a localizarse en los primeros metros iluminados.

Los antecedentes antes entregados de los resultados de esta campaña reflejan la dinámica de las comunidades fitoplanctónicas, junto a los factores que modifican la estructura de ellas, lo cual deberá considerarse al momento de efectuar el seguimiento de estas comunidades en los alrededores de Bahía Chascos una vez que se encuentre funcionando el futuro puerto en la zona.

#### **6.5.4 Bibliografía del Análisis de Comunidades Fitoplanctónicas**


**Alvial, A. & S. Avaria. 1982.** Proliferación de primavera del fitoplancton en la bahía de Valparaíso. II. Dinámica de las comunidades. Revista de Biología Marina 18(1): 1-52.

**Avaria, S. 1971.** Variaciones mensuales cualitativas del fitoplancton de la bahía de Valparaíso de julio 1963 a julio 1966. Revista de Biología Marina, 14(3): 15-43.

**Avaria, S., P. Muñoz & E. Uribe. 1982.** Composición y biomasa del fitoplancton del norte de Chile en diciembre de 1980 (Operación Oceanográfica MARCHILE XI-ERFEN II). Ciencia y Tecnología del Mar 6: 5-36.

**Avaria, S. & P. Muñoz. 1983.** Composición y biomasa del fitoplancton del norte de Chile en mayo de 1981 (Operación Oceanográfica MARCHILE XII-ERFEN III). Ciencia y Tecnología del Mar 7: 109-140.

**Avaria, S. & P. Muñoz. 1985.** Efectos del fenómeno “El Niño” sobre el fitoplancton marino del norte de Chile en diciembre de 1982. Ciencia y Tecnología del Mar 9: 3-30.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	223
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Avaria, S. & P. Muñoz. 1987.** Effects of the 1982-1982 El Niño on the marine phytoplankton off northern Chile. *Journal of Geophysical Research* 92: 14369-14382.

**Avaria, S., S Palma, H. Sievers & N. Silva. 1989.** Revisión sobre aspectos oceanográficos físicos, químicos y planctológicos de la bahía de Valparaíso y áreas adyacentes. *Biología Pesquera* 18: 67-96.

**Cupp, E.E. 1977.** Marine plankton diatoms of the west coast of North America. University of California press. Reprint by Otto Koeltz science publishers. Germany. 220 p.

**Fondo de Investigación Pesquera. 2002.** PROYECTO FIP N° 2001-11: Evaluación del reclutamiento de anchoveta en la I y II Regiones, Temporada 2001-2002.


**Hallegraef, G., Anderson, D. & A. Cembella. 1995.** Manual on Harmful Marine Microalgae. Intergovernmental Oceanographic Commission (UNESCO). 551 pp.

**Peña V & Pinilla G. 2002.** Composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la Ensenada de Utria, Pacifico Colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 37(1): 67-81.

**Herrera, L. & A. Labbé. 1990.** Análisis cualitativo de muestras de fitoplancton colectadas entre Arica (18°28'S) e Iquique (20°25'S) en noviembre de 1985. *Investigaciones Científicas y Tecnológicas Serie Ciencias del Mar* 1: 90-96.

**Herrera, L. & C. Merino. 1992.** Composición específica y abundancia relativa del fitoplancton marino del norte de Chile en 1989. *Investigaciones Científicas y Tecnológicas Serie Ciencias del Mar* 2: 31-55.

**Hutchings, L., G. Pitcher, T. Probyn & G. Bailey. 1995.** The chemical and biological consequences of coastal upwelling. En: Summerhayes CP, KC Emers, MV Angel,

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	224
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

RL Smith & B Zeitzchel (eds.) Upwelling in the ocean modern process and ancient records. pp. 65-81. John Wiley & Sons, New York.

**Rivera P. 1983.** A Guide for References and Distribution for the Class Bacillariophyceae in Chile Between 18°28'S and 58°S. Bibliotheca Diatomologica, Band 3, 386 pp.

**Rivera, P., Gebauer, M. & H.L. Barrales. 1990.** A Guide for References and Distribution for the Class Bacillariophyceae in Chile between 18°28'S and 58°S. Part II. Data from 1982 to 1988. Gayana Bot. 46(3-4): 155-198.

**Rodríguez, L., O. Zárate & E. Oyarce. 1986.** Producción primaria del fitoplancton y su relación con la temperatura, oxígeno, nutrientes y salinidad en la bahía de Mejillones del Sur. Revista de Biología Marina 22(1): 75-96.


**Rodríguez, L., R. Escribano, G. Grone, C. Irribarren & H. Castro. 1996.** Ecología del fitoplancton en la bahía de Antofagasta (23° S), Chile. 1996. Revista de Biología Marina 31(2): 65-80.

**Santander, E, L. Herrera & C. Merino. 2003.** Fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial del océano durante la primavera de 1997 en el norte de Chile (20°18'S): II. Composición específica y abundancia celular. Revista de Biología Marina y Oceanografía 38 (1): 13 – 25.

**Sundström, B. G. 1986.** The marine genus *Rhizosolenia*. Doctoral Dissertation, Lund University, Lund, Sweden. 117 pp.

**Tomas, C.R. 1996.** Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. p 598. Academic Press, San Diego.

**Villafañe, V.E. & F.M.H. Reid. 1995.** Métodos de microscopía para la cuantificación. In: Alveal, K.; Ferrario, M.E.; Oliveira, E. C. & E. Sar (eds.) manual de métodos ficológicos. Universidad de Concepción. pp: 169 – 185.


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	225
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 6.6 ANÁLISIS DE COMUNIDADES ZOOPLACTÓNICAS

### 6.6.1 Introducción

El zooplancton marino es importante porque constituye la base trófica de la mayoría de las comunidades marinas, incluso para muchos animales de gran tamaño (Rugby & Milsom 2000). Sin embargo, este grupo de organismos es altamente complejo, debido a la dinámica de deriva o retención en que se encuentran en la masa de agua, por la gran cantidad de taxa que lo componen, además de las distintas fases larvianas por las que atraviesan muchos de ellos. Ello requiere necesariamente que los estudios que aborden el zooplancton se traten con una adecuada identificación taxonómica (Bhaud *et al.* 1995), la cual a su vez tipifica su roles ecológicos. Por lo mismo, la comunidad zooplanctónica juega un importante rol al unir los productores primarios con los altos niveles tróficos así como también es relevante en modular y regular la comunidad fitoplanctónica y reciclar nutrientes (Reeve, 1975; Capriulo *et al.*, 2002). Es sabido que el desove de ciertas especies de peces es generalmente coincidente con los puntos más altos en los niveles de abundancia zooplanctónica, para asegurar probablemente el alimento planctónico necesario para la sobrevivencia larval (Harrison & Whitfield, 1990; Balbontín & Bravo, 1999). Adicionalmente, el zooplancton juega un rol crucial en los procesos de acoplamiento bento-pelágico sobre la plataforma marina continental (Graf, 1992), intercambiando materia y energía entre ambos ecosistemas y disparando el crecimiento poblacional de organismos tales como medusas que tienen su origen en formas poliparias bentónicas.

La complejidad del zooplancton, usualmente ubicado en el nivel secundario de la cadena trófica, se debe a la amplia y variada gama de organismos que incluye, desde las pequeñas medusas hidrozoas que forman parte del holoplancton, hasta organismos más elevados en la escala zoológica como los peces, los cuales en sus primeros estadios de desarrollo, se encuentran formando parte del zooplancton, como huevos y larvas dentro del ictioplancton. Este ictioplancton de permanencia corta en la comunidad zooplanctónica se denomina meroplancton. Esta vasta composición de formas es la que hace que sea de gran

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	226
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

importancia el poder identificar taxonómicamente a los organismos animales que forman parte del plancton en una determinada comunidad (Bhaud *et al.*, 1995).


Por otra parte, si se tiene en cuenta que la mayor parte del zooplancton, especialmente de tipo crustáceo, es de corta vida y con alta tasa de reproducción y crecimiento, resulta ser un grupo sensible, que responde en forma rápida a perturbaciones ambientales que afectan su abundancia y diversidad (Mackas *et al.*, 2001).

### **6.6.2 Protocolo del Análisis de Comunidades Zooplanctónicas**

La metodología de muestreo y estandarización de las pescas de zooplancton se realizó siguiendo lo propuesto por Robinson *et al.* (1996) y considerando el protocolo de muestreo propuesto por Smith & Richardson (1979). El muestreo se realizó el 06 de febrero de 2009 en la zona costera de los alrededores de Bahía Chascos, en las mismas estaciones seleccionadas para el estudio de comunidades fitoplanctónicas (**Figura 2.1**).

Las muestras de zooplancton fueron obtenidas por medio de una red cilíndrica cónica, tipo Nansen, la cual presenta una abertura de boca de 67 cm de diámetro y un calado de malla de 330 µm. Los arrastres realizados fueron de tipo verticales, desde cerca del fondo hasta la superficie, con profundidades que oscilaron entre los 12 m y los 33 m, dependiendo de la mayor o menor cercanía al borde costero de las estaciones de muestreo.

Para hacer comparativas las distintas estaciones entre sí, y con estudios similares, las pescas zooplanctónicas se estandarizaron a un volumen de agua de 100 m<sup>3</sup>. Las muestras obtenidas fueron etiquetadas y fijadas a bordo con formalina tamponada al 5%. Las muestras colectadas fueron analizadas en el Laboratorio de Zooplancton de la Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales de la Universidad de Valparaíso, en donde se procedió al análisis de determinación taxonómica y de estructura comunitaria. Las muestras de zooplancton e ictioplancton fueron analizadas en su totalidad, no realizándose submuestras, lo cual otorga mayor confiabilidad a los resultados obtenidos.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	227
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


Los huevos de las especies ictioplanctónicas más abundantes se clasificaron en dos fases de desarrollo (modificado de Balbontín & Garretón, 1977). La fase 1 comprende desde la fecundación hasta el desprendimiento del extremo caudal del embrión; la fase 2, desde que el extremo caudal del embrión se desprende del saco vitelino hasta la eclosión del huevo.

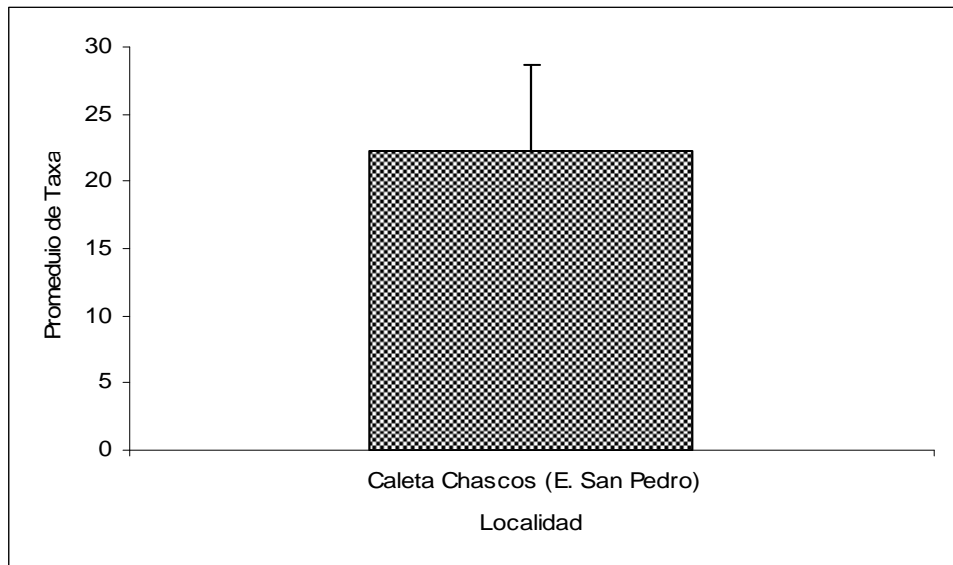
### **6.6.3 Resultados del Análisis de Comunidades Zooplanctónicas**

- **Composición Taxonómica del Zooplancton**

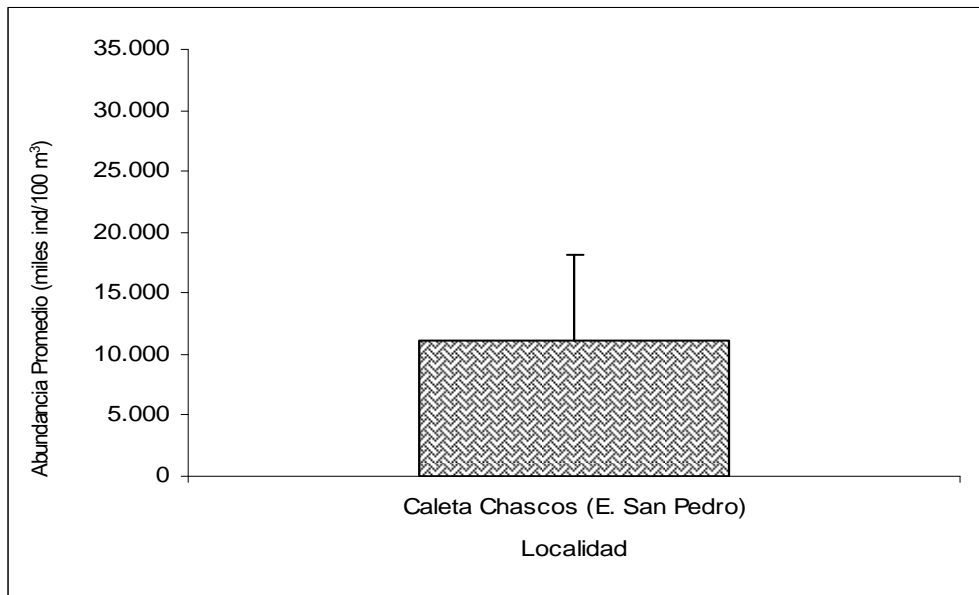
La comunidad zooplanctónica del área costera de Bahía Chascos reveló una importante productividad biológica considerando la alta abundancia y riqueza específica de organismos planctónicos con roles tróficos y ecológicos distintos tales como filtradores, suspensívoros y depredadores. En total se logró determinar un total de **48 formas taxonómicas diferentes**, de las cuales 37 fueron clasificadas en la categoría de Género o especie, y las restantes en una categoría superior (**Tabla 6.6.3.1**). La comunidad zooplanctónica estudiada en los alrededores de Bahía Chascos presentó niveles altos de abundancia, alcanzando un total de 77.620 ind/100 m<sup>3</sup>.

Asimismo, la riqueza específica promedio del sector resultó ser importante, hallando un promedio de especies en Bahía Chascos de 22 taxa  $\pm$  6.32 (**Figura 6.6.3.1**). En términos de abundancia promedio de organismos, el sector en estudio presentó igualmente un alta abundancia, con 11.089  $\pm$  7089,74 ind/100 m<sup>3</sup> (**Figura 6.6.3.2**).

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	228
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	




**Figura 6.6.3.1.** Valor promedio del número de taxa zooplanctónicos y su desviación estándar en el sector de Bahía Chascos. Febrero de 2009.



**Figura 6.6.3.2.** Valor de abundancia promedio de taxa zooplanctónicos y su desviación estándar en el sector de Bahía Chascos. Febrero de 2009.




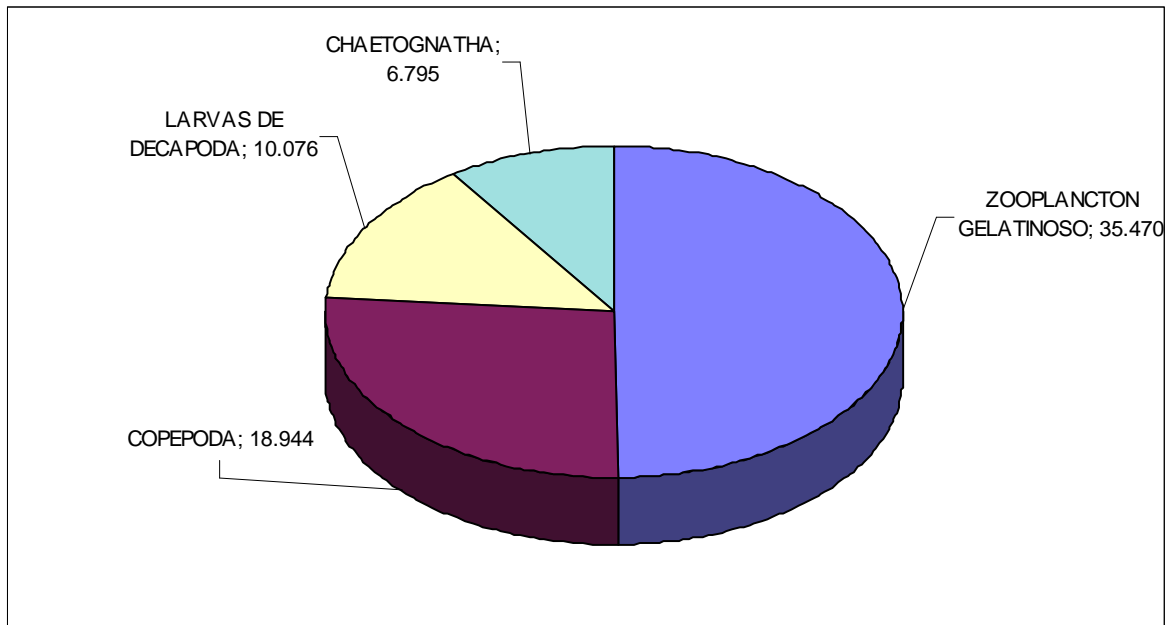
	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	229
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

No obstante, es interesante destacar que la alta abundancia observada en el sector de Calata Chascos está dada fundamentalmente por los copépodos calanoides, los que junto a las especies *Physophora* sp. y *Liriope tetraphylla*, en conjunto alcanzaron una abundancia de 37.414 ind/100 m<sup>3</sup>, representando el 48,2% de la abundancia total de individuos hallados en el área de estudio.

En general, las más altas abundancias estuvieron dadas por organismos zooplanctónicos depredadores entre los que destacaron los gelatinosos representados por hidromedusas, sifonóforos y ctenóforos con un 34.47% del total (**Figura 6.6.3.3**). Al sumar los quetognatos (6.795%), los depredadores zooplanctónicos superan el 41% del total de organismos estudiados. Destacó por la alta abundancia dentro de los organismos gelatinosos la medusa hidrozoa *Liriope tetraphylla* (10.483 ind/100 m<sup>3</sup>). Las mayores densidades de la especie *L. tetraphylla* se presentaron en la estación Control (9.850 ind/100 m<sup>3</sup>). A pesar de la alta abundancia de esta especie, la constancia en el área de estudio alcanzó sólo al 57%.

Dentro de los sifonóforos, las especies más abundantes fueron *Physopora* sp. (10.486 ind/100 m<sup>3</sup>), *Abylopsis tetragona* (1.979 ind/100 m<sup>3</sup>) y *Sphaeronectes gracilis* (1.117 ind/100 m<sup>3</sup>) (**Tabla 6.6.3.1**). A diferencia de lo observado en hidromedusas, la concentración de sifonóforos tuvo abundancias importantes en toda el área de estudio, incluida la estación Control. De estos tres sifonóforos, sólo *Physopora* sp tuvo una frecuencia de ocurrencia o constancia igual al 100%.


	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	230
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	



**Figura 6.6.3.3.** Abundancia numérica (ind./100 m<sup>3</sup>) de los taxa identificados en la comunidad zooplanctónica de la totalidad de la zona de estudio. Febrero de 2009.

En segundo lugar, las mayores abundancias relativas las presentaron los organismos crustáceos (**Figura 6.6.3.3**), de entre la cuales destacaron los copépodos (24,4 % del total) y las larvas de Decapoda (13,0 %). En los decápodos predominaron las fases larvales zoea de la especie *Homalaspis plana* tuvo la mayor abundancia relativa, llegando a 5.005 ind/100 m<sup>3</sup>, con una frecuencia de ocurrencia del 100%, concentrándose mayoritariamente en una sola estación (estación 1a). El estado larval zoea de *Porcellana* sp. hizo también un aporte importante en la abundancia de larvas de decápodos, llegando a 2.250 ind/100 m<sup>3</sup>, con una frecuencia de ocurrencia del 100% (**Tabla 6.6.3.1**).

Los copépodos presentaron una constancia de 100% en el área de estudio, representados por dos órdenes Calanoida y Harpacticoida. El Orden Cyclopoida sólo estuvo en un 71% del las estaciones. De estos tres órdenes, los calanoides fueron los más abundantes, llegando a un total de 16.445 ind/100 m<sup>3</sup>, presentando sus densidades relativamente repartidas en toda el área estudiada

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	231
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


Los organismos depredadores planctónicos del Phylum Chaetognatha, tuvieron una dominancia importante, alcanzando el 6,795% del total, con 6.795 ind/100 m<sup>3</sup> (**Figura 6.6.3.3**). De las tres especies determinadas, la mayor abundancia relativa correspondió a *Sagitta enflata*, con 6.230 ind/100 m<sup>3</sup>, y con presencia en 100% del área de estudio (**Tabla 6.6.3.1**).

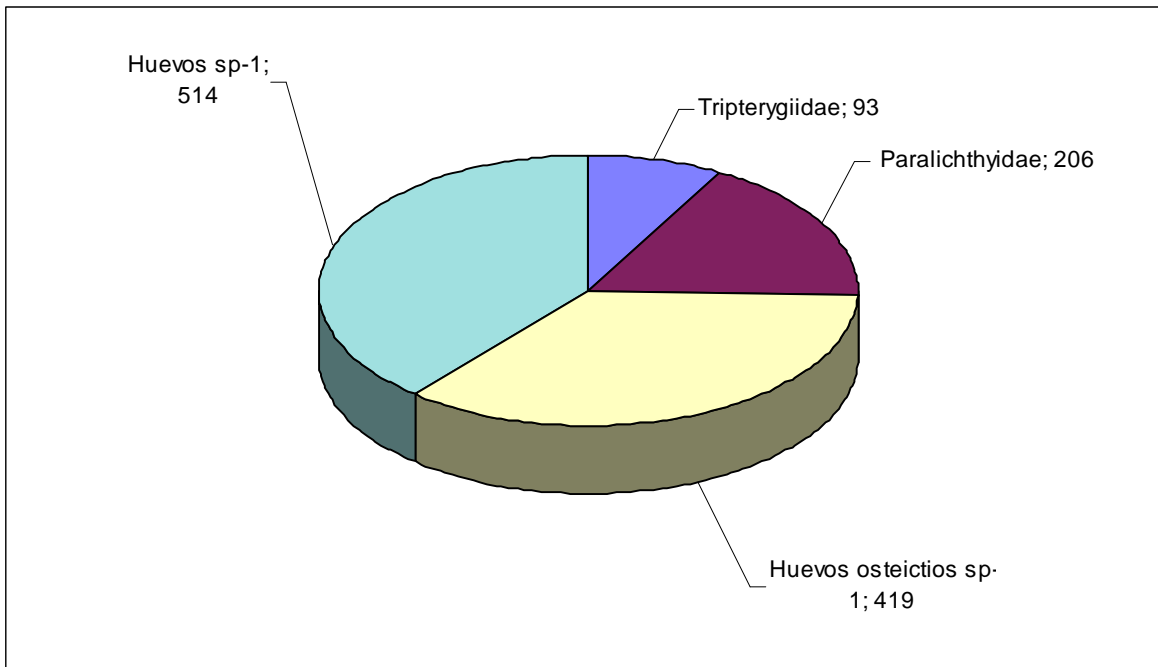
En el grupo de protocordados (apendicularias) los niveles de abundancia fueron moderados, presentando la abundancia relativa más alta la especie *Oikopleura gracilis* con 1.336 ind/100 m<sup>3</sup>, y logrando una constancia de 86%.

Otros grupos zooplanctónicos con abundancias menores correspondieron a Ctenophora, juveniles de poliquetos, ostrácodos ciprínidos, una especie de anfípodos, larvas cifonautas pertenecientes a *Mebraniphora* de Ectoprocta, larvas pentáculas de pepino de mar (*Athyonidium chilensis*), juveniles de erizos y doliólidos de urocordados (**Tabla 6.6.3.1**).


- **Composición Taxonómica del Ictioplancton**

En este estudio se determinaron organismos ictioplanctónicos pertenecientes a dos familias (Tripterygiidae y Paralichthyidae). Adicionalmente, se capturaron huevos de Osteictios con dos morfotipos diferentes (Huevos sp-1 y Huevos sp-2) (**Figura 6.6.3.4**). En general las abundancias fueron relativamente bajas en los taxa identificados, siendo el mayor valor el correspondiente a *Paralichthys microps* con 206 larvas/100 m<sup>3</sup> para el área de estudio, mientras que el valor relativo más bajo correspondió a huevos de *Tripterygion chilensis* con 93 huevos/100 m<sup>3</sup>, presente sólo en las estaciones 1 y 2. De la huevos no identificados, los Huevos sp-2 alcanzaron la mayor abundancia con 457 larvas/100 m<sup>3</sup> (**Tabla 6.6.3.1**).

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	232
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	




**Figura 6.6.3.4.** Abundancia numérica (ind/100 m<sup>3</sup>) de los taxa identificados en la comunidad ictioplanctónica de la totalidad de la zona de estudio. Febrero de 2009.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	233
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.6.3.1**


Especies y abundancia para las muestras de zooplancton de las estaciones analizadas. Alrededores de Bahía Chascos (E. San Pedro), febrero de 2009.

Sector Bahía Chascos y Estación Control							
	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Control
	ABUNDANCIA (ind/ 100 m <sup>3</sup> )						
<b>Coelenterata</b>							
<b>Hidrozoa</b>							
Hydroida (medusas)							
<i>Phialella quadrata</i>	143	91		200			
<i>Sarsia eximia</i>	286	45	42	360			
<i>Proboscidactyla flavicirrata</i>	95						
<i>Obelia</i> sp.	1048	364	208	4160	115	963	
<i>Colobonema sericeum</i>			83				
<i>Halitrephes maasi</i>						74	
<i>Phialopsis diegensis</i>				80			
<i>Cunina peregrina</i>	95						400
<i>Pantachogon haeckeli</i>	48			40			
<i>Euphysa aurata</i>	143						
<i>Liriope tetraphylla</i>	143			120		370	9850
Siphonophora							
<i>Sphaeronectes fragilis</i>				40		37	
<i>Sphaeronectes gracilis</i>		182		160	77	148	550
<i>Lensia conoidea</i>				200	115	259	
<i>Abylopsis tetragona</i>		45				333	1600
<i>Muggiaea atlantica</i>	95			40		111	100
Physophoridae							
<i>Physophora</i> sp	4048	1545	1083	1120	577	963	1150
<b>Ctenophora</b>							
Atentaculata				200		74	1050
<b>Annelida</b>							
Polichaeta (juvenil)							
Aciculata		136				148	
<b>Arthropoda</b>							
<b>Crustacea</b>							
<b>Ostracoda</b>							
Cypridiniformes	95						
<b>Copepoda</b>							
Calanoida	4000	1636	542	1760	1385	3222	3900
Harpacticoida	381	182	125	240	192	333	400
Ciclopoida	190			80	77	148	150
Amphipoda							
<i>Vivilia amata</i>	143						

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	234
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


**Tabla 6.6.3.1 (continuación).**

<b>Sector Bahía Chascos y Estación Control</b>							
	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Control
	ABUNDANCIA (ind/ 100 m <sup>3</sup> )						
Hiperidea		45					
<b>Decapoda</b>							
<i>Heterocarpus reedi</i> (zoea)	333			120		185	100
<i>Porcellana</i> sp. (zoea)	524	91	42	240	38	815	500
<i>Porcellana</i> sp. (megalopa)	95						200
<i>Homalaspis plana</i> (zoea)	2905	455	292	680	154	370	150
<i>Pinnotheres politus</i>					77		
<i>Acanthocyclus gayi</i> (zoea)	143			80			
<i>Pleuroncodes monodon</i> (zoea)		136				111	
<i>Pagurus</i> sp							50
<i>Emerita analoga</i> (zoea)	476			560	154		
<b>Ectoprocta o Bryozoa</b>							
<i>Membranipohra</i> (larva cifonauta)	95	409	125	120	115	111	
<b>Chaetognatha</b>							
<i>Sagitta enflata</i>	1000	773	417	1000	192	1148	1700
<i>Sagitta bierii</i>	190	45				74	
<i>Sagitta elegans</i>	95			160			
<b>Equinodermata</b>							
<i>Athyonidium chilensis</i> (Larva Pentacula)	238		83	80			
Echinoidea (erizo juvenil)		91	167		77		
<b>Chordata</b>							
<b>Urochordata</b>							
Larvacea							
<i>Oikopleura gracilis</i>	333	136	333	120	154	259	
<i>Oikopleura albicans</i>				200			
<i>Fritillaria haplostoma</i>		182	167	160	115		
Thaliacea							
<i>Doliolum</i>	95					74	550
<b>Vertebrata</b>							
Osteichthyes							
<b>Tripterygiidae</b>							
<i>Tripterygion chilensis</i> (larvas)	48	45					
<b>Paralichthyidae</b>							
<i>Paralichthys microps</i> (huevos)	95					111	
Huevos Osteictios sp-1	143	91				185	
Huevos Osteictios sp-2	95	91	83		77	111	
<b>Nº Taxa</b>	32	22	15	27	17	26	17
<b>Σ Individuos 100 m<sup>3</sup></b>	17.857	6.818	3.791	12.320	3.692	10.740	22.400

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	235
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.6.3.1** (continuación).


<b>Totales Área de Estudio</b>			
	<b>Total Área Individuos/100 m<sup>3</sup></b>	<b>Dominancia (%)</b>	<b>Constancia (%)</b>
<b>Coelenterata</b>			
<b>Hidrozoa</b>			
Hydroida (medusas)			
<i>Phialella quadrata</i>	<b>434</b>	0,56	43
<i>Sarsia eximia</i>	<b>733</b>	0,94	57
<i>Proboscidactyla flavicirrata</i>	<b>95</b>	0,12	14
<i>Obelia</i> sp.	<b>6858</b>	8,84	86
<i>Colobonema sericeum</i>	<b>83</b>	0,11	14
<i>Halitrephes maasi</i>	<b>74</b>	0,10	14
<i>Phialopsis diegensis</i>	<b>80</b>	0,10	14
<i>Cunina peregrina</i>	<b>495</b>	0,64	29
<i>Pantachogon haeckeli</i>	<b>88</b>	0,11	29
<i>Euphysa aurata</i>	<b>143</b>	0,18	14
<i>Liriope tetraphylla</i>	<b>10483</b>	13,51	57
Siphonophora			
<i>Sphaeronectes fragilis</i>	<b>77</b>	0,10	29
<i>Sphaeronectes gracilis</i>	<b>1117</b>	1,44	71
<i>Lensia conoidea</i>	<b>575</b>	0,74	43
<i>Abylopsis tetragona</i>	<b>1979</b>	2,55	43
<i>Muggiaea atlantica</i>	<b>346</b>	0,45	57
Physophoridae			
<i>Physophora</i> sp	<b>10486</b>	13,51	100
<b>Ctenophora</b>			
Atentaculata	<b>1324</b>	1,71	43
<b>Annelida</b>			
Polichaeta (juvenil)			
Aciculata	<b>285</b>	0,37	29
<b>Arthropoda</b>			
<b>Crustacea</b>			
<b>Ostracoda</b>			
Cypridiniformes	<b>95</b>	0,12	14
<b>Copepoda</b>			
Calanoida	<b>16445</b>	21,19	100
Harpacticoida	<b>1853</b>	2,39	100
Ciclopoida	<b>646</b>	0,83	71
<b>Amphipoda</b>			
<i>Vivilia amata</i>	<b>143</b>	0,18	14
Hiperidea	<b>45</b>	0,06	14

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	236
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 6.6.3.1 (continuación).**

<b>Totales Área de Estudio</b>			
	<b>Total Área Individuos/100 m<sup>3</sup></b>	<b>Dominancia (%)</b>	<b>Constancia (%)</b>
<b>Decapoda</b>			
<i>Heterocarpus reedi</i> (zoea)	739	0,95	57
<i>Porcellana</i> sp. (zoea)	2250	2,90	100
<i>Porcellana</i> sp. (megalopa)	295	0,38	29
<i>Homalaspis plana</i> (zoea)	5005	6,45	100
<i>Pinnotheres politus</i>	77	0,10	14
<i>Acanthocyclus gayi</i> (zoea)	223	0,29	29
<i>Pleuroncodes monodon</i> (zoea)	247	0,32	29
<i>Pagurus</i> sp	50	0,06	14
<i>Emerita analoga</i> (zoea)	1190	1,53	43
<b>Ectoprocta o Bryozoa</b>			
<i>Membranipohra</i> (larva cifonauta)	976	1,26	86
<b>Chaetognatha</b>			
<i>Sagitta enflata</i>	6230	8,03	100
<i>Sagitta bierii</i>	310	0,40	43
<i>Sagitta elegans</i>	255	0,33	29
<b>Equinodermata</b>			
<i>Athyonidium chilensis</i> (Larva Pentacula)	401	0,52	43
Echinoidea (erizo juvenil)	334	0,43	43
<b>Chordata</b>			
<b>Urochordata</b>			
Larvacea			
<i>Oikopleura gracilis</i>	1336	1,72	86
<i>Oikopleura albicans</i>	200	0,26	14
<i>Fritillaria haplostoma</i>	624	0,80	57
Thaliacea			
<i>Doliolum</i>	719	0,93	43
<b>Vertebrata</b>			
Osteichthyes			
Tripterygiidae			
<i>Tripterygion chilensis</i> (larvas)	93	0,12	29
Paralichthyidae			
<i>Paralichthys microps</i> (huevos)	206	0,27	29
Huevos Osteictios sp-1	419	0,54	43
Huevos Osteictios sp-2	457	0,59	71
<b>Σ Individuos/100 m<sup>3</sup></b>	<b>77.620</b>		



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	237
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- **Índices Ecológicos de la Estructura Comunitaria Zooplanctónica**

La **Tabla 6.6.3.2** presenta los valores de los índices ecológicos de la estructura comunitaria del zooplancton en el área de estudio. La riqueza específica fue más alta en la estación 1 con 32 taxa, mientras que el valor más bajo se registró en la estación 5 con 17 taxa. La abundancia presentó un patrón similar, en donde la estación 1 mostró la mayor abundancia (17.857 ind/100m<sup>3</sup>) y la estación 5 el menor valor (3.692 ind/100m<sup>3</sup>).


**Tabla 6.6.3.2**

Índices ecológicos de la estructura comunitaria zooplanctónica de los alrededores de Calta Chascos. Febrero de 2009.

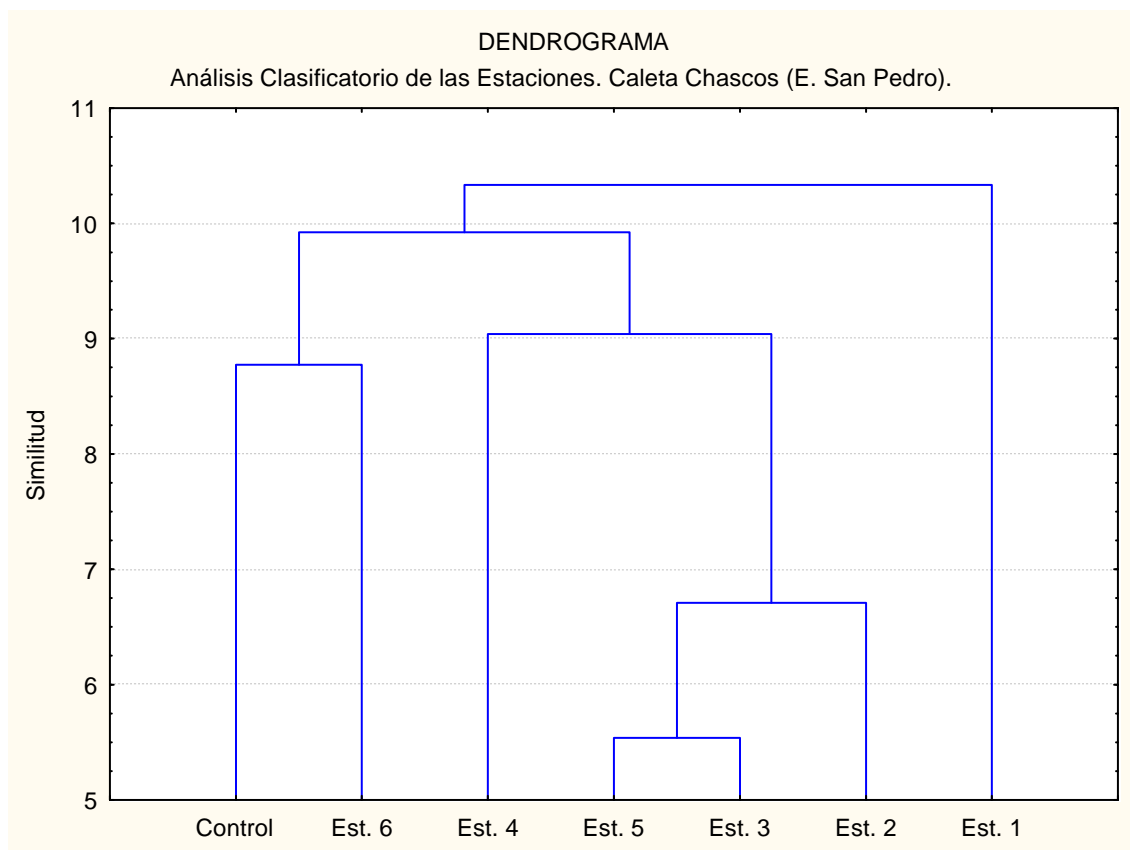
Estación	N	S	H' (Log 10)	J'
<b>Sector Norte I. Cima Cuadrada</b>				
<b>Estación 1</b>	17.857	32	1,101	0,722
<b>Estación 2</b>	6.818	22	1,056	0,784
<b>Estación 3</b>	3.791	18	1,011	0,821
<b>Estación 4</b>	12.320	27	1,085	0,722
<b>Estación 5</b>	3.692	17	0,988	0,801
<b>Estación 6</b>	10.740	26	1,106	0,776
<b>Estación Control</b>	22.400	17	0,837	0,680

- N, abundancia numérica (ind/ 100 m<sup>3</sup>); S, número de taxa, H', diversidad específica (bit/ind); J', uniformidad.


La desproporción observada entre la abundancia por especie y número de taxa en el sector en estudio incidió para que la estación 5 obtuviera el valor relativo más bajo de diversidad específica (H') en promedio, llegando a 0,988 bit/ind de diversidad. Asimismo, la estación 1, con la mayor abundancia de organismos y la mayor riqueza de especies presentó también el mayor índice de diversidad específica en promedio, llegando a 1,101 bit/ind de diversidad. La estación control presentó valores intermedios en los parámetros de diversidad y uniformidad respecto al área misma de influencia del proyecto.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	238
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

La similitud entre estaciones respecto a las variables ecológicas riqueza específica y abundancia, se analizó mediante un análisis de Cluster Bray Curtis. El dendrograma resultante muestra diferentes agrupaciones en la comunidad zooplanctónica (**Figura 6.6.3.5**). Considerando un corte de 60% de similitud, quedan agrupadas sólo las estaciones 2, 3 y 5; las restantes estaciones presentan bajos niveles de similitud. Lo anterior da cuenta de una comunidad zooplanctónica más bien dispersa, sin una clara estructura comunitaria para el sector de Bahía Chascos.



**Figura 6.6.3.5.** Dendrograma de agrupamiento de las estaciones en estudio, utilizando el índice de similitud Bray Curtis y el modo UPGMA como método de unión. Alrededores de Bahía Chascos. Febrero de 2009.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	239
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

#### 6.6.4 *Discusión y Conclusiones del Análisis de Comunidades Zooplanctónicas*




**Fotografía 6.6.4.** Detalle del sifonóforo *Abylopsis tetragona*.

El estudio de la comunidad zooplanctónica del área de estudio reveló una poco usual proliferación (*bloom*) de zooplancton gelatinoso, concentrado especialmente en tres especies, dos hidromedusas (*Liriope tetraphylla* y *Obelia* sp.) y dos sifonóforos (*Physophora* sp. y *Abylopsis tetragona*, **Fotografía 6.6.4**) (sin contar la abundancia de los copépodos Calanoida). No obstante, no es inusual un bloom de zooplancton gelatinoso en esta época estival, considerando que en las estaciones de septiembre y verano se concentra la

mayor productividad biológica, propia de los sistemas de margen oriental, debido al factor estacionalidad (Bernal *et al.*, 1983). Lo distinto en este caso es que dos especies que generalmente son escasas en las muestras de zooplancton (*Liriope* y *Physophora*), presenten una abundancia tan extraordinaria (10.483 y 10.486 ind/100m<sup>3</sup>, respectivamente).

A pesar de la gran relevancia ecológica y económica del zooplancton, los factores que causan sus fluctuaciones poblacionales, especialmente del zooplancton gelatinoso, no están del todo claras y los fuertes incrementos poblacionales aún resultan impredecibles (Decker *et al.*, 2007), aunque su rol de depredador y de presa a la vez es un de los pilares estructurales del ecosistema planctónico, pelágico y su interrelación con el bentónico (Boero *et al.*, 2008).

Las medusas y sifonóforos determinados en este estudio pertenecen a hidroides de aguas someras y son producidas en aguas costeras más bien que trasladadas a la superficie desde aguas profundas por efectos de un evento de surgencia. Si bien estos organismos son planctónicos, ellos son producidos por colonias poliparias bentónicas, por tanto los mecanismos que disparan la abundancia poblacional de estos organismos han de

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	240
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


buscarse en aquellos que influyen sobre el bentos más que en el ecosistema planctónico propiamente tal. Se ha comprobado que la producción masiva de estos organismos gelatinosos puede ser gatillada por ritmos anuales, temperatura o fase lunar (Werner, 1954; Edwards, 1978; Brock, 1975), aunque la propia surgencia podría actuar como factor gatillador (Miglietta *et. al.*, 2008).

El hecho que el bloom de zooplancton gelatinoso esté remitido al incremento en la abundancia de una o dos especies solamente, sugiere que el hábitat que está respondiendo a los **eventos de surgencia** es más bien limitado que amplio en la estación de mayor dominancia de estos organismos (estación 1 y estación Control).

Una situación similar es posible concluir para el fuerte incremento en la abundancia de una sola especie de decápodo por sobre las otras (*Homalaspis plana*). La disponibilidad de hábitat, más bien escaso que amplio en esta área, sugiere condiciones poco propicias para una comunidad zooplanctónica diversa con patrones de abundancia equilibrados. En este sentido el análisis de similitud comunitaria de Bray Curtis produjo resultados que apuntan a considerar el área de estudio como unidad faunística zooplanctónica poco equilibrada.

Los resultados antes expuestos explicarían la baja diversidad y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas dado el bloom de algunas de las especies zooplanctónicas analizadas, y da cuenta de la importancia de contar con estudios estacionales que permitan evaluar las oscilaciones de estas comunidades a lo largo del año.


En tanto, un aspecto importante relacionado con las comunidades zooplanctónicas, se relaciona con los patrones de distribución de estas comunidades en la columna de agua. Estos patrones están definidos por diversos factores, encontrándose entre los más importantes, variables ambientales tales como temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, además de variables biológicas y ritmos endógenos que definen migración diurna nocturnas, en donde ésta se puede extender por varios cientos de metros (Harris *et al.* 2005).

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	241
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Generalmente las mayores abundancias de zoopláncteres están dadas por organismos gelatinosos y por crustáceos del tipo copépodos. En relación al zooplancton gelatinoso (hidromedusas, sifonóforos y ctenóforos) del Sistema de la Corriente de Humboldt frente al Pacífico, se ha determinado que tiene una distribución vertical amplia, siendo habitantes frecuentes en los primeros 100 m de profundidad (Fagetti, 1973; Palma, 1994; Palma & Rosales, 1995; Palma 2004; Pagès et al., 2001). Sin embargo, esta distribución vertical en carnívoros gelatinosos puede estar limitada a los primeros 50 m, (Mejillones por ejemplo), debido a la presencia de la capa mínima de oxígeno (CMO). En aguas oceánicas de la costa central esta CMO se profundiza, encontrándose alrededor de los 100 m de profundidad (Ulloa *et al.*, 2000).

Respecto al zooplancton correspondiente a copépodos, variados estudios demuestran que presentan una dinámica importante en su distribución vertical en la columna de agua, en respuesta a cambios ambientales y ritmos endógenos (Campbell & Dower. 2008, Heath *et al.* 2000, Hirche 1991). Aunque la profundidad de migración vertical es variable entre especies, se ha determinado que el Género *Calanus* alcanza profundidades de 500 m y hasta 1000 en zonas oceánicas, mientras que sobre la plataforma continental su distribución variaría entre los 0 y los 200 m de profundidad (Harris *et al.* 2005).


Otros grupos zooplanctónicos como las apendicularias (*Oikopleura* por ejemplo), también demuestran posición variable en la columna de agua, distribuyéndose preferentemente en los primeros 100 m de la columna de agua, y cambiando su posición en la dimensión vertical en función de cambios en variables tales como temperatura y salinidad (Choe & Deibel. 2008). En el Pacífico norte se ha encontrado una correlación importante entre la distribución de estas especies y la temperatura óptima. Aunque los máximos de abundancia parecieran estar en función de la concentración de fitoplancton, el estudio de Choe & Deibel (*Op. Cit*) demostró que una gran proporción de la población (cerca al 70%) de las distintas especies de apendicularias estudiadas ocurre en los primeros 100 m de la columna de agua. Ello demuestra una capacidad de ajuste importante en función de eventuales cambios en el medio.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	242
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

El comportamiento activo de las larvas, representado por la migración vertical, es un fenómeno bien definido, que ocurre generalmente durante los estadios de desarrollo temprano en teleósteos (Vuorinen, 1986). En un estudio bianual realizado frente a Chile central (*Bravo in litteris*) se demostró que estados larvales de especies clupeiformes tales como sardina común y española, machuelo y anchoveta se distribuyeron principalmente en los primeros 50 m de profundidad, similar a lo encontrado para especies congénicas en la plataforma continental de California (Ahlstrom, 1959). En cambio especies de gadiformes como larvas de merluza común se ubicaron bajo los 25 m y hasta los 200 m de profundidad. De las variables ambientales consideradas en los análisis multivariados de este estudio, la concentración de clorofila *a* resultó ser la más relevante para la distribución vertical de clupeidos en primavera, mientras que las variables peso del zooplancton y temperatura influyeron en un porcentaje menor en la distribución vertical de las larvas.

De los antecedentes detallados anteriormente se puede desprender que si bien las migraciones del zooplancton en la columna de agua son relevantes, especialmente las del tipo endógeno (migraciones nectimerales), éstas lo son en profundidades que sobrepasan en la mayor parte de las especies, los 50-100 metros de profundidad. Sin embargo, las profundidades en las cuales se ha efectuado el muestreo y que se relacionan con las características del proyecto, no superan en este caso los 39 metros. Lo anterior descarta el efectuar muestreos nocturnos de zooplancton en la columna de agua en estudio, dado por una parte, que la campaña actual *integra* la columna al efectuarse muestreos verticales de zooplancton y, en segundo lugar, las profundidades “aseguran” una distribución relativamente homogénea del zooplancton en la columna de agua, siendo el estudio actual representativo de este tipo de comunidades del área analizada.

Otro aspecto relevante en relación al estudio de las comunidades zooplanctónicas, incluyendo a las ictioplanctónicas, se relaciona con la surgencia costera y con la determinación de si el área es un sector fuente o sumidero de larvas. En primer lugar, claramente el área es una zona de surgencia. Los estudios de vientos permitieron determinar que el área de estudio corresponde a una zona de surgencia, en donde el

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	243
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


proceso de surgencia se presenta casi en forma diaria, con una permanencia media del orden de las 8,20 horas, generalmente en horas de la tarde. Esto explicaría la alta diversidad zooplanctónica del área de estudio y indicaría la probable alta productividad primaria de la zona. Respecto a la determinación de la zona de estudio como sumidero o fuente de larvas, la información recopilada y los resultados de este Informe técnico indicarían que la zona es más bien una fuente de larva y no un sumidero. De hecho, los estudios lagrangianos demuestran que las boyas de deriva se alejan del sitio de lanzamiento, sin registrarse vórtices o flujos circulares a nivel superficial, lo que permite sugerir que no existen **zonas de retención** en el área estudiada.

Finalmente cabe hacer mención que si bien en el costado SW de Punta Cachos se encuentra presente el Área de Manejo de Recursos Bentónicos de Caleta Pajonales, en donde se extraen los recursos Erizo (*Loxechinus albus*), Lapa (*Fissurella* sp.) y Loco (*Concholepas concholepas*), no se hallaron en el plancton representantes de estas especies, lo que podría explicarse como consecuencia de las fechas de muestreo, no coincidentes con la presencia en mayor abundancia de las larvas de estas especie en el plancton.

#### **6.6.5 Bibliografía del Análisis de Comunidades Zooplanctónicas**

**Ahlstrom, E. H.** 1959. Vertical distribution of pelagic fish eggs and larvae off California and Baja California. U.S. Fish Wildl. Serv., Fish. Bull. 60: pp. 107-146.

**Balbontín, F. y R. Bravo.** 1999. Distribución, abundancia y agrupaciones ictioplanctónicas en un área de desove de merluza común entre Papudo y Valparaíso. Revista de Biología Marina 34(2) 233-260.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	244
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Balbontín F. & M. Garretón.** 1977. Desove y primeras fases de desarrollo de la sardina española, *Sardinops sagax musica*, en Valparaíso. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 16, (2): pp. 171-181.

**Bhaud, M., Hoon Cha, J., Duchêne, J.C., Martín, D. & C. Nozais.** 1995. Larval biology and benthic recruitment: New ideas on the role of egg-masses and modelling life-cycle regulation. SCI. MAR., 59 (Supl. 1): 103-117.

**Bernal, P.A. & F.L. Robles & O. Rojas** 1983. Variabilidad física y biológica en la región meridional del sistema de corrientes Chile-Perú. En: G. Sharp & J. Csirke (eds.). Actas de la consulta de expertos para examinar los cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neríticos. San José, Costa Rica. FAO Informes de Pesca (291) Vol. 3: 683-711.


**Boero, F., Bouillon, J., Gravili, C. et al.** 2008. Gelatinous plankton: irregularities rule the world (sometimes). Marine Ecology Progress Series, 356, 299–310.

**Bravo, R.** Distribución vertical del ictioplancton y su relación con las condiciones ambientales en un área de desove de la zona central de Chile. (In litteris)

**Brock, M.** 1975. Circannual rhythms—I. Free-running rhythms in growth and development of the marine cnidarian. *Campanularia flexuosa*. Comp. Biochem. Physiol., 51, 377–383.

**Campbell, R. & J. Dower.** 2008. Depth distribution during the life history of *Neocalanus plumchrus* in the Strait of Georgia. Journal of Plankton Research, Volume 30, Number 1, Pages 7–20.



	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	245
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Capriulo, G., Smith, G., Troy, R. et al.** 2002. The planktonic food web structure of a temperate zone estuary, and its alteration due to eutrophication. *Hydrobiologia*, 475, 263–333.

**Choe, N. & D. Deibel.** 2008. Temporal and vertical distributions of three appendicularian species (Tunicata) in Conception Bay, Newfoundland. *Journal of Plankton Research*, Volume 30, Number 9, pages 969–979.

**Decker, M. B., Brown, C. W., Hood, R. R. et al.** 2007. Predicting the distribution of the Scyphomedusa *Chrysaora quinquecirrha* in Chesapeake Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 329, 99–113.

**Edwards, C.** 1978. The hydroids and medusae *Sarsia occulta* sp nov, *Sarsia tubulosa* and *Sarsia loveni*. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, 58, 291–311.


**Fagetti, E.** 1973. Medusas de aguas chilenas. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaiso, 15(1): 31-75.

**Graf, G.** 1992. Benthic–pelagic coupling: a benthic view. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 30, 149–190.

**Gibbons, M. & E. Buecher.** 2001. Short-term variability in the assemblage of medusae and ctenophores following upwelling events in the southern Benguela ecosystem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 220, 169–177.

**Harris, R, P. Wiebe, J. Lenz et al.** 2005. *ICES Zooplankton Methodology Manual*. Elsevier Academic Press. 684 Pages.

**Heath, M. R., Fraser, J. G., Gislason, A. et al.** 2000. Winter distribution of *Calanus finmarchicus* in the Northeast Atlantic. *ICES J. Mar. Sci.*, 57, 1628–1635.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	246
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Hirche, J.** 1991. Distribution of dominant calanoid copepod species in the Greenland Sea during late fall. *Polar Biol.*, 11, 351–362.

**Mackas, D., R. Thomson, & M. Galbraith.** 2001. Changes in the zooplankton community of the British Columbia continental margin, 1985–1999, and their covariation with oceanographic conditions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 58, 685–702.


**Miglietta, M., M. Rossi; & R. Collin.** 2008. Hydromedusa blooms and upwelling events in the Bay of Panama, Tropical East Pacific. *Journal of Plankton Research*. Volume 30, Number 7. Pages 783–793

**Pagès, F., H. González, M. Ramón, M. Sobarzo & J.M. Gili.** 2001. Gelatinous zooplankton assemblages associated with water masses in the Humboldt Current System, and potential predatory impact by *Bassia bassensis* (Siphonophora: Calyophorae). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 210: 13-24.

**Palma, S.** 1994. Distribución del macroplancton gelatinoso en un área de desove de peces frente a la costa central de Chile (32°-33°S) . *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, 29(1): 23-45.

**Palma, S. & S. Rosales.** 1995. Composición, distribución y abundancia estacional del macroplancton de la bahía de Valparaíso. *Invest. Mar.*, Valparaíso, 23: 49-66.

**Palma, S. & P. Apablaza.** 2004. Abundancia estacional y distribución vertical del zooplancton gelatinoso carnívoro en una área de surgencia en el norte del Sistema de la Corriente de Humboldt. *Invest. Mar*, Valparaiso. 32 (1): 49-70.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	247
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Reeve, M.** 1975. The ecological significance of the zooplankton in the shallow subtropical waters of South Florida. In Cronin, E. (ed.), *Estuarine Research: Chemistry, Biology and the Estuarine System*. Academic, New York, pp. 352–371.


**Robinsont, C; D. Hay; J. Booth and J. Truscott,** 1996. Standard methods for sampling resources and habitats in coastal subtidal regions of British Columbia. Part 2. 115 pp.

**Smith & Richardson.** 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. *FAO Documentos Técnicos de Pesca* 175. 107 pp.

**Ulloa, R., S. Palma, L. Linacre & N. Silva.** 2000. Seasonal changes in the bathymetric distribution of siphonophores, chaetognaths and euphausiids associated to water masses off Valparaíso, Chile (Southeast Pacific). En: J. Farber (ed.). *Oceanography Eastern Pacific*. CICESE, Ensenada, 1: 72-83.

**Vuorinen, I.** 1986. Selective planctivory-effect on vertical migration and life-cycle parameters of zooplancton. *Finnish Marine Research* Nº 253, pp. 3-33

**Werner, B.** 1954. On the development and reproduction of the anthomedusan *Margelopsis haeckeli* Hartlaub. *Trans. NY Acad. Sci.*, 2163, 143–146

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	248
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 7. GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Abundancia:** Definida como el número de ítems (organismos) por unidad de superficie o volumen. En el caso de las comunidades biológicas de fondo marino, se estandariza la abundancia como el número de organismos (individuos) por metro cuadrado ( $ind/m^2$ ).

**Análisis Faunístico:** Análisis que determina la composición del conjunto de los animales de una determinada área. En el presente estudio, concierne a la composición de la fauna correspondiente a las comunidades macrobentónicas submareales.

**Biodiversidad o Diversidad Biológica:** La variabilidad de los organismos vivos, que forman parte de todos los ecosistemas terrestres y acuáticos. Incluye la diversidad dentro de una misma especie, entre especies y entre ecosistemas.


**Biomasa:** Corresponde a la masa (peso) viva de los organismos. En análisis de comunidades macrobentónicas submareales, se expresa como peso seco libre de cenizas ( $g/m^2$ ); esto es, los organismos son mantenidos en alcohol, para luego secarlos a temperatura ambiente (peso 1) y calcinarlos en un horno de mufla a 500 °C por 30 minutos y luego pesarlos (peso 2). La diferencia entre ambos pesos se denomina peso seco libre de cenizas.

**Biota:** Todos los organismos vivos. Contrario a Abiótico.

**Comunidades Bentónicas:** Conjunto de organismos (vegetales y animales) que se encuentran fijos a substratos de los fondos marinos, excavan en el sedimento o dependen de él para su subsistencia.

**Comunidades Intermareales:** Conjunto de organismos que se repite regularmente, cuyo hábitat se encuentra localizado por el área que baña las mareas, es decir, se ubica desde el supralitoral (zona de la costa a donde no llega el agua del mar en los niveles más altos de las mareas) al infralitoral (zona que queda por debajo del nivel inferior de la marea).

**Comunidades Macrobentónicas Submareales:** Conjunto de organismos (vegetales y animales) que se encuentran fijos a substratos de los fondos marinos o dependen de él para su subsistencia, que poseen un tamaño superior a 1.0 mm y que viven bajo el nivel de las mareas.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	249
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Comunidades Submareales:** Conjunto de organismos que se repite regularmente, cuyo hábitat se encuentra localizado bajo el nivel de las mareas.

**Contaminación:** La presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones o concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponde, a las establecidas en la legislación vigente.

**Contaminante:** Todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

**Dinámica del Fondo:** Relativo a los procesos que se producen en las inmediaciones del fondo del mar, que generan movimientos de las aguas y los sedimentos, y su relación con las fuerzas que los generan.

**Diversidad Específica (H')**: Es una característica típica del nivel de la comunidad en la organización biológica de un ecosistema, considerándose como una expresión de la estructura de la comunidad. La diversidad específica relaciona el número de especies de una comunidad y el número de individuos por especies. La sigla H' corresponde al índice de diversidad de Shannon-Wiener, definido como:


$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i, \quad \text{donde:}$$

$p_i = n_i/N$  (siendo  $n_i$  = Número de Individuos de la  $i$ -ésima especie y  $N$  = Número Total de Individuos).

$s$  = Número Total de Especies

Este índice relaciona la teoría cibernética y la ecología. En general, se dice que una comunidad tiene diversidad específica alta si muchas especies presentes son iguales o semejantes en cuanto a su abundancia; por otra parte, cuando la comunidad está compuesta por muy pocas especies, o si únicamente muy pocas especies son abundantes, la diversidad específica es baja.

**Espectrofotometría de Absorción Atómica:** Metodología de cuantificación que utiliza las características de los átomos de los elementos de absorber luz en estado excitado, mediante una llama.

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	250
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Fondos Blandos:** Material que se posa en las profundidades del fondo del mar, de origen detrítico (mecánico), químico y orgánico, que puede ser removido mecánicamente.

**Grupo Taxonómico:** Aquel que se ha dividido de acuerdo a los criterios de clasificación biológica zoológica.

**Índice de Diversidad:** Ver Diversidad Específica (H').

**Macroinfauna Submareal:** Conjunto de organismos (animales) de tamaño mayor a 1 mm, que habitan entre los intersticios de los sedimentos (enterrados en él) y viven bajo el nivel de las mareas.

**Metales Traza o Pesados:** Elementos químicos presenten en bajas concentraciones (trazas de partes por billón, ppb) que reúnen un conjunto de características similares semejantes, entre las que destacan: a) presentan un mismo estado de oxidación (generalmente cationes bivalentes), b) tienen igual distribución electrónica de las capas externas (metales de transición) y c) poseen pesos atómicos comprendidos entre 63.55 a 200.59 g mol<sup>-1</sup>. Los más comunes son el cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn).

**Medio Ambiente:** El sistema global constituido por elementos naturales o artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales o sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.


**Método Tamizado ASTM:** Método a través del cual se separan las partes sutiles de las más gruesas de los sedimentos, haciéndolas pasar a través de mallas ASTM, esto es, aros provistos de telas de diferentes diámetros de abertura de malla.

**Riqueza Específica (S):** Número de especies de un conjunto determinado (estación).

**Sedimentos:** Cada uno de los materiales depositados por sedimentación. Pueden ser de origen detrítico (mecánicos), químicos y orgánicos.

**Sublitoral:** Que está bajo el límite de la orilla del mar.

**Uniformidad Específica (J):** Grado de uniformidad en la distribución de las abundancias relativas entre las especies de una comunidad. La sigla J' corresponde al índice de uniformidad específica de Pielou, definido como:

	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	251
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

$$J' = H'/H'_{max}, \quad \text{donde:}$$

$H'$  = Diversidad Específica de Shannon-Wiener.


$H'_{max} = \log_2 S$

$S$  = Número de Especies.

$$S$$

$$i = 1$$

**Zona Geolitoral:** Hábitat influido principalmente por condiciones aéreo-terrestres aunque esporádicamente recibe la influencia del medio marino a través de salpicaduras en las grandes marejadas o por la llovizna producida por el choque de las olas.

 EcoTECNOS	<b>ESTUDIO LÍNEA BASE MARINA PROYECTO PUERTO CASTILLA IIIª REGIÓN Campaña de Verano</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCH/042009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	252
		Fecha de emisión: 09/04/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

# ***ANEXOS***