

## **INFORME TÉCNICO**

# **"ANÁLISIS DE COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, III REGIÓN" "Sector Isla Cima Cuadrada"**



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



**- FEBRERO 2009 -**

**ANÁLISIS DE COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS**  
**CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA**  
***Sector Isla Cima Cuadrada***

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  
Fonos 56 32 2481851 / 2486271  
Fax 56 32 2399613  
[info@ecotecnos.cl](mailto:info@ecotecnos.cl)

## **Profesionales Responsables**

---

### **EcoTecnos Ltda.**

**Prof. Dr. Humberto Díaz O.**  
Ecología Marina

**Biol. Mar. Ms. Sc. Lorena Morales M.**  
Biología Marina

**Biol. Mar. Juan Vidal F.**  
Biología Marina

Personal Técnico


---

**Patricio Díaz**  
Técnico Muestreador

Laboratorios de Análisis


---

Laboratorio de Fitoplancton, Universidad de Valparaíso  
Laboratorio de Zooplancton, Universidad de Valparaíso

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	4
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>2. CALENDARIO DE ACTIVIDADES DE TERRENO</b>	<b>6</b>
<b>3. ESTUDIOS DE ECOLOGÍA DE COMUNIDADES BIOLÓGICAS</b>	<b>9</b>
<b>3.1 ANÁLISIS DE COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS</b>	<b>9</b>
<b>3.1.1 Protocolo del Análisis de Comunidades Fitoplanctónicas</b>	<b>9</b>
<b>3.1.2 Resultados del Análisis de de Comunidades Fitoplanctónicas</b>	<b>10</b>
<b>3.1.3 Conclusiones del Análisis de Comunidades Fitoplanctónicas</b>	<b>14</b>
<b>3.1.4 Bibliografía del Análisis de Comunidades Fitoplanctónicas</b>	<b>18</b>
<b>3.2 ANÁLISIS DE COMUNIDADES ZOOPLANCTÓNICAS</b>	<b>21</b>
<b>3.2.1 Introducción</b>	<b>21</b>
<b>3.2.2 Protocolo del Análisis de Comunidades Zooplanctónicas</b>	<b>22</b>
<b>3.2.3 Resultados del Análisis de Comunidades Zooplanctónicas</b>	<b>23</b>
<b>3.2.4 Conclusiones del Análisis de Comunidades Zooplanctónicas</b>	<b>37</b>
<b>3.2.5 Bibliografía del Análisis de Comunidades Zooplanctónicas</b>	<b>41</b>
 <b>ANEXO I: Autorización SHOA Ordinario N° 13270/24/70/VRS</b>	 <b>45</b>

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	5
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente Informe Técnico elaborado por **EcoTecnos Ltda.**, corresponde a los estudios de las comunidades planctónicas (fitoplancton y zooplancton), campaña de verano, ubicadas en el área de influencia de las futuras instalaciones de la Central Termoeléctrica Castilla, Punta Cachos, IIIª Región de Atacama. Este estudio se llevó a cabo considerando básicamente la *Guía Metodológica de Revisión Técnica Sectorial de Estudios de Impacto Ambiental en el Medio Ambiente Acuático de Jurisdicción Nacional para Proyectos que Contemplan Descargas de Residuos Líquidos, de Puertos y Terminales Marítimos u Otros*, confeccionada por la Autoridad Marítima; y la bibliografía especializada sobre comunidades planctónicas, nacional e internacional.


El estudio completo, campaña de verano, comprendió la caracterización de las comunidades planctónicas, las que consideraron el análisis de las comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas de los alrededores de

Isla Cima Cuadrada (sector de la futura succión y descarga de la Central).

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

El estudio encargado por Arcadis Geotécnica constó de dos etapas: muestreo *in situ*, y análisis de la información y conclusiones. La primera etapa se desarrolló en el litoral aledaño a las futuras instalaciones de la Central Termoeléctrica Castilla, IIIª Región de Atacama; mientras que la segunda se efectuó 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, adicionando respaldo fotográfico a los estudios efectuados.

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	6
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


## 2. CALENDARIO DE ACTIVIDADES DE TERRENO

A continuación se detalla el calendario de actividades ejecutado en terreno para llevar a cabo los estudios de las comunidades fito y zooplanctónicas en el área de estudio, IIIª Región, que se describen en este Informe:

1. Día 04/02/2009: Viaje al área de estudio y coordinación de las actividades de terreno.
2. Día 05/02/2009: Presentación a la Capitanía de Puerto de Caldera para informar acerca de las actividades de investigación que se realizarían, procediendo al timbraje de la Autorización del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), SHOA Ordinario Nº 13270/24/70/VRS, el cual se adjunta en el **Anexo I**.
3. Día 06/02/2009: Se efectúa la toma de muestras de fitoplancton y zooplancton en los alrededores de I. Cima Cuadrada. Envío de las muestras de fito y zooplancton para su análisis. Fin de las actividades de terreno.

En esta campaña de verano, el estudio de comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas se efectuó en los alrededores de **Isla Cima Cuadrada**, IIIª Región. En los alrededores de I. Cima Cuadrada se obtuvieron muestras en el sector norte (estaciones 1, 3, 5 y 7) y en el sector sur (estaciones 8, 10, 12 y 13). La numeración de las estaciones corresponde a la utilizada en los estudios de línea base que se han efectuado en las áreas de estudio, campaña de invierno y verano. En la **Figura 2.1** se muestra la ubicación específica de las estaciones de los estudios de fito y zooplancton para los alrededores de I. Cima Cuadrada.

Las coordenadas y profundidades de las estaciones muestreadas se detallan en la **Tabla 2.1**.

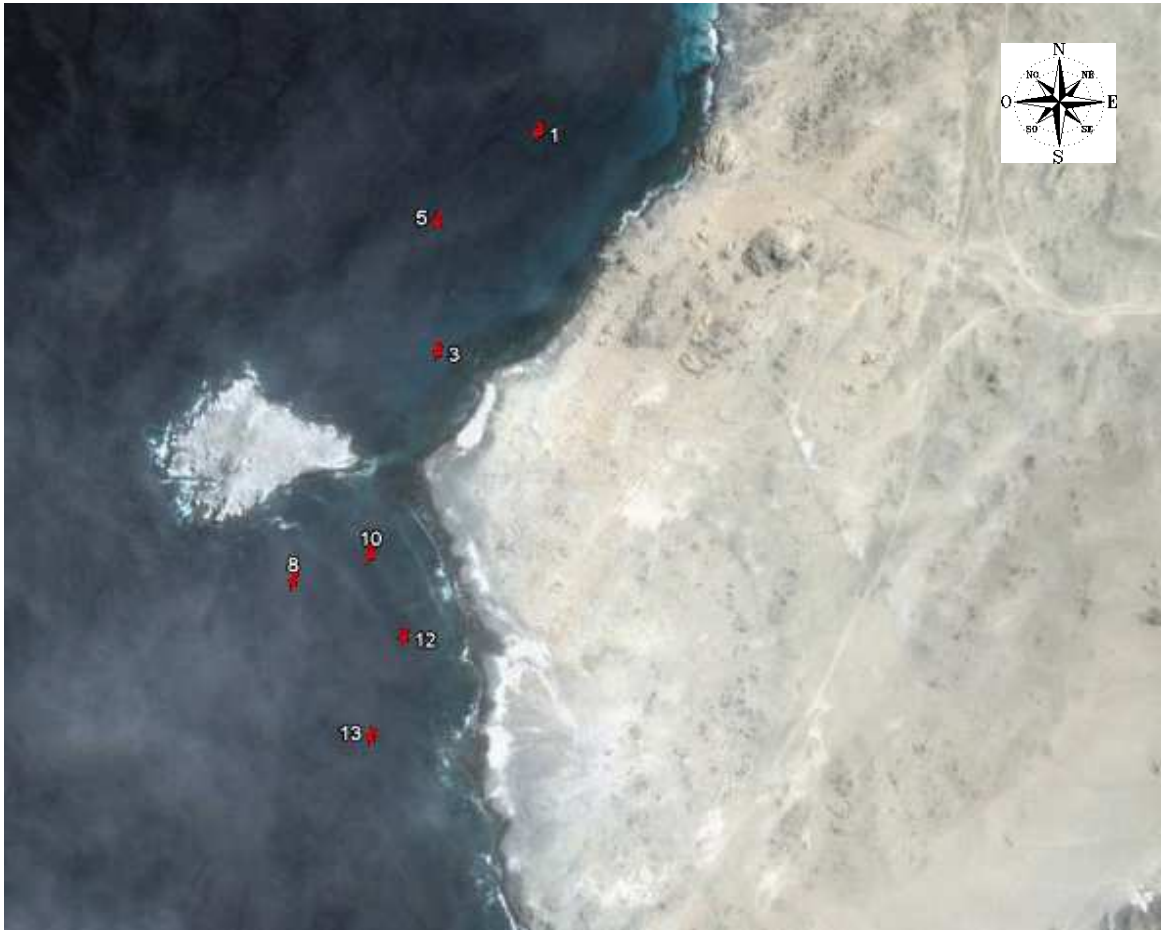
	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	7
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 2.1**

Coordenadas y profundidades de las estaciones de muestreo de comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas. Sector Isla Cima Cuadrada, febrero de 2009.


Estación	Profundidad (metros)	Coordenadas UTM	
		Coordenada Norte	Coordenada Este
<b>Sector Isla Cima Cuadrada</b>			
Estación 1	12	6936339,8	298953,4
Estación 3	12	6935850,0	298500,0
Estación 5	20	6936117,9	298541,2
Estación 8	20	6935173,0	298050,0
Estación 10	12	6935269,0	298350,0
Estación 12	16	6935023,0	298392,0
Estación 13	21	6934794,0	298252,0
Estación 7 (Control)	18	6937312,7	298859,4

- Datum WGS-84.



**Figura 2.1.** Detalle de ubicación de las estaciones de muestreo de comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas. Sector Isla Cima Cuadrada, febrero de 2009.



	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	9
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

### 3. ESTUDIOS DE ECOLOGÍA DE COMUNIDADES BIOLÓGICAS

#### 3.1 ANÁLISIS DE COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS

##### 3.1.1 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). 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 $\mu$  (**Fotografía 3.1.1**). 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



**Fotografía 3.1.1.** Red para toma de muestras de comunidades fitoplanctónicas.

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	10
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

sodio.

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).

### **3.1.2 Resultados del Análisis de Comunidades Fitoplanctónicas**

Las **Tablas 3.1.2.1** y **3.1.2.2** contienen las especies identificadas en el análisis cualitativo y de abundancia relativa (semi-cuantitativo) de los sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada, respectivamente (campana 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 el sector **norte de I. Cima Cuadrada**, de las cuales 5 forman parte del grupo de las diatomeas (Clase Bacillariophyceae), representando el 62 % del total de especies halladas y 3 al grupo de los dinoflagelados (Clase Dinophyceae) (38 % del total de especies). No se hallaron especies de silicoflagelados (Clase Dictyochophyceae). En la **Figura 3.1.2.1** se muestra el detalle gráfico de la composición porcentual del fitoplancton analizado en este sector.

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	11
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

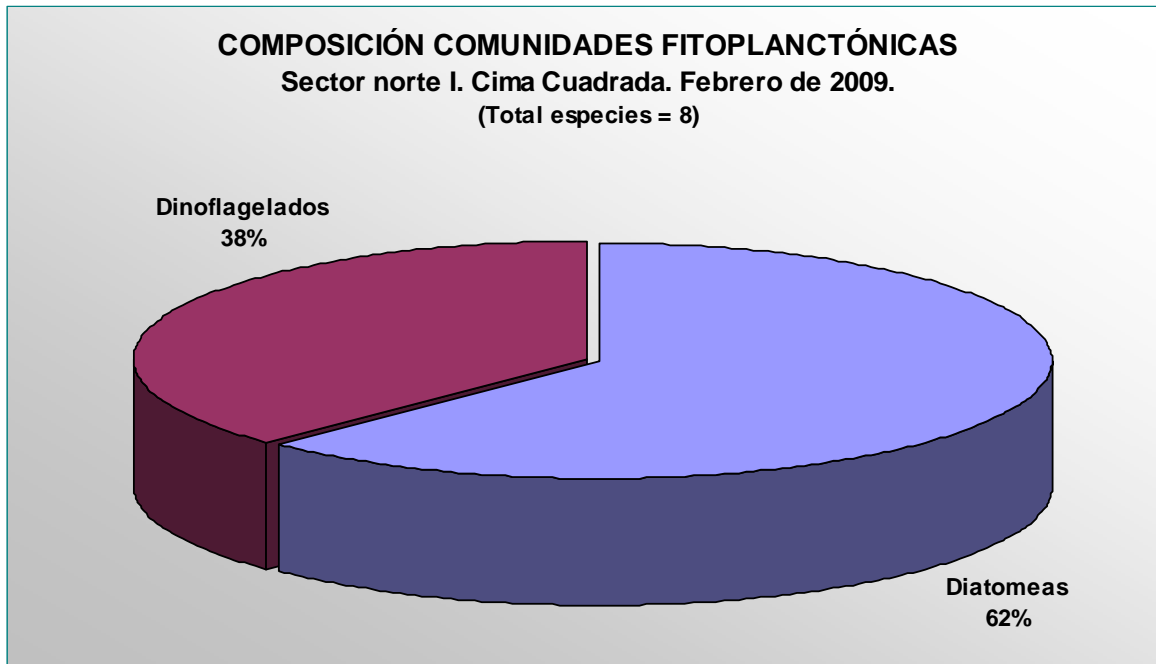
Para el sector **sur de I. Cima Cuadrada** también fue posible registrar un total de **8 taxa de fitoplancteres**, de las cuales 4 forma parte del grupo de las diatomeas, representando el 50% del total de especies halladas y 4 al grupo de los dinoflagelados (50% restante). Tampoco se hallaron especies de silicoflagelados (Clase Dictyochophyceae) en este sector en estudio. En la **Figura 3.1.2.2** se muestra el detalle gráfico de la composición porcentual del fitoplancton analizado al sur de I. Cima Cuadrada.

**Tabla 3.1.2.1**

Especies y abundancia relativa determinada para las muestras de fitoplancton de las estaciones analizadas en el **sector norte** de I. Cima Cuadrada. Febrero de 2009.  
(H: Arrastre Horizontal; V: Arrastre Vertical).

	Estación 1		Estación 3		Estación 5		Control 7	
	H	V	H	V	H	V	H	V
<b>Diatomeas</b>								
<i>Chaetoceros convolutus</i>	-	-	-	-	-	-	E	R
<i>Chaetoceros didymus</i>	-	-	-	-	-	-	R	R
<i>Rhizosolenia imbricata var. minuta</i>	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Skeletonema costatum</i>	R	R	-	-	-	-	-	-
<i>Striatella unipunctata</i>	E	E	R	E	E	E	-	-
<b>Dinoflagelados</b>								
<i>Ceratium furca var. berghii</i>	-	-	-	-	-	-	R	-
<i>Ceratium pentagonum</i>	E	-	-	-	E	R	-	-
<i>Diplopsalis lenticula</i>	R	R	-	R	R	-	R	E

\* Índice de abundancia relativa: M=muy abundante, A=abundante, E=escaso, R=raro.



**Figura 3.1.2.1.** Composición porcentual de los principales grupos taxonómicos del fitoplancton. Sector norte I. Cima Cuadrada, febrero de 2009.

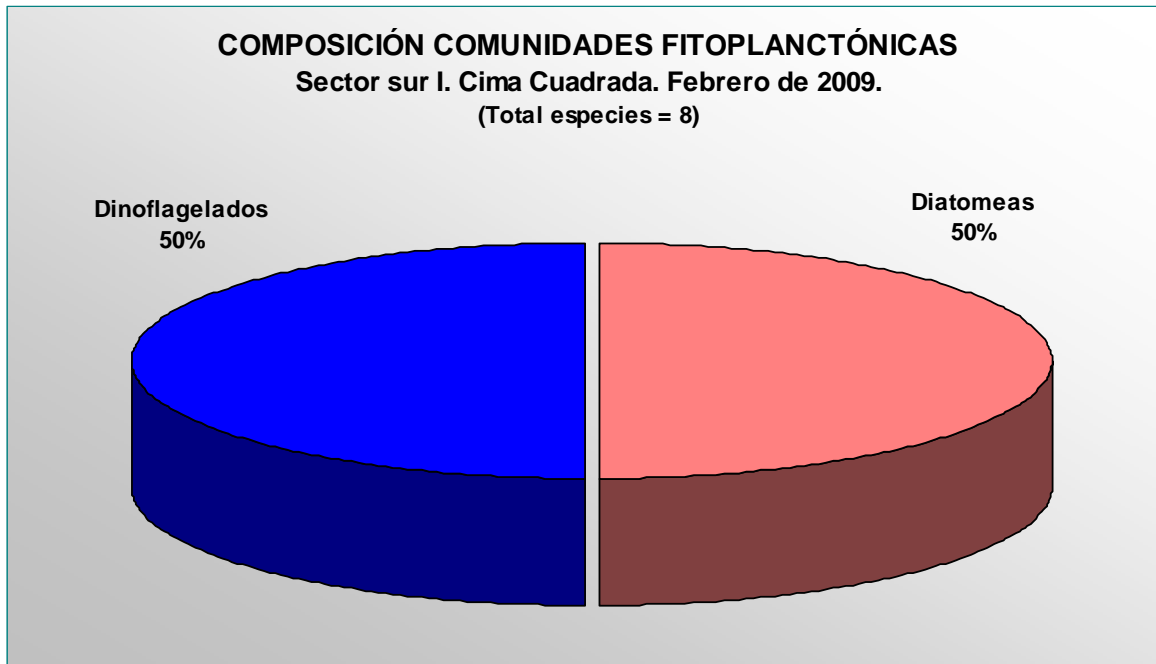
**Tabla 3.1.2.2**

Especies y abundancia relativa determinada para las muestras de fitoplancton de las estaciones analizadas en el **sector sur** de I. Cima Cuadrada. Febrero de 2009.

(H: Arrastre Horizontal; V: Arraste Vertical).

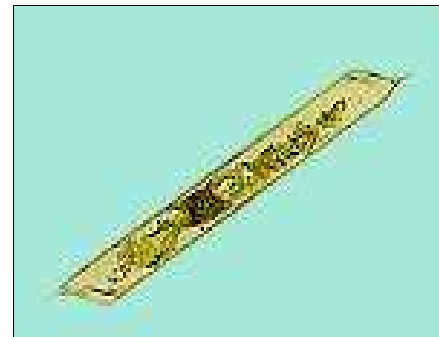
	Estación 8		Estación 10		Estación 12		Estación 13	
	H	V	H	V	H	V	H	V
<b>Diatomeas</b>								
<i>Chaetoceros convolutus</i>	R	R	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia imbricata</i> var. <i>minuta</i>	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Skeletonema costatum</i>	-	-	E	R	R	R	-	-
<i>Striatella unipunctata</i>	E	E	R	R	R	R	R	E
<b>Dinoflagelados</b>								
<i>Ceratium furca</i> var. <i>berghii</i>	R	R	E	R	E	E	-	R
<i>Ceratium pentagonum</i>	R	R	E	E	E	E	E	E
<i>Ceratium tripos</i> f. <i>tripodioides</i>	-	R	E	-	R	R	E	-
<i>Diplopsalis lenticula</i>	E	R	E	E	E	R	R	E

\* Índice de abundancia relativa: M=muy abundante, A=abundante, E=escaso, R=raro.




**Figura 3.1.2.2.** Composición porcentual de los principales grupos taxonómicos del fitoplancton. Sector sur I. Cima Cuadrada, febrero de 2009.

Tanto en el sector norte como sur de I. Cima Cuadrada las comunidades fitoplanctónicas resultaron ser **muy escasas**, con **dominancia de diatomeas** sobre el grupo de los dinoflagelados. La presencia de tripton orgánico y de zooplancton acompañante con dominancia de copépodos, larvas de crustáceos, larvas de bivalvos y apendicularias, sugiere que el fitoplancton se encontraba sometido a un activo pastoreo al momento del muestreo. El predominio de una sola especie de diatomea, *Rhizosolenia imbricata*. var *minuta* (**Fotografía 3.1.2**) unida en largas cadenas de individuos estaría indicando que, además, hubo pastoreo selectivo del microzooplancton herbívoro dominante en las muestras.



**Fotografía 3.1.2.** Detalle de *Rhizosolenia imbricata* var. *minuta*

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	14
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En todas las muestras se observó **muy baja diversidad** de especies, con amplia dominancia de *Rhizosolenia imbricata*. var *minuta*, sobre las otras cuatro especies de diatomeas registradas en los análisis, a saber: *Chaetoceros convolutus*, *C. didymus*, *Skeletonema costatum* y *Striatella unipunctata*.


La distribución cualitativa del fitoplancton fue bastante homogénea con dominancia de la misma especie en todos los sectores, sin apreciarse diferencias entre las estaciones situadas en el sector norte y sur de Isla Cima Cuadrada.

Igualmente, los dinoflagelados fueron muy escasos, dominados por la especie *Diplopsalis lenticula*, presente en todas las estaciones. Se observa una mayor presencia de especies en la zona sur en relación a la zona norte.

### 3.1.3 Conclusiones del Análisis de Comunidades Fitoplanctónicas


Los resultados obtenidos en el estudio de comunidades fitoplanctónicas en esta campaña de verano, indican que tanto en el sector norte como sur de I. Cima Cuadrada, el fitoplancton fue **muy escaso**, con una **muy baja diversidad** y con dominancia de diatomeas sobre los otros grupos que lo conforman. En total, **entre los sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada** fue posible determinar un total de **9 especies** en esta campaña de verano, 5 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 y época en que la situación fue muy diferente respecto a la riqueza de especies. En dicha oportunidad se reconocieron, entre los sectores norte y sur de I. Cima Cuadrada un total de **35 especies**, 29 pertenecientes al grupo de las diatomeas y 6 al de los dinoflagelados. Claramente esta situación resulta inexplicable a primera vista, no obstante dos antecedentes permiten respaldar los resultados de la presente campaña de verano. Por

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	15
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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 3.2 **Estudio de Comunidades Zooplactónicas**, indican que la comunidad zooplactónica de los alrededores de I. Cima Cuadrada 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; Rodríguez *et al.*, 1986, 1991, 1996; Herrera & Labbé, 1990; Herrera & Merino, 1990). Asimismo, pese a que estos estudios indican que la dinámica de la comunidad microfitoplanctónica está controlada por el grupo de las diatomeas y, en segundo lugar, por el 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


	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	16
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

*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).

Se debe destacar que la estructura específica de la comunidad que podríamos denominar como “I. Cima Cuadrada” 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 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 µm (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




	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	17
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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.

Finalmente, los resultados de esta campaña de verano muestran que prácticamente no hubo diferencias entre los muestreos verticales y horizontales, 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.... *“prácticamente toda la columna de agua corresponde a la capa eufótica”*, es decir, es posible hallar las comunidades 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 I. Cima Cuadrada una vez que se encuentre funcionando la Central Termoeléctrica Castilla.

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	18
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

### **3.1.4 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.

**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.

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	19
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**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.

**Hallegraeff, 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, Pacífico 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, 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.

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	20
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**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>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	21
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

## 3.2 ANÁLISIS DE COMUNIDADES ZOOPLACTÓNICAS

### 3.2.1 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>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	22
		Fecha de emisión: 02/03/2009	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).

### **3.2.2 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 Isla Cima Cuadrada, 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 21 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>, considerando que el máximo volumen filtrado por la red no superó los 30 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

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	23
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

realizándose submuestras, lo cual otorga mayor confiabilidad a los resultados obtenidos. 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.

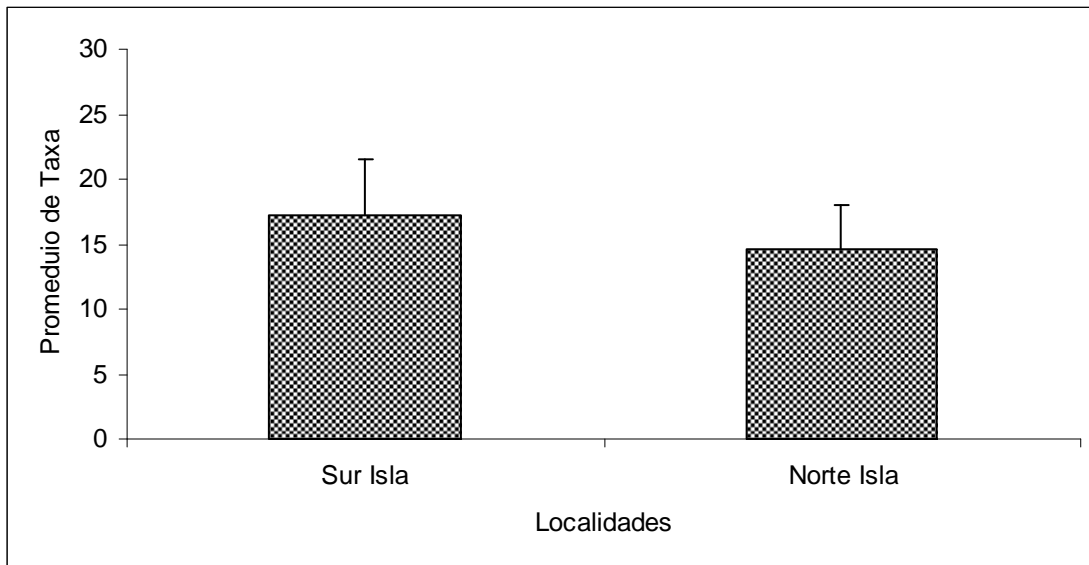
### **3.2.3 Resultados del Análisis de Comunidades Zooplanctónicas**

- **Composición Taxonómica del Zooplancton**

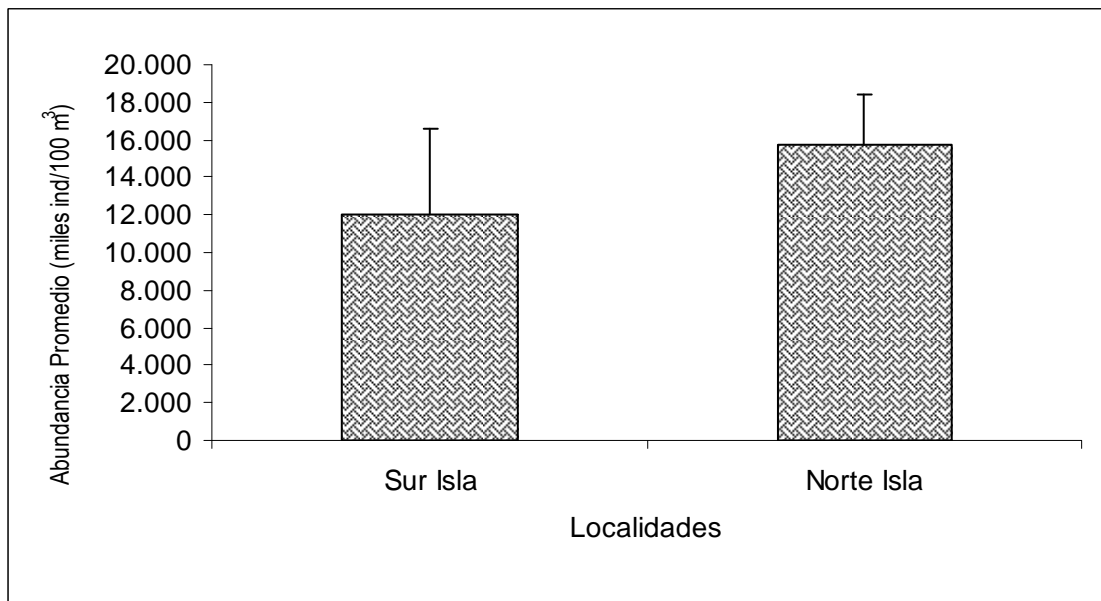
La comunidad zooplanctónica del área costera de Isla Cima Cuadrada reveló una importante productividad biológica considerando la alta abundancia y riqueza específica de organismos planctónicos con roles tróficos y ecológicos distintos tales como filtradores, suspensívoros y depredadores. En total se logró determinar un total de **37 formas taxonómicas diferentes**, de las cuales 27 fueron clasificadas en la categoría de Género o especie, y las restantes en una categoría superior (**Tabla 3.2.3.1**). La comunidad zooplanctónica estudiada en los alrededores de I. Cima Cuadrada presentó niveles altos de abundancia, alcanzando un total de 117.942 ind/100 m<sup>3</sup>.

Al comparar la riqueza específica promedio entre los dos sectores (Sur y Norte de la isla), el sector Sur resultó ser el más importante del punto de vista de este parámetro, con 2 taxa más que el sector denominado Norte de la I. Cima Cuadrada (**Figura 3.2.3.1**).

Sin embargo, al comparar estos mismos sectores en términos de abundancia promedio de organismos, la tendencia es inversa (**Figura 3.2.3.2**). El sector Norte presentó un 23% más de abundancia de organismos zooplanctónicos que el sector Sur.




**Figura 3.2.3.1.** Valores promedio del número de taxa zooplanctónicos y su desviación estándar en los dos sectores de estudio. Febrero de 2009.



**Figura 3.2.3.2.** Valores de abundancia promedio de taxa zooplanctónicos y su desviación estándar en los dos sectores de estudio. Febrero de 2009.




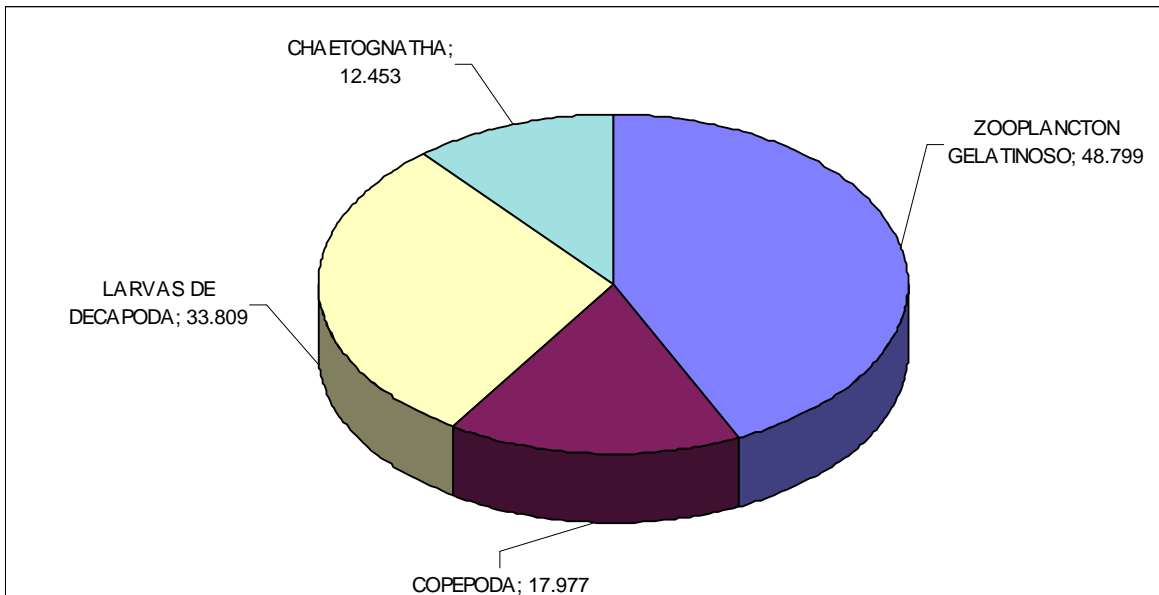
	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	25
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

No obstante, es interesante destacar que la gran abundancia observada en el sector Norte de I. Cima Cuadrada está dada por una sola especie (*Porcellana* sp.), la que alcanzó una abundancia de 25.737 ind/100 m<sup>3</sup>, en una sola estación (Estación 5, sector norte de la I. Cima Cuadrada), dominancia que queda reflejada por la alta desviación estándar, la que supera al promedio para esta especie.

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 41,4% del total (**Figura 3.2.3.3**). Al sumar los quetognatos (10,6%), los depredadores zooplanctónicos superan el 50% del total de organismos estudiados. Destacó por la alta abundancia dentro de los organismos gelatinosos la medusa hidrozoa *Liriope tetraphylla* (30.342 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>) y en tres estaciones del sector Sur de la I. Cima Cuadrada (estaciones 8, 12 y 13), las que en su conjunto sumaron 16.735 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 88%, siendo si embargo la más alta dentro de las hidromedusas.

Dentro de los sifonóforos, las especies más abundantes fueron *Physopora* sp. (7.435 ind/100 m<sup>3</sup>), *Abylopsis tetragona* (4.059 ind/100 m<sup>3</sup>) y *Sphaeronectes gracilis* (1.895 ind/100 m<sup>3</sup>) (**Tabla 3.2.3.1**). A diferencia de lo observado en hidromedusas, la concentración de sifonóforos tuvo abundancias importantes en los dos sectores en estudio, incluida la estación Control. De estos tres sifonóforos, sólo *Abylopsis tetragona* tuvo una frecuencia de ocurrencia o constancia igual al 100%.


	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	26
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	



**Figura 3.2.3.3.** 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 3.2.3.3**), de entre la cuales destacaron las larvas de Decapoda (28,7 % del total) y los copépodos (15,2 %). En los decápodos predominaron las fases larvales zoea por sobre megalopa, en donde la especie *Porcellana* sp. tuvo la mayor abundancia relativa, con un 23,64% del total de organismos, concentrado mayoritariamente en una sola estación (estación 5, norte Isla). La constancia de esta especie alcanzó al 63%, estando ausente de algunas estaciones del sector Sur de I. Cima Cuadrada. La especie *Homalaspis plana* hizo también un aporte importante en la abundancia de larvas de decápodos, llegando a 4.134 ind/100 m<sup>3</sup>, con una frecuencia de ocurrencia del 100% (**Tabla 3.2.3.1**).

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 50% del las estaciones. De estos tres órdenes, los calanoides fueron los

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	27
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

más abundantes, llegando a un total de 15.885 ind/100 m<sup>3</sup>, presentando sus densidades relativamente repartidas en toda el área estudiada


Los organismos depredadores planctónicos del Phylum Chaetognatha, tuvieron una dominancia importante, alcanzando el 10,6% del total, con 12.4538 ind/100 m<sup>3</sup> (**Figura 3.2.3.3**). De las tres especies determinadas, la mayor abundancia relativa correspondió a *Sagitta enflata*, con 11.520 ind/100 m<sup>3</sup>, y con presencia en 100% del área de estudio (**Tabla 3.2.3.1**).

En el grupo de protocordados (apendicularias) los niveles de abundancia fueron moderados, presentando la abundancia relativa más alta la especie *Doliolum* con 793 ind/100 m<sup>3</sup>, y logrando una constancia de 38%.

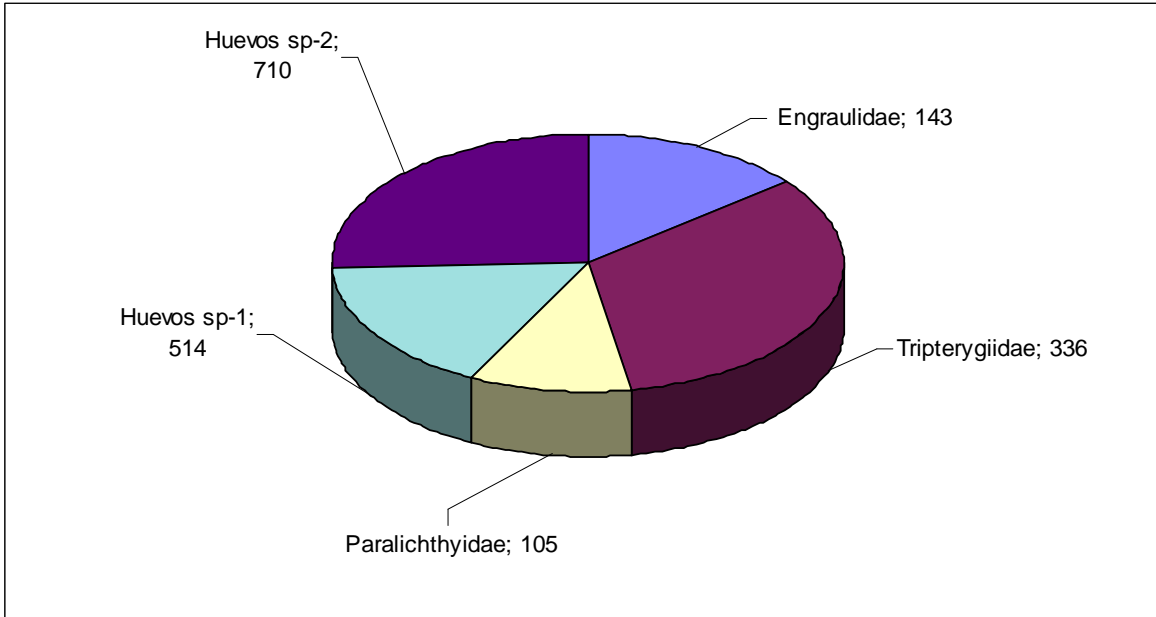
Otros grupos zooplanctónicos con abundancias menores correspondieron a Ctenophora, juveniles de poliquetos, ostrácodos ciprínidos, una especie de anfípodos, larvas cifonautas pertenecientes a *Mebraniphora* de Ectoprocta, larvas pentáculas de pepino de mar (*Athyonidium chilensis*), juveniles de erizos y doliólidos de urocordados (**Tabla 3.2.3.1**).

- **Composición Taxonómica del Ictioplancton**


En este estudio se determinaron organismos ictioplanctónicos pertenecientes a tres familias (Engraulidae, Tripterygiidae y Paralichthyidae. Adicionalmente, se capturaron huevos de Osteictios con dos morfotipos diferentes (Huevos sp-1 y Huevos sp-2) (**Figura 3.2.3.4**). En general las abundancias fueron relativamente bajas en los taxa identificados, siendo el mayor valor el correspondiente a *Tripterygion chilensis* con 336 huevos/100 m<sup>3</sup> para el área de estudio, mientras que el valor relativo más bajo correspondió a huevos de *Paralichthys microps* con 105 larvas/100 m<sup>3</sup>, presente sólo en la estación 1º del sector Sur de la isla. Las larvas de anchoveta *Engraulis ringens* presentaron baja frecuencia de

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	28
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

ocurrencia (13%), encontrándose sólo en la estación 12 del sector sur de Isla Cima Cuadrada (**Tabla 3.2.3.1**).




**Figura 3.2.3.4.** 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>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	29
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 3.2.3.1**


Especies y abundancia para las muestras de zooplancton de las estaciones analizadas. Alrededores de I. Cima Cuadrada, febrero de 2009.

Sector Norte Isla Cima Cuadrada y Estación Control				
	ESTACIONES			
	1	3	5	Control (7)
	ABUNDANCIA (100 m <sup>3</sup> )			
<b>Coelenterata</b>				
<b>Hidrozoa</b>				
Hydroida (medusas)				
<i>Colobonema sericeum</i>				
<i>Cunina peregrina</i>				400
<i>Halitrephes maasi</i>				
<i>Liriope tetraphylla</i>		125	2895	9850
<i>Obelia</i> sp.		208		
Siphonophora				
<i>Abylopsis tetragona</i>	95	167	158	1600
<i>Muggiaea atlantica</i>				100
<i>Sphaeronectes gracilis</i>			211	550
<i>Physophora</i> sp.	143	417	1474	1150
<b>Ctenophora</b>				
Atentaculata				1050
<b>Arthropoda</b>				
<b>Crustacea</b>				
<b>Ostracoda</b>				
Cypridiniformes			53	
<b>Copepoda</b>				
Calanoida	810	1583	1474	3900
Ciclopoida		42		150
Harpacticoida	48	125	211	400
<b>Decapoda</b>				
<i>Acanthocycclus gayi</i> (zoea)			316	
<i>Emerita analoga</i> (zoea)				
<i>Heterocarpus reedi</i> (zoea)		83	53	100
<i>Homalaspis plana</i> (megalopa)		125		
<i>Homalaspis plana</i> (zoea)	381	2583	421	150
<i>Pagurus</i> sp.				50
<i>Porcellana</i> sp. (megalopa)				200
<i>Porcellana</i> sp. (zoea)	190	1125	25737	500
<b>Ectoprocta o Bryozoa</b>				
<i>Membranipohra</i> (larva cifonauta)	95	250		

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	30
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


**Tabla 3.2.3.1 (continuación).**

<b>Sector Norte Isla Cima Cuadrada y Estación Control</b>				
	<b>ESTACIONES</b>			
	1	3	5	Control (7)
	<b>ABUNDANCIA (100 m<sup>3</sup>)</b>			
<b>Chaetognatha</b>				
<i>Sagitta bierii</i>			158	
<i>Sagitta elegans</i>			263	
<i>Sagitta enflata</i>	190	917	2316	1700
<b>Equinodermata</b>				
Echinoidea (erizo juvenil)		917		
<b>Chordata</b>				
<b>Urochordata</b>				
Larvacea				
<i>Oikopleura albicans</i>		83		
<i>Oikopleura gracilis</i>	143	250	53	
Thaliacea				
Doliolum				550
<b>Vertebrata</b>				
Osteichthyes				
Tripterygiidae				
<i>Tripterygion chilensis</i> (larvas)		125	211	
Huevos Osteictios sp-1		42		
Huevos Osteictios sp-2			6	
<b>Nº Taxa</b>	9	18	17	17
<b>Σ Individuos/m<sup>3</sup></b>	2.095	9.167	36.006	22.400

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	31
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 3.2.3.1 (continuación).**


<b>Sector Sur Isla Cima Cuadrada</b>				
	<b>ESTACIONES</b>			
	8	10	12	13
	<b>ABUNDANCIA (100 m<sup>3</sup>)</b>			
<b>Coelenterata</b>				
<b>Hidrozoa</b>				
Hydroida (medusas)				
<i>Aglaura hemistoma</i>			48	
<i>Cunina peregrina</i>	56	53	95	682
<i>Liriope tetraphylla</i>	6722	737	5286	4727
<i>Phialella quadrata</i>	333			
<i>Sarsia eximia</i>	56			
<i>Obelia</i> sp.	1222		143	
Siphonophora				
<i>Abylopsis tetragona</i>	222	105	667	1045
<i>Muggiaea atlantica</i>			238	273
<i>Sphaeronectes gracilis</i>		211	333	591
Physophoridae				
<i>Physophora</i> sp.	667	421	1619	1545
<b>Ctenophora</b>				
Atentaculata	111			
<b>Annelida</b>				
Polichaeta (juvenil)				
Aciculata		158		
<b>Arthropoda</b>				
<b>Crustacea</b>				
<b>Copepoda</b>				
Calanoida	1760	1474	2748	2136
Ciclopoida			95	136
Harpacticoida	167	211	190	318
<b>Amphipoda</b>				
Hiperidea		105	48	
<b>Decapoda</b>				
<i>Acanthocycclus gayi</i> (zoea)	389			
<i>Heterocarpus reedi</i> (zoea)		158		
<i>Homalaspis plana</i> (zoea)	167	105	190	136
<i>Porcellana</i> sp. (megalopa)		316		
<i>Porcellana</i> sp. (zoea)	333			

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	32
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 3.2.3.1 (continuación).**


<b>Sector Sur Isla Cima Cuadrada</b>				
	<b>ESTACIONES</b>			
	8	10	12	13
	<b>ABUNDANCIA (100 m<sup>3</sup>)</b>			
<b>Ectoprocta o Bryozoa</b>				
<i>Membranipohra</i> (larva cifonauta)	222			
<b>Chaetognatha</b>				
<i>Sagitta elegans</i>	111	211	190	
<i>Sagitta enflata</i>	1611	3368	1190	227
<b>Chordata</b>				
<b>Urochordata</b>				
Larvacea				
<i>Oikopleura albicans</i>		158	48	318
<i>Oikopleura gracilis</i>		105		91
Thaliacea				
Doliolum		53	190	
<b>Vertebrata</b>				
Osteichthyes				
Engraulidae		158		
Tripterygiidae	1760	1474	2748	2136
<i>Tripterygion chilensis</i> (larvas)			95	136
Huevos Osteictios sp-1	167	211	190	318
<b>Nº Taxa</b>	16	20	20	13
<b>Σ Individuos/m<sup>3</sup></b>	14.149	8.264	13.634	12.227



	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	33
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 3.2.3.1 (continuación).**

<b>Totales Área de Estudio</b>			
	<b>Total Área</b>	<b>Dominancia (%)</b>	<b>Constancia (%)</b>
<b>Coelenterata</b>			
<b>Hidrozoa</b>			
Hydroida (medusas)			
<i>Aglaura hemistoma</i>	<b>48</b>	0,04	13
<i>Cunina peregrina</i>	<b>1285</b>	1,09	13
<i>Liriope tetraphylla</i>	<b>30342</b>	25,73	13
<i>Phialella quadrata</i>	<b>333</b>	0,28	13
<i>Sarsia eximia</i>	<b>56</b>	0,05	13
<i>Obelia</i> sp.	<b>1573</b>	1,33	13
Siphonophora			
<i>Abylopsis tetragona</i>	<b>4059</b>	3,44	13
<i>Muggiaea atlantica</i>	<b>611</b>	0,52	13
<i>Sphaeronectes gracilis</i>	<b>1895</b>	1,61	13
Physophoridae			
<i>Physophora</i> sp.	<b>7435</b>	6,30	100
<b>Ctenophora</b>			
Atentaculata	<b>1161</b>	0,98	25
<b>Annelida</b>			
Polichaeta (juvenil)			
Aciculata	<b>158</b>	0,13	13
<b>Arthropoda</b>			
<b>Crustacea</b>			
<b>Ostracoda</b>			
Cypridiniformes	<b>53</b>	0,04	13
<b>Copepoda</b>			
Calanoida	<b>15885</b>	13,47	100
Ciclopoida	<b>423</b>	0,36	50
Harpacticoida	<b>1669</b>	1,42	100
<b>Amphipoda</b>			
Hiperidea	<b>153</b>	0,13	25
<b>Decapoda</b>			
<i>Acanthocyclus gayi</i> (zoea)	<b>705</b>	0,60	25
<i>Heterocarpus reedi</i> (zoea)	<b>394</b>	0,33	50
<i>Homalaspis plana</i> (megalopa)	<b>125</b>	0,11	13
<i>Homalaspis plana</i> (zoea)	<b>4134</b>	3,51	100
<i>Pagurus</i> sp.	<b>50</b>	0,04	13
<i>Porcellana</i> sp. (megalopa)	<b>516</b>	0,44	25
<i>Porcellana</i> sp. (zoea)	<b>27886</b>	23,64	63


	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	34
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**Tabla 3.2.3.1** (continuación).

<b>Totales Área de Estudio</b>			
	<b>Total Área</b>	<b>Dominancia (%)</b>	<b>Constancia (%)</b>
<b>Ectoprocta o Bryozoa</b>			
<i>Membranipohra</i> (larva cifonauta)	<b>567</b>	0,48	38
<b>Chaetognatha</b>			
<i>Sagitta bierii</i>	<b>158</b>	0,13	13
<i>Sagitta elegans</i>	<b>775</b>	0,66	50
<i>Sagitta enflata</i>	<b>11520</b>	9,77	100
<b>Equinodermata</b>			
Echinoidea (erizo juvenil)	<b>917</b>	0,78	13
<b>Chordata</b>			
<b>Urochordata</b>			
Larvacea			
<i>Oikopleura albicans</i>	<b>607</b>	0,51	50
<i>Oikopleura gracilis</i>	<b>642</b>	0,54	63
Thaliacea			
Doliolum	<b>793</b>	0,67	38
<b>Vertebrata</b>			
Osteichthyes			
Engraulidae			
<i>Engraulis ringens</i> (larvas)	<b>143</b>	0,12	13
Paralichthyidae			
<i>Paralichthys microps</i> (huevos)	<b>105</b>	0,09	13
Tripterygiidae			
<i>Tripterygion chilensis</i> (larvas)	<b>336</b>	0,28	25
Huevos Osteictios sp-1	<b>172</b>	0,15	38
Huevos Osteictios sp-2	<b>259</b>	0,22	38
<b>Σ Individuos/100 m<sup>3</sup></b>	<b>117.942</b>		

- **Índices Ecológicos de la Estructura Comunitaria Zooplanctónica**

La **Tabla 3.2.3.2** 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 el sector de Sur de Isla Cima Cuadrada, con un valor mínimo de 13 taxa (estación 13) y un máximo de 20 taxa (estaciones 10 y 12). Con una riqueza específica menor se presentó el sector Norte de I. Cima Cuadrada, oscilando entre los 9 y 18 taxa. La

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	35
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

abundancia presentó un patrón opuesto, en donde este último sector (Norte I. Cima Cuadrada) reunió la mayor abundancia por estación de toda el área (estación 5).

La alta desproporción observada entre la abundancia por especie y número de taxa en el sector Norte incidió que obtuviera el valor relativo más bajo de diversidad específica ( $H'$ ) en promedio, llegando en la estación 5 sólo a 0,512 bit/ind de diversidad. Esto produjo que la uniformidad en esta estación fuese la más baja de toda el área (0,416). No obstante, también se observó en el sector Norte la mayor diversidad específica con un valor de 0,974 bit/ind de diversidad en la estación 3.


La estación control presentó valores intermedios en los parámetros de diversidad y uniformidad, similares al promedio obtenido en el sector Norte de I. Cima Cuadrada.

**Tabla 3.2.3.2**

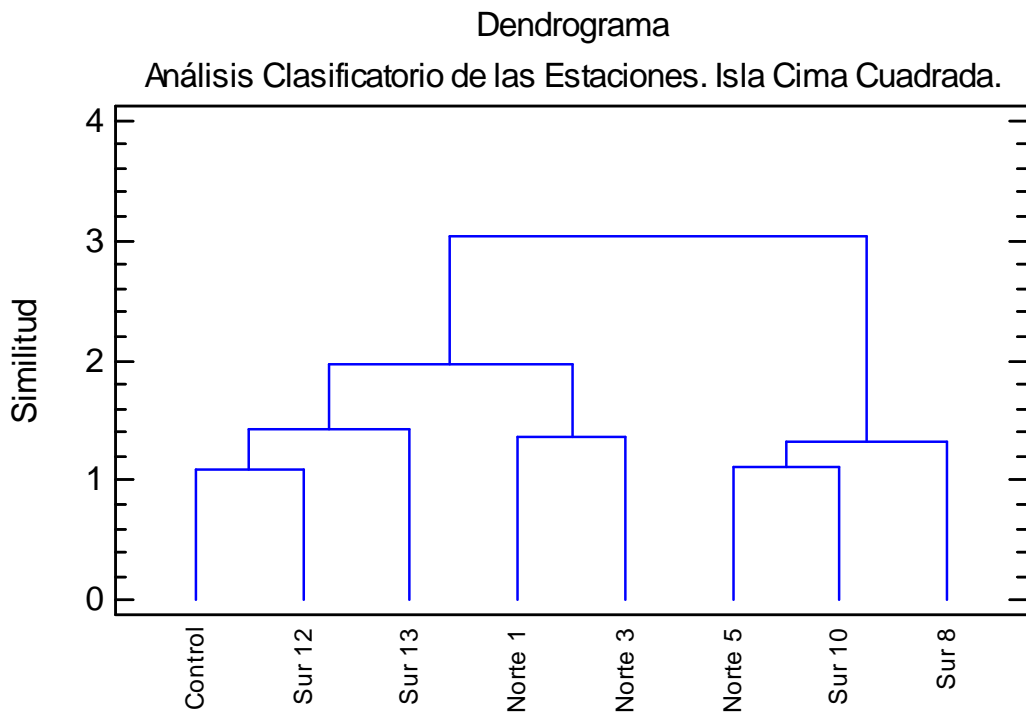
Índices ecológicos de la estructura comunitaria zooplanctónica de los alrededores de I. Cima Cuadrada. Febrero de 2009.

Estación	N	S	$H'$ (Log 10)	$J'$
<b>Sector Norte I. Cima Cuadrada</b>				
Estación 1	2.095	9	0,802	0,840
Estación 3	9.167	18	0,974	0,776
Estación 5	36.006	17	0,512	0,416
<b>Sector Sur I. Cima Cuadrada</b>				
Estación 8	14.149	16	0,799	0,664
Estación 10	8.284	20	0,922	0,708
Estación 12	13.634	20	0,857	0,670
Estación 13	12.227	13	0,842	0,755
<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.

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	36
		Fecha de emisión: 02/03/2009	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 3.2.3.5**). No obstante, considerando un corte de 60% de similitud, quedan agrupadas prácticamente todas las estaciones en un solo gran grupo, lo que da cuenta de la similitud en la estructura comunitaria de las comunidades analizadas.



**Figura 3.2.3.5.** 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 I. Cima Cuadrada. Febrero de 2009.

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	37
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

### 3.2.4 *Discusión y Conclusiones del Análisis de Comunidades Zooplanctónicas*

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* [Fotografía 3.2.4] y *Obelia* sp.) y dos sifonóforos (*Physophora* sp. y *Abylopsis tetragona*). 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).




**Fotografía 3.1.4.** Detalle de la hidromedusa *Liriope tetraphylla*.

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.

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 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

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	38
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	


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 (sector sur de I. Cima Cuadrada 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 (*Porcellana* sp.). La disponibilidad de hábitat, más bien escaso que amplio en esta área (estación 5 del sector Norte de I. Cima Cuadrada y estación Control) sugieren 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.

Los resultados antes expuestos explicarían la baja diversidad y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas, y da cuenta de la importancia de contar con estudios estacionales que permitan evaluar las oscilaciones de estas comunidades a lo largo del año.


Finalmente, 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).

 EcoTecnos	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	39
		Fecha de emisión: 02/03/2009	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>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	40
		Fecha de emisión: 02/03/2009	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 20 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.




	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	41
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

### 3.2.5 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.
- 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)

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	42
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- 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.
- 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.

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	43
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

**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.


**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: Calycophorae). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 210: 13-24.

**Palma, S.** 1994. Distribución del macroplankton 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.

	<b>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	44
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- Palma, S. & S. Rosales.** 1995. Composición, distribución y abundancia estacional del macroplankton de la bahía de Valparaíso. *Invest. Mar.*, Valparaíso, 23: 49-66.
- Palma, S. & P. Apablaza.** 2004. Abundancia estacional y distribución vertical del zooplankton gelatinoso carnívoro en una área de surgencia en el norte del Sistema de la Corriente de Humboldt. *Invest. Mar*, Valparaiso. 32 (1): 49-70.
- 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 zooplankton. *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>ANÁLISIS COMUNIDADES FITO Y ZOOPLANCTÓNICAS, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, IIIª REGIÓN</b>	Nº DOCUMENTO INF-PCHI/022009	EDICIÓN / REVISIÓN 3/2	45
		Fecha de emisión: 02/03/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

# ANEXO I



ARMADA DE CHILE  
SERVICIO HIDROGRÁFICO  
Y OCEANOGRÁFICO

SHOA ORDINARIO N° 13270/24/ 72 / VRS

AUTORIZA A LA EMPRESA ECOTECNOS LTDA. PARA REALIZAR ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA MARINA EN LA III REGIÓN.

VALPARAÍSO, 30 ENE 2009

VISTO: lo solicitado por la Empresa ECOTECNOS LTDA., mediante correo electrónico de fecha 29 de enero de 2009; lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 192, de fecha 6 de marzo de 1969, modificado por Decreto Supremo N° 784, de fecha 14 de agosto de 1985, y las atribuciones que me confiere el Decreto Supremo N° 711, de fecha 22 de agosto de 1975, "Reglamento de Control de las Investigaciones Científicas y Tecnológicas Marinas efectuadas en la Zona Marítima de Jurisdicción Nacional",

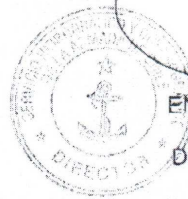
RESUELVO:

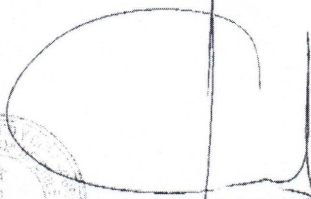
- 1.- AUTORIZÁSE a la Empresa ECOTECNOS LTDA. la que, tal como se indica en el primer documento señalado en VISTO, tiene como mandante a la Empresa ARCADIS GEOTÉCNICA, para que realice actividades de investigación tecnológica marina en el sector de punta Cachos, bahía Salado (III Región – Carta Náutica SHOA N° 3000), consistentes en mediciones de corrientes (métodos eulerianos y lagrangianos), vientos, parámetros físico-químicos de la columna de agua, penetración de la luz, pH, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, dispersión con rodamina y toma de muestras de sedimentos, organismos bentónicos, fitoplanctónicos y zooplanctónicos, las cuales se realizarán a contar de esta fecha y hasta el 30 de marzo de 2009.
- 2.- DECLÁRASE:
  - a.- De acuerdo a la información proporcionada por la empresa citada en VISTO, este trabajo no requiere de inspección en terreno, ni de revisión de los antecedentes finales del estudio por parte del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), en razón al carácter exploratorio de ellos. Por ende, este estudio se considerará sin valor oceanográfico.
  - b.- El Jefe de Terreno de la Empresa ECOTECNOS LTDA., Sr. Humberto DÍAZ Oviedo, deberá informar a la Capitanía de Puerto de Caldera acerca de la realización de las actividades de investigación, como la posición en que se instalarán los instrumentos oceanográficos y, una vez fondeados, la posición geográfica definitiva y las características de señalización de los equipos instalados. Asimismo, se deberá informar oportunamente a la Autoridad Marítima el retiro del instrumental.
  - c.- Conforme a lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 711, anteriormente mencionado, al término del estudio el Representante Legal de la Empresa ECOTECNOS LTDA., Sr. Humberto DÍAZ Oviedo, deberá remitir al SHOA, una copia de los datos (en medio digital) y un informe escrito de los resultados obtenidos, en un plazo no mayor de 6 meses.



SHOA ORDINARIO N° 13270/24/ 701 VRS  
DE FECHA, 30 ENE 2009

- d.- Para el cumplimiento de lo anterior, considerar que previo al inicio de los trabajos, los ejecutores deberán concurrir a la Capitanía de Puerto de Caldera, para coordinar las actividades y requerir información respecto de las medidas de seguridad que se deben adoptar durante las operaciones de navegación y buceo en la mar.
  - e.- El Capitán de Puerto de Caldera tendrá la facultad de no autorizar la extracción de muestras de sedimentos y organismos bentónicos, si el área de estudio estuviere sometida a un régimen de concesión marítima de acuicultura u otra destinación ya otorgada, bajo la responsabilidad de un concesionario diferente al mandante señalado en el numeral 1 de la presente Resolución.
  - f.- Lo expuesto y dispuesto en los considerandos anteriores, no podrá bajo ningún pretexto perjudicar o amenazar los derechos de terceros, válidamente constituidos en el área de estudio.
- 3.- ANÓTESE y comuníquese a quienes corresponda, para su conocimiento y cumplimiento.



  
ENRIQUE SILVA VILLAGRA  
CAPITÁN DE CORBETA  
DIRECTOR SUBROGANTE

