

INFORME TÉCNICO

"ESTUDIO COMPLEMENTARIO COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA, CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, III REGIÓN"



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



- AGOSTO DE 2009 -

**ESTUDIO COMPLEMENTARIO COLUMNA DE AGUA MARINA Y
PLAYA, PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA**

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) 2481851/2399613

www.ecotecnos.cl

info@ecotecnos.cl

Profesionales Responsables

EcoTecnos Ltda.

Prof. Dr. Humberto Díaz O.

Gestión y Ordenamiento Ambiental Costero

Prof. Dr. Patricio Araneda H.

Química Marina

Ms. Biólogo Marina Lorena Morales M.

Biología Marina

Oceanog. Ricardo Rubio

Oceanografía

Personal Técnico

Patricio Díaz

Técnico Muestreador

Laboratorios de Análisis

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

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	4
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	5
2. CALENDARIO DE ACTIVIDADES	6
3. ESTUDIO COMPLEMENTARIO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA COLUMNA DE AGUA MARINA	10
3.1 PROTOCOLO DE MUESTREO Y ANÁLISIS	10
3.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO COMPLEMENTARIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA	12
3.3 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO COMPLEMENTARIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA	31
3.4 BIBLIOGRAFÍA CITADA Y CONSULTADA DEL ESTUDIO COMPLEMENTARIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA	33
 ANEXOS	 36
 ANEXO I: CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA	
ANEXO II: CERTIFICADOS DE LABORATORIO	

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	5
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

1. INTRODUCCIÓN

El presente Informe Técnico elaborado por **EcoTecnos Ltda.**, corresponde a la campaña de estudios complementarios de columna de agua y aguas de playa de las inmediaciones de las futuras instalaciones de la Central Termoeléctrica Castilla, Punta Cachos, ubicada en la IIIª Región. Este estudio se llevó a cabo considerando básicamente la *Guía Metodológica de Revisión Técnica Sectorial de Estudios de Impacto Ambiental en el Medio Ambiente Acuático de Jurisdicción Nacional para Proyectos que Contemplan Descargas de Residuos Líquidos, de Puertos y Terminales Marítimos u Otros*, confeccionada por la Autoridad Marítima; junto con la normativa actual vigente y literatura complementaria.

El estudio comprendió la caracterización físico-química de la columna de agua y aguas de playa (orilla litoral), tanto para las estaciones ya existentes en las inmediaciones de Isla Cima Cuadrada, como para tres nuevas estaciones

adicionadas en esta campaña complementaria.

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

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

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

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	6
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

2. CALENDARIO DE ACTIVIDADES

A continuación se detalla el calendario de actividades ejecutado para llevar a cabo el estudio complementario de columna de agua y aguas de playa que se describe en este capítulo:

1. Día 15/07/2009: Viaje al área de estudio y coordinación de las actividades de terreno. 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 N° 13270/24/369/VRS, el cual se adjunta en el **Anexo I**.
2. Día 16/07/2009: Se efectúa la toma de muestras de columna de agua y aguas de playa de la I. Cima Cuadrada. Envío de muestras al laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Valparaíso. Fin de las actividades en terreno

La ubicación de las estaciones se detalla en las **Figura 2.1.1** y **2.1.2**. Las coordenadas de las estaciones se detallan en el **Tabla 2.1**. Cabe señalar que para esta campaña se utilizaron las estaciones ya seleccionadas en los estudios de línea base, campañas de invierno y verano, adicionando, a solicitud de la Gobernación Marítima de Caldera y el Servicio Nacional de Pesca, una estación Control localizada al Sur de I. Cima Cuadrada. Asimismo, se adicionó un par de estaciones, las cuales fueron localizadas en la punta de la futura Captación de aguas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica Castilla y en las inmediaciones de la futura Descarga de la Central.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	7
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 2.1

Coordenadas y profundidades de las estaciones de muestreo de columna de agua y aguas de playa. Punta Cachos, julio de 2009.

Estación	Coordenadas UTM	
	Coordenada Norte	Coordenada Este
Estación 1	6936339,8	298953,4
Estación 2	6936010,2	298729,7
Estación 3	6935850,0	298500,0
Estación 4	6936427,5	298809,0
Estación 5	6936117,9	298541,2
Estación 6	6936000,0	298350,0
Estación 7	6937312,7	298859,4
Descarga	6935018,0	298371,0
Captación	6935973,0	298355,0
Control (nueva)	6933466,0	298142,0

- Datum WGS-84.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	8
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	



Figura 2.1.1. Detalle de ubicación de las estaciones 1 a 7, seleccionadas de los estudios de línea base campañas de invierno y verano. Punta Cachos, julio de 2009.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	9
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	



Figura 2.1.2. Detalle de ubicación de las estaciones adicionales de este estudio complementario en la futura Captación (en rojo) y Descarga (en amarillo) de la Central y la nueva estación Control. Punta Cachos, julio de 2009.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	10
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

3.1 PROTOCOLO DE MUESTREO Y ANÁLISIS

El día 16 de julio de 2009 se llevó a cabo la toma de muestras de la columna de agua marina y de muestras de agua de playa en las inmediaciones de la futura Central Termoeléctrica Castilla, en los alrededores de la Isla Cima Cuadrada. Para ello se consideraron las siete estaciones establecidas en el Estudio de Línea Base Marina para el sector de I. Cima Cuadrada, donde se analizaron los parámetros complementarios adicionales que se detallan en la **Tabla 3.1.1**. A su vez, se adicionaron tres nuevas estaciones, las cuales corresponden a una nueva estación Control, una estación en el área de Captación de agua para la Central y otra en el sector de Descarga del agua de enfriamiento de la misma (**Figura 2.1**). En ellas se analizaron todos los parámetros contemplados en el ELB (**Tabla 3.1.1**) más los parámetros adicionales de esta presente campaña. En ambos casos las muestras de agua fueron obtenidas en subsuperficie (0,5 metros) y a un metro del fondo. La nueva estación Control fue fijada al sur de I. Cima Cuadrada, siendo considerada como nueva estación de referencia. En tanto, las muestras de playa fueron obtenidas en tres estaciones, ubicadas en el litoral adyacente al área del proyecto (**Figura 2.1**). Al igual que en las campañas realizadas para los ELB, las muestras de columna de agua fueron tomadas a bordo de una embarcación menor, haciendo uso de botellas Niskin, mientras que las de playa fueron obtenidas directamente desde la orilla de la costa a los envases.

Cada muestra fue trasvasada a sus respectivos envases (vidrio y polietileno) de acuerdo a las características de los parámetros a monitorear, 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 (en el caso de ser necesario) fueron enviadas al laboratorio de

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	11
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Química Ambiental de la Universidad de Valparaíso en donde se efectuó su análisis. Los parámetros analizados en cada muestra y las metodologías se detallan en la **Tabla 3.1.1**.

Tabla 3.1.1

Parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados en la columna de agua y en las muestras de playa y metodologías aplicadas en cada uno de ellos.
Isla Cima Cuadrada, Punta Cachos. Julio de 2009.

Parámetro	Método Analítico	Límite de Detección
Parámetros Estudio de Línea Base		
pH	Phmetro (electrométrico)	
Transparencia	Disco Secchi	
Alcalinidad	Volumetría	
Cloro Residual	Yodometría	0,05 mg/l
Grasas y Aceites	Partición y Gravimetría	0,05 mg/l
Nitratos	Reducción con Cadmio, 4500-Cl G Método DPD 330,5	0,01 mg/l
Nitrógeno Amoniacal	Método de Fenato	0,005 mg/l
Sólidos Suspendidos	Gravimétrico	0,05 mg/l
Sólidos Disueltos	Gravimétrico	0,05 mg/l
Níquel Disuelto	E.A.A. (*)	1 µg/l
Vanadio Disuelto	E.A.A. (*)	1 µg/l
Coliformes Fecales	Número Más Probable	2,0 NMP
Coliformes Totales	Número Más Probable	2,0 NMP
Parámetros Adicionales		
Detergentes	Azul de Metileno	0,005 mg/l
Sulfatos	Turbidimetría	10 mg/l
Fluoruros	Electrodo Específico	0,01 mg/l
Fenoles	Aminoantipirina	0,005 mg/l
Sulfuros	Yodometría	0,01 mg/l
Hidrocarburos Totales	Fluorimetría	0,1 µg/l
Hidrocarburos Fijos	Partición, gravimetría	0,05 µg/l
Hidrocarburos Volátiles	Gas cromatografía	1 mg/l
HAP (**)	Fluorimetría	0,1 µg/l
Plomo	E.A.A., horno grafito	1 µg/l
Cadmio	E.A.A., horno grafito	1 µg/l
Arsénico	E.A.A., generación de hidruros	1 µg/l
Mercurio	E.A.A., Vapor frío	0,05 µg/l

(*) E.A.A.: Espectrofotometría de Absorción Atómica.

(**) Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	12
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Es importante mencionar que la variable pH y temperatura fue medida *in situ*, utilizando un pHmetro marca Oakton pH Series 300 (waterproof), habilitado con sensor de temperatura.

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

3.2.1 *Análisis en Estaciones Adicionales*

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

- *Norma Chilena 411/2 Of. 96* “Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo”.
- *Norma Chilena 411/9 Of. 98* “Calidad del agua – Muestreo – Parte 9: Guía para el muestreo de aguas marinas”.
- *Decreto Supremo 144/2008*. Establece Normas de Calidad Primaria para la Protección de las aguas Marinas y Estuarinas Aptas para Actividades de Recreación con Contacto Directo.
- *Guía CONAMA para Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales superficiales y Marinas*.

Es importante mencionar que en esta Guía se encuentran, junto con los criterios específicos para el establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Protección de las Aguas Marinas, las clases de calidad para los cuerpos de agua atingentes, las cuales se encuentran definidas como se indica a continuación:

- *Clase 1: Agua de 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: Agua de 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.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	13
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

- Clase 3: *Agua de Regular Calidad*. Indica un agua apta para actividades portuarias, navegación u otros de menos requerimiento en calidad de agua.

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

En la **Tabla 3.2.1.1** se detallan los resultados de los análisis de **Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto y Transparencia** (disco Secchi) obtenidos en las estaciones adicionales en el área de estudio.

Tabla 3.2.1.1

Resultados de los análisis de Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto y Transparencia (disco Secchi) en las estaciones adicionales de agua marina. Punta Cachos. Julio de 2009.

Estación			Parámetro			
Identificación	Prof. (m)	Estrato	Temp. (° C)	pH	Oxíg. Dis. (mg/l)	Transp. (m)
Descarga	15	Sup.	13,602	7,7	7,1	12
		Fondo	13,514	7,8	7,0	
Captación	11	Sup.	13,582	7,8	7,1	11
		Fondo	13,523	7,7	6,8	
Control	22	Sup.	13,625	7,8	7,0	12
		Fondo	13,504	7,8	6,2	
Referencias			± 2° (1) (2)	7,5-8,5 / 6,5-9,5 (2)	5,0 (3)	-

- (1) La variación no debe ser mayor a 2° C (temperatura promedio mensual ± 2° C).
- (2) Guía CONAMA "Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas (Clase 1/Clase 2).
- (3) Normativa Internacional.

Como se observa en la **Tabla 3.2.1.1**, los registros de **Temperatura** en las estaciones adicionales fluctuaron en forma superficial entre los 13,582° C (estación Captación) y 13,625° C (estación Control). Se distinguen escasas diferencias entre las temperaturas de las estaciones analizadas. En tanto, dado que en la capa superficial el calor se "concentra" debido a la irradiación solar para luego transmitirse en profundidad a causa de la mezcla producida por los vientos, los valores en superficie son levemente mayores a

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	14
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

aquellos registrados a mayor profundidad en todas las estaciones. No obstante, esta variación en profundidad (termoclina) es muy escasa, siendo la máxima observada de $\Delta T = 0,121^\circ \text{C}$ en la estación Control. La actual condición, con una termoclina muy débil en todas las estaciones adicionales demuestra la alta turbulencia y mezcla de la columna de agua, lo que se traduciría en que en esta época del año, frente al vertimiento de cualquier sustancia en superficie en el futuro, ésta se diluya en los primeros metros, facilitando su dispersión.

Desde el punto de vista comparativo, los registros de temperatura corresponden a aquellos informados por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA, 1996), quienes citan temperaturas superficiales para julio de $14,0^\circ \text{C}$. En tanto, la información *on line* del SHOA del Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanógrafos de Chile (CENDHOC, http://www.shoa.cl/cendhoc_php/index.htm), informa para una localidad ubicada cercana al norte del área de estudio, Caldera, temperaturas mínimas y máximas para julio (data de 55 años, entre 1951 y 2006), de $12,7^\circ \text{C}$ y $15,7^\circ \text{C}$, respectivamente, con un promedio de $14,1^\circ \text{C}$. Esta información permite desprender que los registros obtenidos en esta campaña en las estaciones adicionales en superficie, se encuentran acordes a la estación del año, y estarían dentro del rango requerido por la Guía CONAMA de aguas marinas, la cual indica que la variación no debe ser mayor a 2°C (temperatura promedio estacional $\pm 2^\circ \text{C}$, Clase 1).

En tanto, en la **Tabla 3.2.1.1** se observa que los registros de **pH** fluctuaron entre 7,7 y 7,8, en las estaciones adicionales, sin apreciar diferencias entre las muestras ubicadas en la zona de Control, Descarga y Captación. De acuerdo a la Guía CONAMA de Normas Secundarias mencionada anteriormente (Clase 1), los valores de pH deberán encontrarse en el rango de 7,5 – 8,5. Por tanto, todos los registros de pH obtenidos en las estaciones adicionales estarían en los rangos permitidos y clasificarían a las aguas monitoreadas de las estaciones como de Muy Buena Calidad para el pH. A su vez, estos valores de pH registrados también se encontrarían en el rango exigido por el Decreto Supremo 144/2008 (6,0 – 8,5) y por lo requerido por la legislación canadiense como requisito de calidad de agua

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	15
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

para la vida acuática (6,5 – 8,5). Asimismo, también los resultados obtenidos se encuentran dentro de lo sugerido como normal en el agua de mar de acuerdo a Lozano (1978): pH de 7,2 a 8,4.

Lo anterior indica que no habría alteración de la acidez de las aguas marinas de las nuevas estaciones estudiadas. Esta condición es idéntica a la hallada en las restantes estaciones analizadas en las campañas de verano e invierno de la Central, y 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_3), por lo que sólo un muy fuerte impacto antrópico o de origen natural puede llegar a hacer fluctuar de forma importante este parámetro. No obstante 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).

Lo anterior permite concluir, en base a los resultados actuales de pH, que existe ausencia de aportes externos de compuestos ácidos o alcalinos que generen un desequilibrio entre el CO_2 disuelto y el atmosférico y, por tanto, no existen problemas de alteración de la acidez del agua de mar en estas nuevas estaciones adicionales.

En cuanto a las concentraciones de **Oxígeno Disuelto**, estas variaron en superficie entre 7,0 mg/l (estación Control) y 7,1 mg/l (Descarga y Captación). Se observa que en todos los casos los valores de oxígeno disuelto fueron levemente mayores en superficie respecto a la mayor profundidad medida. Esto refleja, por una parte, el intercambio de este gas en la interfase océano – atmósfera producido a través de fenómenos de intercambio pasivo y turbulencia, 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.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	16
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

En tanto, la mayor oxiclina en el área de estudio se presentó en la Control, alcanzando un $\Delta O_2 = 0,80 \text{ mg/l}$. Este valor refleja una escasa oxiclina, lo que estaría vinculado a la alta turbulencia del área de estudio, lo que genera una columna de agua muy bien mezclada. Por lo anterior, en esta campaña los valores de oxígeno disuelto de la capa de fondo fueron 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 estos valores de O_2 en la capa de fondo, lo que se relacionaría con la baja profundidad de las estaciones y la gran turbulencia registrada en la zona de estudio.

En tanto, si se comparan estos resultados con lo sugerido por 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), se puede establecer que todos los registros de la columna de agua del sector de I. Cima Cuadrada se encuentran sobre esta concentración, no evidenciando por tanto problemas de oxigenación en las aguas superficiales del cuerpo receptor. Cabe indicar que tanto la Guía CONAMA como el DS. 144/2008 no consideran un valor unitario de concentración de oxígeno disuelto.

En definitiva, es posible concluir que los contenidos de oxígeno disuelto de la columna de agua estudiada en las estaciones adicionales, son compatibles con la sobrevivencia de los organismos acuáticos del área de estudio.

Por su parte, los valores de **disco Secchi** medidos *in situ* en el área de interés denotan una columna de agua con una transparencia alta, lo que refleja una baja concentración de material particulado en la columna de agua. Cabe señalar que la Tabla N° 3 de la Guía CONAMA no considera la transparencia de la columna de agua; asimismo, este parámetro tampoco es incluido en la Norma Primaria de Calidad de Aguas Marinas y Estuarinas para Recreación.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	17
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

No obstante lo anterior, los registros entregados por el disco Secchi permiten establecer el espesor de la zona eufótica (iluminada) en el área de estudio, utilizando la relación:

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

Con:

K = coeficiente de extinción medio para la columna de agua

Z_s = profundidad en m de desaparición del disco de Secchi

Considerando una constante de 1,7 definida en 1930, la capa eufótica se puede estimar teóricamente en 2,5*Z_s (Cognetti *et al.*, 2001). Con esto, en el área de estudio la capa eufótica teórica se situaría entre los 20,0 y 30,0 metros; por lo tanto, en todas las estaciones toda la columna de agua correspondería a la capa eufótica. Esto explicaría, junto a la alta turbulencia del área de estudio, los altos valores de oxígeno disuelto presentes en la columna de agua, pues en esta capa la tasa fotosintética es positiva, es decir, suficiente para superar por término medio los procesos respiratorios día – noche en el ecosistema marino.

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

Tabla 3.2.1.2

Resultados del análisis de Alcalinidad y Grasas y Aceites en las estaciones adicionales de agua marina. Punta Cachos. Julio de 2009.

Estación		Parámetro	
Estación	Prof. Muestra	Alcalinidad (mgCaCO ₃ /l)	Grasas y Aceites (mg/l)
Descarga	Sup.	189	0,35
	Fondo	186	0,18
Captación	Sup.	187	0,65
	Fondo	184	0,20
Control	Sup.	184	0,20
	Fondo	182	2,10
Referencias		-	5,00 (1)

(1) Guía CONAMA para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas (Clase 1/Clase 2). Tabla 3.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	18
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Como se puede observar, los contenidos de **Alcalinidad** para las estaciones adicionales fluctuaron entre 182 mgCaCO₃/l (Control, fondo) y 189 mgCaCO₃/l (Descarga, superficie). Estos valores se hallarían dentro de lo registrado en la campaña de invierno para las restantes estaciones, donde la alcalinidad fluctuó entre 186 y 194 mgCaCO₃/l.

Asimismo, la **Tabla 3.2.1.2** muestra que los contenidos de **Grasas y Aceites** fluctuaron entre 0,18 (estación Descarga, fondo) y 2,10 mg/l (estación Control, fondo). Si estas concentraciones se comparan con lo señalado en la Guía CONAMA para Normas Secundarias para Aguas Marinas, la cual establece un máximo de 5,0 mg/l para las Clases de Calidad 1 y 2, se observa que se encuentran todos por bajo este valor. Por lo anterior, es posible indicar que no existe alteración de la columna de agua por grasas y aceites en las estaciones adicionales, clasificándose como aguas de Muy Buena Calidad para las Grasas y Aceites.

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

Tabla 3.2.1.3

Resultados del análisis de Cloro Libre Residual, Nitrato y Nitrógeno Amoniacal en las estaciones adicionales de agua marina. Punta Cachos. Julio de 2009.

Estación	Prof. (m)	Cloro Libre Residual (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Nitrógeno Amoniacal (mg/l)
Descarga	Sup.	< 0,01	0,210	0,041
	Fondo	< 0,01	0,180	0,079
Captación	Sup.	< 0,01	0,150	0,014
	Fondo	< 0,01	0,240	0,020
Control	Sup.	< 0,01	0,180	0,020
	Fondo	< 0,01	0,120	0,062
Referencias		<0,002 / 0,002-0,01(1)	-	<0,09 / 0,09-0,18 (1)

(1) Guía CONAMA para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas (Clase 1/Clase 2). Tabla 3.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	19
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

La **Tabla 3.2.1.3** indica que todas las muestras obtenidas en el área de estudio presentan valores de **Cloro Libre Residual** menores a 0,01 mg/l, es decir, inferiores al límite de detección del instrumental utilizado. Si estos valores son comparados con Guía CONAMA que establece para la Clase 2 contenidos entre 0,002 y 0,01 mg/l, es posible desprender que las aguas estudiadas en las estaciones adicionales complementarias no presentan alteración por cloro, y se clasificarían como Clase 2, aguas de Buena Calidad para el Cloro Libre Residual. Este resultado es idéntico al obtenido en la campaña de invierno en el área de estudio.

En tanto, como se observa en la **Tabla 3.2.1.3**, las concentraciones de **Nitrato** en este estudio complementario fluctuaron entre 0,120 mg/l (estación Control en fondo) y 0,240 mg/l (estación Captación en fondo). Este rango de concentraciones es algo menor al obtenido en la campaña de invierno para las restantes estaciones (0,351 - 0,512 mg/l), pero similar al registrado en verano (0,114 - 0,220 mg/l). No obstante lo anterior, dado que la Guía CONAMA no considera este parámetro, es importante señalar algunas referencias con las cuales se cuenta. Por ejemplo, en diversas zonas de Chiloé, como en Isla Teuquellín (EcoTecnos, 2002), se informaron concentraciones entre 0,29 y 0,45 mg/l, mientras que en Isla Apiao (EcoTecnos, 2002), las concentraciones fluctuaron entre 0,27 y 0,55 mg/l. Rangos similares se registraron en aguas de Mejillones (0,120 – 0,230 mg/l), de acuerdo a EcoTecnos (2006). Estos contenidos referenciales son, en general, superiores a los registrados en el presente estudio, por lo que es posible determinar que los valores de nitrato de las estaciones adicionales no presentan concentraciones que podrían señalarse como de alteración de la columna de agua. Esta aseveración es corroborada al comparar los resultados obtenidos con el valor propuesto por la comunidad de Saskatchewan de Canadá de 1,0 mg/l. Bajo esta norma, todos los valores de la columna de agua de las muestras analizadas estarían bajo este límite.

Respecto a los contenidos de **Nitrógeno Amoniacal**, en el presente estudio fluctuaron entre 0,014 mg/l (estación captación, superficie) y 0,079 mg/l (estación descarga, fondo). Cabe mencionar que la Guía CONAMA ha expresado las concentraciones límite de este

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	20
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

parámetro en $\mu\text{mol/l}$. Convirtiendo los valores establecidos por la normativa a mg/l , es posible establecer que todas las estaciones analizadas se clasificarían como Clase 1, es decir, aguas de Muy Buena Calidad para el Amonio en las estaciones adicionales. Debe indicarse, no obstante lo anterior, que el rango de valores hallado en las estaciones adicionales en esta campaña es mayor al registrado en todas las estaciones de la campaña de invierno, donde fluctuó entre 0,005 y 0,0366 mg/l .

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

Tabla 3.2.1.4

Resultados de los análisis de Sólidos Suspendidos y Sólidos Disueltos en las estaciones adicionales de agua marina. Punta Cachos. Julio de 2009.

Estación	Prof. (m)	Sólidos Suspendidos (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)
Descarga	Sup.	21,2	38.410
	Fondo	21,5	38.465
Captación	Sup.	23,0	38.125
	Fondo	23,2	38.555
Control	Sup.	56,5	38.560
	Fondo	51,5	38.450
Referencias		<25,0 / 25,0 – 80,0 (1)	-

(1) Guía CONAMA para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas (Clase 1/Clase 2). Tabla 3.

Los valores de **Sólidos Suspendidos** fluctuaron para las estaciones adicionales entre 21,2 mg/l (estación Descarga, superficie) y 56,5 mg/l (estación Control, superficie). En este caso es posible apreciar que la estación Control, tanto en superficie como en fondo, aproximadamente duplica las concentraciones obtenidas en la Captación y la Descarga. Esto podría deberse básicamente a la mayor turbulencia del sector Control, que produciría una resuspensión de material sedimentario desde el fondo marino. En tanto, si se considera la Guía CONAMA, las estaciones Captación y Descarga se encontrarían dentro

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	21
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

del rango de Clase 1, esto es, aguas de Muy Buena Calidad para los Sólidos Suspendidos, mientras que las de la estación Control corresponderían a Clase 2, es decir, aguas de Buena Calidad para los Sólidos Suspendidos.

En tanto, los valores de **Sólidos Disueltos** oscilaron entre 38.125 (estación Captación, superficie) y 38.560 mg/l (estación Control, superficie), valores algo mayores a los registrados para todas las estaciones en la campaña de invierno (34.920 a 36.200 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 en las estaciones adicionales corresponderían a los propios de este tipo de matriz ambiental, variando dependiendo de factores oceanográficos y climáticos como, por ejemplo, la alta turbulencia local.

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

Tabla 3.2.1.5

Resultados de los análisis de Níquel Disuelto (Ni) y Vanadio Disuelto (V) en las estaciones adicionales de agua marina. Punta Cachos. Julio de 2009.

Estación	Prof. (m)	Níquel Disuelto (µg/l)	Vanadio Disuelto (µg/l)
Descarga	Sup.	<1,0	<1,0
	Fondo	<1,0	<1,0
Captación	Sup.	<1,0	<1,0
	Fondo	<1,0	<1,0
Control	Sup.	<1,0	<1,0
	Fondo	<1,0	<1,0
Referencias		<2,0 / 2,0-100 / 100 (1)	-

(1) Guía Normas Secundarias de Calidad en Aguas Marinas: Clase 1/Clase 2. Tabla 3.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	22
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Se aprecia que todos los contenidos de **Níquel Disuelto** se hallaron inferiores al límite de detección de la técnica, es decir, <1,0 µg/l. De lo anterior se deduce que todas las muestras se clasificarían, de acuerdo a la Guía CONAMA, como Clase 1, es decir, aguas de Muy Buena Calidad para el Níquel Disuelto. Lo mismo ocurre con los contenidos de **Vanadio Disuelto**, donde es posible observar que todas las estaciones presentan concentraciones 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 entre 1,66 – 6,63 µg/l. De lo anterior se concluye que los valores obtenidos en las estaciones adicionales son muy bajos, descartando alteración de las aguas analizadas por altos contenidos de vanadio. Esta situación es idéntica a la apreciada en la campaña de invierno pasada.

Finalmente, en la **Tabla 3.2.1.6** se detallan los resultados de los análisis microbiológicos de las estaciones adicionales en este estudio complementario.

Tabla 3.2.1.6

Resultados de los análisis de Coliformes Fecales y Totales en las estaciones adicionales de agua marina. Punta Cachos. Julio de 2009.

Estación	Prof. (m)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
Descarga	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
Captación	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
Control	Sup.	<2,0	<2,0
	Fondo	<2,0	<2,0
Referencias		<2,0 / < 43 (1)	<70 / 70 - 1000 (1)

(1) Guía Normas Secundarias de Calidad en Aguas Marinas: Clase 1/Clase 2. Tabla 3.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	23
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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 Calidad para los coliformes fecales y totales, sin evidenciar por tanto, presencia de contaminación microbiológica de las aguas de las estaciones adicionales.

3.2.2 *Análisis de Parámetros Adicionales para Todas las Estaciones*

Como se mencionó anteriormente, en este estudio complementario se adicionaron, tanto para las estaciones establecidas en el ELB Marina de columna de agua y muestras de playa, como para las estaciones aquí añadidas Control, Captación y Descarga, los parámetros de plomo, arsénico, cadmio, mercurio, HAP, hidrocarburos volátiles, hidrocarburos fijos, hidrocarburos totales, detergentes, sulfato, fluoruro, fenol y sulfuros. Los resultados obtenidos serán analizados respecto a la normativa previamente mencionada.

De esta manera, la **Tabla 3.2.2.1** entrega los registros de los metales pesados **Arsénico**, **Cadmio**, **Plomo** y **Mercurio** para la columna de agua, adicionados en este presente estudio complementario.

Como se observa en la **Tabla 3.2.2.1**, los resultados obtenidos para el **Arsénico** muestran registros bajo el límite de detección de la técnica (<1 µg/l), para todas las estaciones, lo que indicaría ausencia de alteración en la columna de agua por este elemento, permitiendo así clasificar a todas las estaciones como Clase 1, esto es, aguas de Muy Buena Calidad para el Arsénico.

Respecto a los valores de **Cadmio** (**Tabla 3.2.2.1**), se observa que éstos variaron entre <1,0 µg/l (estación 3, superficie) y 14,70 µg/l (estación 2, fondo). Al comparar estos resultados con lo estipulado en la Guía CONAMA, es posible observar que el 80% de las muestras se clasificarían como Clase 1, es decir aguas de Muy Buena Calidad para el Cadmio. En tanto, una muestra (5%, correspondiente a la muestra en el estrato de fondo de la nueva estación Control), se clasificarían como Clase 2, aguas de Buena Calidad

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	24
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

para el Cadmio; y el 15% de las muestras se clasificarían como Clase 3, es decir, aguas de Regular Calidad para el Cadmio.

Tabla 3.2.2.1

Resultados del análisis de metales pesados adicionales Arsénico, Cadmio, Plomo y Mercurio en las estaciones de columna de agua. Punta Cachos. Julio de 2009.

Est.	Prof. (m)	Arsénico (µg/l)	Cadmio (µg/l)	Mercurio (µg/l)	Plomo (µg/l)
1	Sup.	<1,0	11,23	0,074	3,03
	Fon.	<1,0	4,80	0,071	<1,0
2	Sup.	<1,0	4,96	0,068	<1,0
	Fon.	<1,0	14,7	0,085	3,05
3	Sup.	<1,0	<1,0	0,066	6,42
	Fon.	<1,0	11,0	0,069	<1,0
4	Sup.	<1,0	1,24	0,072	<1,0
	Fon.	<1,0	2,03	0,080	<1,0
5	Sup.	<1,0	1,46	0,082	<1,0
	Fon.	<1,0	1,55	0,065	<1,0
6	Sup.	<1,0	1,65	0,082	<1,0
	Fon.	<1,0	2,06	0,066	<1,0
7	Sup.	<1,0	1,06	0,069	<1,0
	Fon.	<1,0	1,32	0,075	<1,0
Descarga	Sup.	<1,0	3,03	0,065	4,99
	Fon.	<1,0	4,23	0,071	<1,0
Captación	Sup.	<1,0	2,12	0,043	3,39
	Fon.	<1,0	4,52	0,041	<1,0
Control	Sup.	<1,0	2,00	0,055	<1,0
	Fon.	<1,0	7,58	0,050	<1,0
Referencias		< 10 / 10 – 50 µg/l (1)	< 5 / 5 – 10 µg/l (1)	< 0,2 / 0,2 – 0,5 µg/l (1)	< 3 / 3 - 50 µg/l (1)

(1) Guía CONAMA para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas (Clase 1/Clase 2). Tabla 3.

En el caso del **Mercurio**, las concentraciones de este metal en las muestras de columna de agua variaron entre 0,041 µg/l (estación Captación, fondo) y 0,085 µg/l (estación 2, fondo). Al comparar estos resultados con los señalados en la Guía CONAMA, es posible

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	25
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

observar que el 100% de las muestras se clasificarían como Clase 1, es decir, aguas de Muy Buena Calidad para el Mercurio.

Respecto a los registros de **Plomo**, la **Tabla 3.2.2.1** muestra que éstos oscilaron entre <1,0 (75% de las muestras) y 6,42 µg/l (estación 3 superficie). De esta manera, al comparar estos resultados con lo señalado en la Guía CONAMA, es posible señalar que el 75% de las muestras se clasificarían como Clase 1, es decir, aguas de Muy Buena Calidad para el Plomo; mientras que el 25% restante se hallaría en la Clase 2, es decir, aguas de Buena Calidad para el Plomo. Nótese que tanto la estación control del primer estudio (estación 7), como la nueva estación Control, presentan valor bajo el límite de detección.

Estos resultados antes señalados demuestran la buena calidad de las aguas respecto a las concentraciones de metales pesados estipuladas en la Guía CONAMA, indicando que el área de estudio se encontraría libre de alteración por estos compuestos, con la posible excepción del Cadmio en algunas muestras.

En tanto, en la **Tabla 3.2.2.2** se observan los resultados para las distintas fracciones de hidrocarburos: **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)**, **Hidrocarburos Volátiles**, **Hidrocarburos Totales** e **Hidrocarburos Fijos**; consideradas en este estudio complementario.

Como es posible visualizar en esta **Tabla 3.2.2.2**, los registros para los **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)**, se observa que éstos varían en las estaciones entre 0,166 µg/l (estación 2, superficie) y 7,48 µg/l (estación descarga, superficie). En tanto, al comparar estos resultados con lo señalado en la Guía CONAMA, es posible observar que sólo el 5% de las muestras se clasificaría como Clase 1, es decir aguas de Muy Buena Calidad para los HAP. El 95% restante arroja concentraciones superiores a 0,2 µg/l, por lo que se clasificarían como Clase 3, aguas de Regular Calidad para los HAP. No obstante, es preciso indicar que esta Guía es bastante exigente, considerando que la NOAA

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	26
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

(Squirts, 1999), indica una concentración de Nivel de Efecto Observable Más Bajo de 300 µg/l., en ese contexto, todas los contenidos de HAP de la zona de estudio estarían dentro de lo requerido por esta normativa internacional.

Tabla 3.2.2.2

Resultados del análisis de hidrocarburos: HAP, H. Volátiles, H. Totales, H. Fijos en las estaciones de columna de agua I. Cima Cuadrada, Punta Cachos. Julio de 2009.

Est.	Prof. (m)	HAP (µg/l)	Hidrocarburos volátiles (mg/l)	Hidrocarburos Total (µg/l)	Hidrocarburos Fijos (µg/l)
1	Sup.	1,28	<0,1	52,9	2,56
	Fon.	0,912	<0,1	51,3	1,09
2	Sup.	0,166	<0,1	6,91	0,76
	Fon.	0,628	<0,1	4,24	0,80
3	Sup.	0,468	<0,1	6,67	0,62
	Fon.	0,490	<0,1	29,4	1,03
4	Sup.	1,50	<0,1	8,01	1,74
	Fon.	0,468	<0,1	1,60	0,52
5	Sup.	0,638	<0,1	4,85	0,63
	Fon.	0,488	<0,1	2,78	0,51
6	Sup.	1,18	<0,1	3,34	0,25
	Fon.	0,982	<0,1	2,67	0,78
7	Sup.	4,28	<0,1	13,7	1,43
	Fon.	0,72	<0,1	1,83	0,36
Descarga	Sup.	7,48	<0,1	1,11	0,14
	Fon.	0,27	<0,1	1,81	0,25
Captación	Sup.	1,36	<0,1	5,50	0,77
	Fon.	0,27	<0,1	2,18	0,12
Control	Sup.	0,52	<0,1	4,94	0,16
	Fon.	1,12	<0,1	3,59	0,14
Referencias		<0,2 (1) 0,2 – 1 (2)	-	<20/20 - 50 (1) 50 – 100 (2)	-

(1) Guía CONAMA para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas (Clase 1/Clase 2). Tabla 3.

(2) Guía CONAMA para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas (Clase 3). Tabla 3.

Respecto a los **Hidrocarburos Totales**, las concentraciones de éstos variaron entre 1,11 µg/l (estación Descarga, superficie) y 52,9 µg/l (estación 1, superficie). En tanto, al

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	27
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

comparar estos resultados con lo señalado en la Guía CONAMA, es posible observar que el 85% de las muestras se clasificarían como Clase 1, es decir, aguas de Muy Buena Calidad para los Hidrocarburos Totales. En tanto, el restante 15% de las muestras de agua se clasificarían como Clase 3, esto es aguas de Regular Calidad para los Hidrocarburos Totales.

En el caso de las muestras de **Hidrocarburos Fijos**, es posible observar que los valores de este estudio complementario variaron entre 0,12 µg/l (estación Captación, fondo) a 2,56 µg/l (estación 1, superficie). En tanto, debido a que este parámetro no se encuentra dentro de aquellos normados en la legislación nacional ni se cuentan con antecedentes para sus concentraciones en las aguas marinas, se recomienda mantener los monitoreos de este parámetro en la zona, tomando como referencia los registrados en el actual estudio complementario de columna de agua.

Finalmente, en la **Tabla 3.2.2.2** es posible observar que todos los valores hallados en este estudio para los **Hidrocarburos Volátiles** se encuentran bajo el límite de detección del instrumento, por lo que no existe evidencia de alteración por este tipo de compuestos.

Por otra parte, en la **Tabla 3.2.2.3** se muestran los resultados para los análisis de **Detergentes, Sulfatos, Fluoruros, Fenoles y Sulfuros**.

Como es posible observar en dicha tabla, las concentraciones de **Detergentes** halladas en el área de estudio variaron entre 0,0062 mg/l (estación 3, fondo) y 0,190 mg/l (estación 4, fondo). La nueva estación Control presentó uno de los mayores valores de las muestras analizadas (0,110 mg/l). No obstante lo anterior, respecto a lo señalado en la Guía CONAMA, es posible observar que el 100% de las muestras se encuentra bajo la concentración señalada como límite para la Clase 1, por lo que se clasificarían como aguas de Muy Buena Calidad para los contenidos de Detergentes.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	28
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Tabla 3.2.2.3

Resultados del análisis de metales pesados adicionales: plomo, arsénico, cadmio y mercurio en las estaciones de columna de agua I. Cima Cuadrada, Punta Cachos. Julio de 2009.

Est.	Prof. (m)	Detergentes (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Fluoruros (mg/l)	Fenoles (mg/l)	Sulfuros (mg/l)
1	Sup.	0,0415	3.331	6,88	<0,005	<0,01
	Fon.	0,0088	3.046	5,37	<0,005	<0,01
2	Sup.	0,0943	3.096	5,88	<0,005	<0,01
	Fon.	0,0285	2.840	6,23	<0,005	<0,01
3	Sup.	0,0297	3.066	6,45	<0,005	<0,01
	Fon.	0,0062	3.219	6,02	<0,005	<0,01
4	Sup.	0,0702	2.807	7,26	<0,005	<0,01
	Fon.	0,190	2.984	7,72	<0,005	<0,01
5	Sup.	0,0411	2.933	8,02	<0,005	<0,01
	Fon.	0,0303	2.577	7,84	<0,005	<0,01
6	Sup.	0,0502	3.025	8,13	<0,005	<0,01
	Fon.	0,0504	3.005	8,35	<0,005	<0,01
7	Sup.	0,0911	3.147	8,44	<0,005	<0,01
	Fon.	0,0267	2.964	7,90	<0,005	<0,01
Descarga	Sup.	0,080	3.076	6,82	0,0567	<0,01
	Fon.	0,105	3.260	6,80	0,0365	<0,01
Captación	Sup.	0,090	3.198	7,38	< 0,005	<0,01
	Fon.	0,070	3.168	6,45	< 0,005	<0,01
Control	Sup.	0,110	3.117	8,02	< 0,005	<0,01
	Fon.	0,072	3.239	7,33	0,0088	<0,01
Referencias		< 0,2 / 0,2 – 1 (1)	-	< 1,277/ 1,277– 1,533 (1) 1,533 – 79,58 (2)	<0,001/ 0,001–0,01 (1) 0,01 – 1 (2)	<0,002/ 0,002-0,005 (1)

(1) Guía CONAMA para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas (Clase 1/Clase 2). Tabla 3.

(2) Guía CONAMA para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas (Clase 3). Tabla 3.

Asimismo, respecto al parámetro **Fluoruros**, los resultados registrados en la **Tabla 3.2.2.3** señalan que estos valores fluctuaron entre 5,37 mg/l (estación 1, fondo) y 8,44 mg/l (estación 7, superficie). Cabe recalcar que este parámetro se encuentra relacionado con la salinidad de las aguas en PSU. Por lo anterior, al comparar estos resultados con lo estipulado en la Guía CONAMA, es posible determinar que el 100% se clasificarían como

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	29
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

aguas Clase 3, es decir, de Regular Calidad para los Fluoruros. Esta concentración de fluoruros es alta, puesto que de acuerdo al Principio de Marcel, el cual indica que “*La Composición Relativa del Agua de mar es Constante para todas las Aguas Marinas*”, al menos un 0,0037% de la salinidad del agua de mar correspondería a este soluto. Por lo anterior, con una salinidad de 34.600 mg/l, se espera una concentración de fluoruros de 1,280 mg/l, menor a la registrada en el área de estudio.

En el caso de los **Fenoles**, la **Tabla 3.2.2.3** indica que las concentraciones variaron entre <0,05 mg/l (85% de las muestras) y 0,0567 mg/l (estación Descarga, superficie). Al respecto, si se comparan estos valores obtenidos con lo señalado en la Guía CONAMA, es posible observar que el 90% de las muestras se clasificaría como Clase 2, es decir, aguas de Buena Calidad para los Fenoles. En tanto, el 10% restante se ubicaría dentro de la Clase 3, esto es, aguas de Regular Calidad para los Fenoles.

Por otro lado, en el caso de los **Sulfuros**, se observa que el 100% de las muestras registran valores de concentración inferiores al límite de detección, es decir, <0,01 mg/l. Sin embargo, no es posible establecer a que Clase pertenecen las muestras, toda vez que el límite de detección de la técnica es mayor a los valores estipulados en la normativa.

Finalmente, en el caso de los **Sulfatos**, los valores para este estudio adicional fluctuaron entre 2.557 mg/l (estación 5, fondo) y 3.331 mg/l (estación 1, superficie). Al respecto, si bien este parámetro no se encuentra normado en la Guía de Aguas Marinas, es posible determinar los contenidos referenciales para estas aguas. Esto se puede efectuar considerando el antes mencionado principio de Marcel. Por lo anterior, teniendo la salinidad del agua de mar en el área de estudio, es posible determinar los contenidos de sulfatos a partir del porcentaje que presenta éste en el agua de mar, correspondiente a 7,75%. Considerando un valor de salinidad de 34,6 psu en el sector de Punta Cachos para el mes de julio (SHOA, 1996), el contenido de sulfatos en el área de estudio correspondería teóricamente a 2.682 mg/l, encontrándose dentro del rango hallado en la zona de estudio.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	30
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Finalmente, en la **Tabla 3.2.2.4** se resumen los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos efectuados a las **muestras de Agua de Playa** complementarios. Estos resultados han sido comparados con lo señalado en el DS. 144/2008 respecto a las Normas de Calidad Primaria para Aguas Marinas y Estuarinas para actividades de recreación.

Tabla 3.2.1.4

Resultados de los parámetros adicionales analizados a las muestras de agua de playa. Punta Cachos, julio de 2009.

Estación	Playa 1	Playa 2	Playa 3	Refer. (1)
Arsénico (µg/l)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	110
Cadmio (µg/l)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	33
Mercurio (µg/l)	0,070	0,071	0,066	11
Plomo (µg/l)	5,68	4,11	1,80	110
Hidrocarburos Totales (µg/l)	4,92	4,13	7,87	-
Hidrocarburos Fijos (mg/l)	0,484	0,450	2,20	-
Hidrocarburos Volátiles (mg/l)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-
HAP (µg/l)	0,432	1,14	0,396	-
Detergentes (mg/l)	0,0039	0,0297	0,0086	-
Fenoles (mg/l)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	-
Fluoruros (mg/l)	5,46	7,02	6,03	-
Sulfuros (mg/l)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
Sulfatos (mg/l)	3.107	3.188	2.882	-
Coliformes fecales	<2,0	<2,0	<2,0	1000
Coliformes totales	<2,0	<2,0	<2,0	-

(1) DS. 144/2008 Normas de Calidad Primaria para Aguas Marinas y Estuarinas.

De la **Tabla 3.2.2.4** se puede desprender que todos los parámetros que se encuentran normados en el DS. 144/2008, se encuentran muy por debajo del máximo indicado por la normativa. Respecto a las concentraciones de los demás parámetros no normados por el DS. 144/2008, todos se hallarían dentro de los rangos obtenidos en la columna de agua. Por lo anterior, las aguas de playa no evidenciaron alteración microbiológica por coliformes fecales en las estaciones analizadas.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	31
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

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

En este estudio complementario para la columna de agua marina y aguas de playa del litoral aledaño a la futura Central Termoeléctrica Castilla, los análisis realizados a las estaciones adicionales (Captación, Descarga y nueva estación Control) denotan condiciones dentro de lo requerido en la Guía CONAMA y la legislación atingente. De esta manera, los resultados indican que las muestras no arrojan anomalías en su acidez, medida a través del **pH**, encontrándose todas las mediciones dentro del rango estipulado por la Guía CONAMA. Asimismo, la **transparencia** medida con disco Secchi mostró valores altos en todas las estaciones del área de estudio, estableciendo que teóricamente toda la columna de agua correspondería a la capa eufótica en las estaciones adicionales, lo cual coincide con los registros de **oxígeno disuelto**, que muestran una columna de agua bien oxigenada, lo que se vincularía principalmente a la fuerte turbulencia (mezcla) del área de estudio adicional.

En tanto los niveles basales de **sólidos suspendidos** medidos en las estaciones adicionales clasifican a las aguas de buena a muy buena calidad (para este parámetro), de acuerdo a la Guía CONAMA. Asimismo, los resultados indican que las aguas analizadas no presentan signos de alteración por **nitrito**, **nitrógeno amoniacal** ni **grasas y aceites**. A su vez, evidencian la ausencia de **cloro residual**, con valores bajo el límite de detección. En tanto, los contenidos de los metales pesados **níquel** y **vanadio** también se hallaron bajo el límite de detección, por lo que se encontrarían en el rango de muy buena calidad en las estaciones adicionales. Finalmente, los análisis de **coliformes fecales** y **totales** muestran aguas sin presencia de alteración microbiológica, clasificando

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	32
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

a las aguas de estas estaciones adicionales como de muy buena calidad para los coliformes (fecales y totales).

En el caso de los parámetros adicionados a todas las estaciones, considerando las adicionales Descarga, Captación y nueva Control, más las 7 de los estudios de línea base de verano e invierno, éstas presentarían en la columna de agua contenidos de los metales pesados **arsénico, mercurio y plomo**, en concentraciones que confirmarían la buena calidad de las aguas del área de estudio. En el caso del **cadmio**, se observa muy buena calidad de las aguas para la mayoría de las muestras, a excepción de algunas estaciones ubicadas al norte de la I. Cima Cuadrada, que arrojan contenidos de regular calidad, y la nueva estación Control con concentraciones en el rango de buena calidad para el cadmio. En tanto, respecto a los contenidos de **hidrocarburos volátiles y totales**, se puede señalar que existen buenas condiciones de la columna de agua, no registrándose problemas de alteración por los mismos. En el caso de los **hidrocarburos aromáticos policíclicos**, si bien la comparación con la Guía CONAMA muestras contenidos que clasifican a las aguas de Regular Calidad, la comparación con normativa internacional indica que no habría alteración de la columna de agua por HAP.

Por otra parte, para el caso de los **detergentes y fenoles**, los resultados indican, en general, aguas de buena calidad para ambos parámetro, registrándose sólo unas pocas estaciones con contenidos mayores de fenol, especialmente en la estación Captación y en la nueva Control. En tanto, los contenidos de **sulfato** se encuentran dentro de lo esperado respecto al contenido teórico calculado para las aguas de este sector. Distinta se observó la situación para los contenidos de **fluoruro**, donde el 100% de las estaciones registran valores que las clasificaría como Clase 3 para este parámetro, siendo igualmente superiores al contenido teórico calculado. Finalmente, en el caso del **sulfuro**, todas las muestras registran concentraciones inferiores al límite de detección, evidenciando ausencia de alteración de las aguas analizadas por este parámetro.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	33
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

Finalmente, respecto a las muestras de playa, los resultados indican que, de los parámetros que se encuentran normados o considerados en el DS. 144/2008 (Normas de Calidad Primaria para Aguas Marinas de Contacto Directo), todos se hallan dentro de lo indicado por ella para el área estudiada. En tanto, respecto a los parámetros no normados, todos 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 para esta campaña adicional complementaria, indica claramente que en la actualidad esta matriz no se encuentra alterada para los parámetros analizados. Asimismo, las estaciones ubicadas tanto en la captación como en la descarga de la futura Central, mostrarían características muy similares a las restantes estaciones. Lo mismo se puede observar para la nueva estación Control, que presentaría valores muy similares a la estación 7 (Control original), lo que da cuenta de la homogeneidad en las características físico-químicas de la columna de agua de la zona de estudio.

3.4 BIBLIOGRAFÍA CIATADA Y CONSULTADA DEL ESTUDIO COMPLEMENTARIO DE COLUMNA DE AGUA MARINA Y PLAYA

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

CONAMA. 2001. Guía CONAMA para Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales superficiales y Marinas.

Decreto Supremo 144/2008. Establece Normas de Calidad Primaria para la Protección de las aguas Marinas y Estuarinas Aptas para Actividades de Recreación con Contacto Directo.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	34
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

DIRECTEMAR. 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

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.

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

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

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

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	35
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

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

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. Revisado el 17/08/2009.

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.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	36
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

ANEXOS

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	37
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

ANEXO I

**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA INICIO DE ACTIVIDADES DE
INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA MARINA D.S.H.O.A. ORDINARIO
Nº 13.270/24/369VRS**



**ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA
BASE MARINA AGUAS
PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA
CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN**

Nº DOCUMENTO
INF-PCHCA/082009

EDICIÓN / REVISIÓN
1/0

Fecha de emisión:
21/08/2009

Emitido por:
Depto. Ambiental
EcoTecnos Ltda.

38

ARMADA DE CHILE
SERVICIO HIDROGRÁFICO
Y OCEANOGRÁFICO

SHOA ORDINARIO N° 13270/24/36 / Vrs

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

VALPARAÍSO, 15 JUL 2009

VISTO: lo solicitado por la Empresa ECOTECNOS LTDA., mediante correo electrónico de fecha 03 de julio 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., para que por mandato de la Empresa ARCADIS GEOTÉCNICA, realice actividades de investigación tecnológica marina en el sector de Punta Cachos (III Región – Carta Náutica SHOA N° 3000), consistentes en mediciones de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, penetración de la luz, pH, toma de muestras de sedimentos, organismos bentónicos, fitoplanctónicos y zooplanctónicos, las cuales se realizarán a contar de esta fecha y hasta el 30 de agosto 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.- 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.
 - c.- 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.



**ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA
BASE MARINA AGUAS
PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA
CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN**

Nº DOCUMENTO
INF-PCHCA/082009

EDICIÓN / REVISIÓN
1/0

Fecha de emisión:
21/08/2009

Emitido por:
Depto. Ambiental
EcoTecnos Ltda.

39

SHOA ORDINARIO N° 13270/24/ 367 / Vrs
DE FECHA, **15 JUL 2009**

- d.- 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.
 - e.- 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.




MARIANO ROJAS BUSTOS
CAPITÁN DE NAVÍO
DIRECTOR




CRISTIAN DIAZ TRIVINO
Teniente 2º Lt.

	ESTUDIO COMPLEMENTARIO LÍNEA BASE MARINA AGUAS PROYECTO CENTRAL TERMOELÉCTRICA CASTILLA, PUNTA CACHOS – IIIª REGIÓN	Nº DOCUMENTO INF-PCHCA/082009	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	40
		Fecha de emisión: 21/08/2009	Emitido por: Depto. Ambiental EcoTecnos Ltda.	

ANEXO II

CERTIFICADO DE LABORATORIO

FACULTAD DE CIENCIAS

CERTIFICADO DE ANALISIS E-126A

▪ **DATOS DE IDENTIFICACIÓN**

Empresa:	ECOTECNOS
Fecha de recepción:	17 de julio de 2009
Fecha de despacho:	23 de agosto de 2009
Tipo de muestra	Aguas de Mar
Proyecto:	Punta Cachos

▪ **RESULTADOS**

PARAMETRO	Arsénico (ug/l)	Cadmio (ug/l)	Mercurio (ug/l)	Plomo (ug/l)	H.A.P. (ug/l)	Hidroc. Volátil. (mg/l)	Hidroc. Totales (ug/l)	Hidroc. Fijos (mg/l)
MUESTRA								
Costera 1	<1,0	<1,0	0,070	5,68	0,432	<0,1	4,92	0,484
Costera 2	<1,0	<1,0	0,071	4,11	1,14	<0,1	4,13	0,450
Costera 3	<1,0	<1,0	0,066	1,80	0,396	<0,1	7,87	2,20
Est-1 Superficie	<1,0	11,23	0,074	3,03	1,28	<0,1	52,9	2,56
Est-1 Fondo	<1,0	4,80	0,071	<1,0	0,912	<0,1	51,3	1,09
Est-2 Superficie	<1,0	4,96	0,068	<1,0	0,166	<0,1	6,91	0,76
Est-2 Fondo	<1,0	14,7	0,085	3,05	0,628	<0,1	4,24	0,80
Est-3 Superficie	<1,0	<1,0	0,066	6,42	0,468	<0,1	6,67	0,62
Est-3 Fondo	<1,0	11,0	0,069	<1,0	0,490	<0,1	29,4	1,03
Est-4 Superficie	<1,0	1,24	0,072	<1,0	1,50	<0,1	8,01	1,74
Est-4 Fondo	<1,0	2,03	0,080	<1,0	0,468	<0,1	1,60	0,52
Est-5 Superficie	<1,0	1,46	0,082	<1,0	0,638	<0,1	4,85	0,63
Est-5 Fondo	<1,0	1,55	0,065	<1,0	0,488	<0,1	2,78	0,51
Est-6 Superficie	<1,0	1,65	0,082	<1,0	1,18	<0,1	3,34	0,25
Est-6 Fondo	<1,0	2,06	0,066	<1,0	0,982	<0,1	2,67	0,78
Est-7 Superficie	<1,0	1,06	0,069	<1,0	4,28	<0,1	13,7	1,43
Est-7 Fondo	<1,0	1,32	0,075	<1,0	0,72	<0,1	1,83	0,36

FACULTAD DE CIENCIAS

PARAMETRO	Detergentes (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Fluoruros (mg/l)	Fenoles (mg/l)	Sulfuros (mg/l)
MUESTRA					
Costera 1	0,0039	3,107	5,46	<0,005	<0,01
Costera 2	0,0297	3,188	7,02	<0,005	<0,01
Costera 3	0,0086	2,882	6,03	<0,005	<0,01
Est-1 Superficie	0,0415	3,331	6,88	<0,005	<0,01
Est-1 Fondo	0,0088	3,046	5,37	<0,005	<0,01
Est-2 Superficie	0,0943	3,096	5,88	<0,005	<0,01
Est-2 Fondo	0,0285	2,840	6,23	<0,005	<0,01
Est-3 Superficie	0,0297	3,066	6,45	<0,005	<0,01
Est-3 Fondo	0,0062	3,219	6,02	<0,005	<0,01
Est-4 Superficie	0,0702	2,807	7,26	<0,005	<0,01
Est-4 Fondo	0,190	2,984	7,72	<0,005	<0,01
Est-5 Superficie	0,0411	2,933	8,02	<0,005	<0,01
Est-5 Fondo	0,0303	2,577	7,84	<0,005	<0,01
Est-6 Superficie	0,0502	3,025	8,13	<0,005	<0,01
Est-6 Fondo	0,0504	3,005	8,35	<0,005	<0,01
Est-7 Superficie	0,0911	3,147	8,44	<0,005	<0,01
Est-7 Fondo	0,0267	2,964	7,90	<0,005	<0,01

• Métodos aplicados

Analito	Método	LD (aguas)
Arsénico	E.A.A. Generación de Hidruros	1,0 ug/l
Cadmio	E.A.A., Horno de Grafito	1,0 ug/l
Mercurio	E.A.A., Vapor Frío	0,05 ug/l
Plomo	E.A.A., Horno de Grafito	1,0 ug/l
Detergentes	Azul de Metileno	0,005 mg/l
Sulfuros	Yodometría	0,01 mg/l
Sulfatos	Turbidimetría	10 mg/l
Fenoles	Aminoantipirina	0,005 mg/l
Fluoruros	Electrodo específico	0,01 mg/l
Hidrocarburos Totales	Fluorimetría	0,1 ug/l
Hidrocarburos Volátiles	Gas Cromatografía	1,0 mg/l
Hidrocarburos Fijos	Partición, Gravimetría	0,05 mg/l
P.A.H.	Fluorimetría	0,1 ug/l

INSTITUTO
DE CIENCIAS
BIOLOGICAS
Y QUIMICAS / 508343 (FONO FAX)
- Depto de Biología / 508016
- Depto de Fisiología / 508015
- Depto de Química y Bioquímica /
508017



INSTITUTO
DE MATEMATICAS
Y FISICA / 508360 (FONO FAX)
- Depto de Computación / 508300
- Depto de Estadística / 508320
- Depto de Física y Meteorología /
508700
- Depto de Matemáticas / 508361

FACULTAD DE CIENCIAS

Observaciones:

Firma Responsable:


Luis Lopez Galdames
Profesor
Universidad de Valparaíso



FACULTAD DE CIENCIAS

CERTIFICADO DE ANALISIS E-126B

▪ **DATOS DE IDENTIFICACIÓN**

Empresa:	ECOTECNOS
Fecha de recepción:	17 de julio de 2009
Fecha de despacho:	23 de agosto de 2009
Tipo de muestra	Aguas de Mar
Proyecto:	Punta Cachos

▪ **RESULTADOS**

PARAMETRO	Arsénico (ug/l)	Cadmio (ug/l)	Níquel (ug/l)	Mercurio (ug/l)	Plomo (ug/l)	Vanadio (ug/l)	Alcalinidad (ug/l)	H.A.P. (ug/l)	Hidroc. Volátil. (mg/l)
MUESTRA									
Control Superficie	<1,0	2,00	<1,0	0,055	<1,0	<1,0	184	0,52	< 0,1
Control Fondo	<1,0	7,58	<1,0	0,050	<1,0	<1,0	182	1,12	< 0,1
Captación Superficie	<1,0	2,12	<1,0	0,043	3,39	<1,0	187	1,36	< 0,1
Captación Fondo	<1,0	4,52	<1,0	0,041	<1,0	<1,0	184	0,27	< 0,1
Descarga Superficie	<1,0	3,03	<1,0	0,065	4,99	<1,0	189	7,48	< 0,1
Descarga Fondo	<1,0	4,23	<1,0	0,071	<1,0	<1,0	186	0,27	< 0,1

PARAMETRO	Hidroc. Totales (ug/l)	Hidroc. Fijos (mg/l)	Cloro Libre Residual (mg/l)	Detergentes (mg/l)	Sulfatos(m g/l)	Fluoruros (mg/l)	Fenoles (mg/l)	Sulfuros (mg/l)
MUESTRA								
Control Superficie	4,94	0,16	<0,01	0,110	3.117	8,02	<0,005	<0,01
Control Fondo	3,59	0,14	<0,01	0,072	3.239	7,33	0,0088	<0,01
Captación Superficie	5,50	0,77	<0,01	0,090	3.198	7,38	<0,005	<0,01
Captación Fondo	2,18	0,12	<0,01	0,070	3.168	6,45	<0,005	<0,01
Descarga Superficie	1,11	0,14	<0,01	0,080	3.076	6,82	0,0567	<0,01
Descarga Fondo	1,81	0,25	<0,01	0,105	3.260	6,80	0,0365	<0,01

FACULTAD DE CIENCIAS

PARAMETRO	Nitratos (mg/l)	Amonio (mg/l)	Sólidos Suspendidos (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)	Grasas y Aceites (mg/l)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
MUESTRA							
Control Superficie	0,018	0,020	56,5	38,560	0,20	38,560	0,20
Control Fondo	0,012	0,062	51,5	38,450	2,10	38,450	2,10
Captación Superficie	0,015	0,014	23,0	38,125	0,65	38,125	0,65
Captación Fondo	0,024	0,020	23,2	38,555	0,20	38,555	0,20
Descarga Superficie	0,021	0,041	21,2	38,410	0,35	38,410	0,35
Descarga Fondo	0,018	0,079	21,5	38,465	0,18	38,465	0,18

- METODOLOS APLICADOS**

Analito	Método	LD (aguas)
Arsénico	E.A.A. Generación de Hidruros	1,0 ug/l
Cadmio	E.A.A., Horno de Grafito	1,0 ug/l
Mercurio	E.A.A Vapor Frío	0,05 ug/l
Níquel	E.A.A.	0,05 ug/l
Plomo	E.A.A, Horno de Grafito	1,0 ug/l
Mercurio	E.A.A Vapor Frío	0,05 ug/l
Vanadio	E.A.A Vapor Frío	1,0 ug/l
Alcalinidad	Volumetría	0,5 mg/l
Cloro Libre Residual	Yodometría	0,05 mg/l
Detergentes	Azul de Metileno	0,005 mg/l
Sulfuros	Yodometría	0,01 mg/l
Sulfatos	Turbidimetría	10 mg/l
Fenoles	Aminoantipirina	0,005 mg/l
Fluoruros	Electrodo específico	0,01 mg/l
Nitratos	Reducción con cadmio	0,01 mg/l
Amonio	Fenato	0,005 mg/l
Sólidos suspendidos	Gravimetría	0,05 mg/l
Sólidos disueltos	Gravimetría	0,05 mg/l
Grasas y aceites	Partición y Gravimetría	0,05 mg/l
Hidrocarburos Totales	Fluorimetría	0,1 ug/l
Hidrocarburos Volátiles	Gas Cromatografía	1,0 mg/l
Hidrocarburos Fijos	Partición, Gravimetría	0,05 mg/l
P.A.H.	Fluorimetría	0,1 ug/l
Coliformes Fecales y Totales	Número Más Probable	2 NMP/100 ml

INSTITUTO
DE CIENCIAS
BIOLOGICAS
Y QUIMICAS / 508343 (FONO FAX)
- Depto de Biología / 508016
- Depto de Fisiología / 508015
- Depto de Química y Bioquímica /
508017



INSTITUTO
DE MATEMATICAS
Y FISICA / 508360 (FONO FAX)
- Depto de Computación / 508300
- Depto de Estadística / 508320
- Depto de Física y Meteorología /
508700
_ Depto de Matemáticas / 508361

FACULTAD DE CIENCIAS

Observaciones:

Firma Responsable:


Luis López Galdames
Profesor
Universidad de Valparaíso

