



## MONITOREO DEL MEDIO AMBIENTE MARINO COSTERO

# POAL

## PROGRAMA DE OBSERVACIÓN DEL AMBIENTE LITORAL



DIRECCIÓN GENERAL DEL TERRITORIO MARÍTIMO Y DE MARINA MERCANTE

## INTRODUCCIÓN

La Armada de Chile, a través de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (Directemar), desempeña una trascendente labor en la preservación del medio ambiente acuático de nuestro país. La Gestión Ambiental de la Autoridad Marítima se fundamenta en la existencia de un marco jurídico que la respalda y que ha permitido el desarrollo de una política realista y consecuente con las características económicas y ambientales de Chile.

Cabe señalar, que la calidad de las aguas constituye el denominador común de las preocupaciones y de las discusiones entre los diferentes actores de la gestión del litoral: para la Autoridad Marítima preservar el medio ambiente acuático, los científicos, comprender y salvaguardar los ecosistemas marinos; para los pescadores y usuarios se trata de garantizar la renta obtenida de la pesca y la acuicultura, del atractivo turístico, de los bienes raíces, etc.; para los administradores, se trata de garantizar la salud de la población local y el desarrollo armonioso de la zona.

Así, el aumento creciente de la población y el incremento de las actividades agrícolas e industriales, acompañados por la falta de planificación o el manejo inadecuado de los recursos han provocado un deterioro progresivo de los ecosistemas costeros y oceánicos, así como de los bienes y usos derivados.

Por lo anterior, la problemática de la contaminación marina y sus implicaciones para la salud de los ecosistemas acuáticos costeros, está relacionada principalmente con los hidrocarburos del petróleo (crudos y sus derivados), los metales pesados (particularmente mercurio, cadmio, cobre, zinc cromo y plomo), el exceso de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y materia orgánica y por el aporte de microorganismos de origen fecal, motivado en algunos casos por el escaso o ningún tratamiento de las aguas residuales domésticas introducidas en el medio marino.

En forma general, en los sectores costeros se han identificado los principales tipos de contaminantes químicos e inorgánicos, así como microbiológicos, constituyendo las aguas residuales de diversas fuentes (domésticas, industriales y agrícolas), la principal amenaza contra la salud y la calidad de los recursos marinos del país.

La armonización de todas las aspiraciones solo podrá lograrse contando con el conocimiento apropiado de la estructura y función de la base natural y con lineamientos que permitan regular la intervención antrópica sobre el medio ambiente acuático.

Considerando lo antes mencionado, la Autoridad Marítima cuenta con un programa de monitoreo y seguimiento de la calidad ambiental marina y dulceacuícola en distintos cuerpos de agua distribuidos a lo largo de la jurisdicción nacional, incluyendo la Antártica e Isla de Pascua, dicho programa se denomina P.O.A.L. (Programa de Observación del Ambiente Litoral), y sus enfoques principales corresponden a:

- Configurar un sistema de alerta temprana, que permita detectar a tiempo cambios ambientales negativos, a fin de introducir oportunamente las medidas correctivas que resulten necesarias.



- Detectar tendencias al aumento en la concentración de contaminantes que pueden constituir un riesgo para la salud humana, los recursos hidrobiológicos o la biota de los contaminantes acuáticos.
- Establecer la existencia de eventuales cambios en el patrón de comportamiento ambiental de los cuerpos de agua monitoreados, intentando establecer su relación con la efectividad de la aplicación de medidas de mitigación en las actividades o usos que se desarrollan en el borde costero.

Por otra parte, Chile no dispone de normas y estándares nacionales sobre niveles permisibles de tóxicos químicos y contaminantes sanitarios en el medio marino, lo cual ha generado diversidad de criterios para evaluar la calidad ambiental de los ecosistemas costeros y estuarinos, así como para establecer los niveles de riesgo a lo que están expuestos. Atendiendo a esta situación, han sido utilizadas normativas y legislaciones internacionales, por ejemplo valores propuestos por CONAMA como es el caso de la Guía para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas como referencias para evaluar la calidad química y sanitaria de las de jurisdicción nacional y para el caso de la matriz sedimentaria se han utilizado referencias propuestas por directrices Canadienses.

El presente libro pretende entregar un enfoque sobre la calidad ambiental de algunos cuerpos de agua medidos en P.O.A.L. los que están insertos dentro de las 16 Gobernaciones Marítimas, considerando a aquellas bahías y ríos cuyas aguas podrían presentar algún grado de contaminación producto de las distintas actividades industriales que descargan sus residuos líquidos en aguas de jurisdicción o bien pueden deberse a los aportes naturales propios de la geografía de los sectores muestreados y que explicasen una calidad ambiental degradada del cuerpo o curso de agua.

Los cuerpos de agua analizados corresponden a:

Bahía de Arica, Bahía de Iquique, Rada de Antofagasta, Bahía de Caldera, Bahía de Coquimbo, Bahía de Valparaíso, Puerto de San Antonio, Bahía de Concepción, Río Valdivia, Bahía de Puerto Montt, Estero Castro, Puerto Chacabuco, Rada de Punta Arenas y Bahía Fildes.

La estructura del presente libro comprende:

- El primer capítulo describe los métodos utilizados en el desarrollo del análisis de los cuerpos de agua.
- El segundo capítulo en tanto presenta la evaluación de los distintos parámetros químicos analizados en agua y sedimento en los cuerpos de agua mencionados.
- En el tercer capítulo se presenta la calidad ambiental de Bahía Fildes.
- En tanto el cuarto capítulo muestra un resumen breve de la calidad ambiental de los cuerpos de agua antes analizados
- Y finalmente, el quinto capítulo describe la gestión de la Autoridad Marítima en el control del medio ambiente acuático enfocado principalmente a su rol fiscalizador.

**CALIDAD AMBIENTAL DE LOS CUERPOS MARINOS Y  
CONTINENTALES CONTROLADOS EN EL MARCO  
DEL PROGRAMA DE OBSERVACIÓN DEL AMBIENTE  
LITORAL (P.O.A.L.)**

**CAPÍTULO**

**1**

---



## 1.- ANTECEDENTES

El Programa de Observación del Ambiente Litoral (P.O.A.L.), constituye un programa del Plan Nacional de Investigación, Vigilancia y Control de la Contaminación Acuática, elaborado en 1987 por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante de la Armada de Chile, con el objetivo, entre otros, de evaluar en forma permanente el estado y calidad del medio ambiente acuático, en relación a los impactos ambientales ocasionados por los diversos usos o actividades que se desarrollan en el mar, en la zona costera, o en otros cuerpos, cursos de agua bajo su jurisdicción.

En el P.O.A.L., se determinan los niveles y concentraciones de los principales contaminantes tanto de las aguas costeras como dulces y se focaliza en los lugares de la zona costera donde se concentra la mayor cantidad de usos o se registra una alta actividad, como es el caso de las principales bahías. Se miden los contaminantes más relevantes en 21 variables analizadas para tener una apreciación sobre el estado de la calidad del agua en dichos lugares.

El objetivo específico del P.O.A.L. es determinar los niveles basales de contaminantes de relevancia ambiental presentes en las matrices receptoras ambientales de 44 cuerpos de agua, marinos y dulceacuícolas, distribuidos en el territorio nacional. A continuación se señalan los objetivos específicos contemplados para esta campaña:

- Evaluar niveles basales de contaminantes en cuerpos de agua monitoreados en el P.O.A.L. que mantengan un estado ambiental prístino.
- Proporcionar antecedentes que permitan apoyar el establecimiento de normas de calidad ambiental.
- Detectar tendencias y concentraciones de contaminantes peligrosos para la salud humana y los recursos hidrobiológicos.
- Verificar los resultados de la aplicación de medidas de mitigación y detectar posibles cambios en el patrón de comportamiento ambiental de los cuerpos de agua monitoreados.
- Configurar un sistema de alerta temprana que permita detectar a tiempo cambios ambientales negativos, para introducir las medidas correctivas que resulten necesarias.

P.O.A.L. se inició en 1988 en la localidad de Quintero y fue expandiéndose progresivamente en el tiempo a otras localidades. En 1997 llegó a las zonas de Taltal, Lota y Puerto Natales. A partir de 1993 en el marco de un convenio de cooperación con Fundación Chile, el POAL incorporó las localidades de los lagos de Ranco, Villarrica y Llanquihue y el río Valdivia. En la actualidad el POAL se realiza en base a una o dos campañas de muestreo. El POAL ha sido calificado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), como una *"fuente de primera importancia en*

*el conocimiento de los niveles de los contaminantes actuales en los cuerpos de agua del litoral chileno además de los cuerpos de agua dulceacuícolas incluidos en el programa".*

## 2.- INTRODUCCIÓN

El P.O.A.L. tiene una cobertura a nivel nacional e involucra la determinación de contenidos de analitos en muestras de agua (marina y dulceacuícola), sedimentos (marinos y límnicos) y tejidos biológicos de mitílidos, procedentes de 44 cuerpos de agua (37 marinos, 1 marinos insulares, 3 lacustres, 2 fluvial, 1 antártico) distribuidos desde Arica a Punta Arenas (Figura N° 1). Considerando Isla de Pascua y la Antártica.

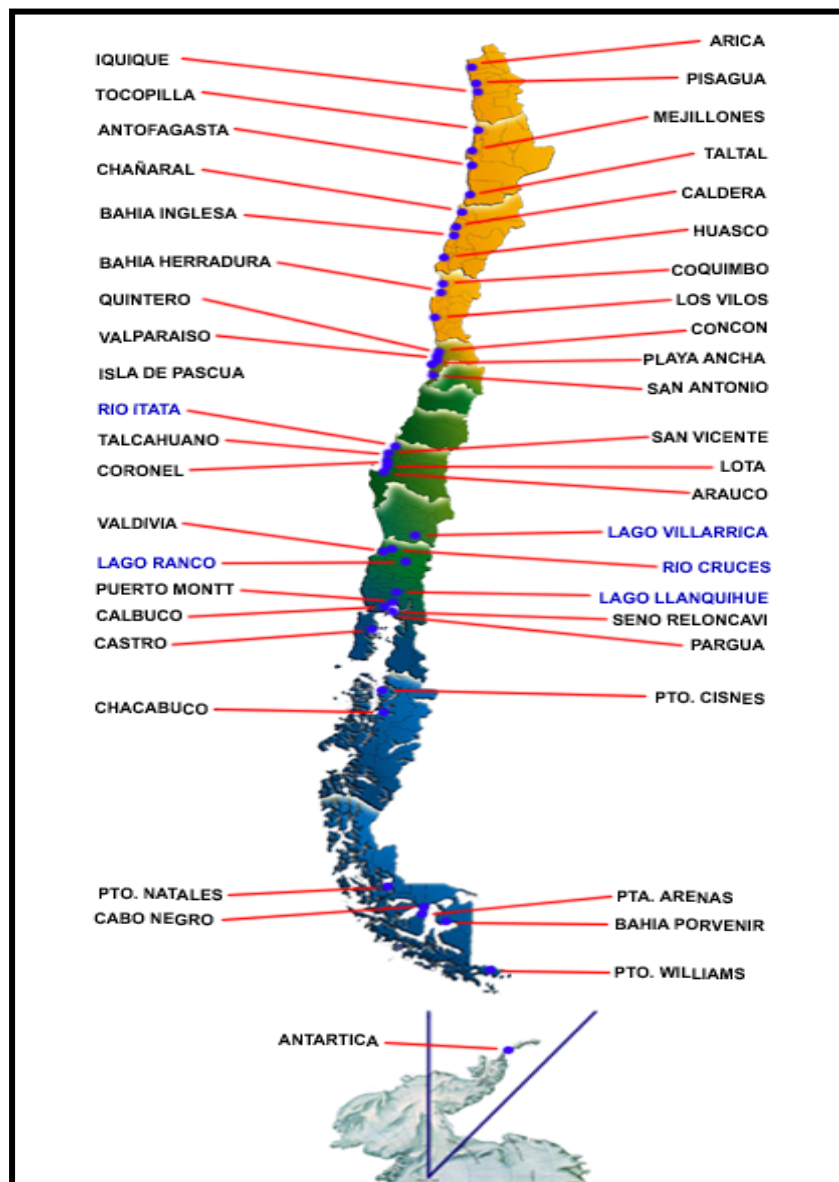


FIGURA N° 1 : Cuerpos de agua monitoreados semestralmente en el POAL



Independientemente del tipo de matriz ambiental analizada (agua, sedimentos o biota), el programa contempla actualmente el seguimiento de 21 analitos o variables ambientales.

Dado que el objetivo principal de este estudio se orienta a determinar niveles de sustancias químicas previamente seleccionadas en distintos tipos de matrices ambientales, los resultados que se presentan en este informe permiten establecer el estado actual que presenta la calidad ambiental de los 44 cuerpos de agua monitoreados en el territorio nacional.

### 3.- METODOLOGÍA

#### 3.1.- Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo que se controlan a nivel nacional fueron ubicados mediante el Sistema de Posicionamiento Global (G.P.S.), para la georreferenciación de los puntos se empleó el Datum WGS84. La información recopilada en terreno se registra en fichas de muestreo, en el Anexo I se identifican cada uno de los puntos de muestreo con los topónimos respectivos.

#### 3.2.- Parámetros analizados en las muestras de agua

En la Tabla N° 1 se identifica los parámetros analizados según el origen de la muestra de agua. Para las muestras de aguas marinas consideramos la determinación de un total de 14 parámetros; mientras que, para las aguas continentales se consideran 18 parámetros, para la matriz sedimentaria y biológica 11 y 7 variables respectivamente.

Cabe señalar que para el caso de los bifenilos policlorados (PCB) las determinaciones consideran la fracción total de estos compuestos. Para el caso de los metales, los contenidos determinados en las muestras de agua corresponden a la fracción total de los mismos, es decir, fase particulada y fase disuelta en su conjunto.

TABLA N° 1. Parámetros cuantificados por tipo de matriz acuosa.

	Parámetros	Aguas marinas	Aguas Continentales	Sedimentos	Biota
1	Aceites y Grasas	●	●		
2	Amonio	●	●		
3	Bifenilos Policlorados			●	
4	Cadmio	●	●	●	●
5	Cobre	●	●	●	●
6	Coliformes fecales	●	●		●

7	Clorofila a		●		
8	Cromo	●	●	●	●
9	DBO5		●		
10	DQO		●		
11	Fosfato	●	●		
12	Fósforo	●	●	●	
13	HAP	●	●	●	
14	Hidrocarburos totales			●	
15	Materia Orgánica			●	
16	Mercurio	●	●	●	●
17	Nitrito		●		
18	Nitrógeno Kjeldahl	●	●		
19	Plomo	●	●	●	●
20	Temperatura	●	●		
21	Zinc	●	●	●	●
Total Parámetros		14	18	11	7

HAP: hidrocarburos aromáticos policíclicos

### 3.3.- Procedimientos de recolección y análisis de las muestras de agua

En los párrafos siguientes describimos los procedimientos aplicados en terreno por el equipo de trabajo para la recolección de muestras de agua procedentes de las diferentes matrices ambientales. Todas las mediciones y observaciones efectuadas en terreno fueron registradas en fichas elaboradas expresamente para ese fin.

### 3.4.- Recolección de las muestras

#### a) Aguas marinas

Las muestras de agua marinas fueron recolectadas desde el estrato superficial mediante botellas de muestreo. En estudios acuáticos, el término superficial corresponde al estrato de agua ubicado en los primeros 0,5 m de profundidad. No se recomienda obtener muestras de agua directamente desde la superficie (interfase agua-atmósfera) debido a que sus propiedades físicas y químicas pudieran estar influenciadas por el contacto con masas de aire. Una vez a bordo, el técnico efectuó inmediatamente las mediciones de temperatura del agua. A continuación, y de acuerdo con los volúmenes requeridos por el laboratorio para el análisis de cada parámetro, se



procedió a fraccionar la muestra en alícuotas adecuadas; en caso que el volumen original fuese insuficiente, se recolectó una segunda muestra en el mismo punto de muestreo.

Una vez envasadas las muestras, éstas fueron fijadas y/o preservadas según procedimientos estandarizados establecidos en las normas chilenas oficiales NCh411/1.Of96, NCh411/2.Of96 y NCh411/3.Of96. Los envases fueron almacenados dentro de neveras termoaisladas y despachadas vía aérea o terrestre hacia el laboratorio SGS-Chile ubicado en Santiago. Una vez recepcionados, estos contenedores fueron abiertos y con la ficha de muestreo transportada en su interior se procedió a revisar la cantidad de muestras y la integridad de los envases. Una vez verificado que todo estaba en orden, las muestras fueron ingresadas el mismo día, o a la mañana siguiente, para los análisis correspondientes. Para el caso del análisis de coliformes fecales, las botellas estériles con muestras de agua fueron mantenidas en refrigeración dentro de cajas termoaisladas con bolsas de hielo en su interior y enviadas dentro de las primeras 24 horas para su recuento microbiológico.

#### **b) Aguas continentales superficiales**

Las muestras de agua dulce de lagos y ríos (lóticas y lénticas respectivamente) también fueron recolectadas desde el estrato superficial. Para la recolección, preservación, almacenamiento de muestras de agua desde cuerpos de agua, fueron aplicados los procedimientos descritos en las normas chilenas oficiales NCh411/2.Of96, NCh411/3.Of96 y NCh411/4.Of96, mientras que para los cursos de agua se realizó los procedimientos de terreno fueron efectuados atendiendo lo señalado particularmente en la norma chilena oficial NCh411/6.Of96. Para el almacenamiento y despacho de estas muestras se siguió el mismo procedimiento descrito anteriormente. Para el caso de los análisis de coliformes fecales, se aplicó el mismo criterio señalado para aguas marinas.

### **4.- Análisis de las muestras de agua**

Los análisis químicos de las muestras de agua fueron efectuados en el Laboratorio SGS-Chile (acreditado de acuerdo con los requisitos de la Norma Chilena ISO 17025:2005).

En las Tablas N°2 a N°4, se indican los procedimientos de análisis aplicados, según el origen de la muestra, los métodos aplicados para la cuantificación de los contaminantes (analitos) en las distintas matrices ambientales, corresponden a aquellos recomendados en el Anexo 1: Metodologías de Análisis incorporado en el "Instructivo Presidencial para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas".

Tabla N° 2 : Metodología aplicada para el análisis de muestras de aguas marinas y continentales superficiales.

	Parámetros	Unidad	Aguas Marinas	Aguas Continentales	Metodologías Aguas	LD
1	Aceites y Grasas	mg/L	●	●	NCh 2313/6 Of. 1997 Extracción Soxhlet-Partición con solvente	10
2	Cadmio Total	ug/L	●	●	Std. Methods Ed. 21-2005 Método 3111 C - Extracción MIBK / Absorción Atómica	5
3	Clorofila A	mg/L		●	Std. Methods Ed. 20-1998, Método 10200 H.	0.5
4	Cobre Total	ug/L	●	●	Std. Methods Ed. 21-2005 Método 3111 C - Extracción MIBK / Absorción Atómica	5
5	Coliformes Fecales	NMP/100 mL	●	●	Std. Methods Ed. 21-2005, Método 9221 E, NMP.	1.8
6	Cromo Total	ug/L	●	●	Std. Methods Ed. 21-2005 Método 3111 C - Extracción MIBK / Absorción Atómica	0.05
7	DBO5	mg/L		●	NCh 2313/5 Of. 2005. Electrodo de membrana, Incubación 5 días.	2
8	DQO	mg/L		●	NCh 2313/24 Of. 1997. Absorción molecular.	20
9	Fosfato	mg/L	●	●	Std. Methods Ed. 20-1998, Método 4500 P-C. Metavanadato de Amonio / UV-VIS.	0.2
10	Fósforo Total	mg/L	●	●	NCh 2313/15 Of. 1997. Absorción Molecular.	0,2
11	Mercurio Total	ug/L	●	●	Método de Análisis Físico-Químicos, SISS 1997, Absorción Atómica - Generación de vapor frío.	1
12	Nitratos	mg/L	●	●	Std. Methods Ed. 20-1998, Método 4500 NO3 - B, Absorción Molecular H.	0,01
13	Amonio	mg/L	●	●	NCh 2313 /16, Of. 1997, Electrodo Específico.	0,05
14	Nitrógeno Total	mg/L	●	●	NCh 2313/28, Of. 1998. Destilación - Electrodo Específico.	0.2
15	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	ug/L	●	●	I 920198005 Validado Base utilizada EPA 8100 Ed. 86, Cromatografía gaseosa.	10
16	Plomo Total	ug/L	●	●	Std. Methods Ed. 21-2005 Método 3111 C - Extracción MIBK / Absorción Atómica	5
17	Zinc Total	ug/L	●	●	Std. Methods Ed. 21-2005 Método 3111 C - Extracción MIBK / Absorción Atómica	5
18	Nitrito	mg/L		●	Método de Análisis Físico-Químicos, SISS 1997,	0,02



TABLA N° 3 : Metodología aplicada para el análisis de muestras de sedimentos.

	Parámetros	Unidad	Metodologías Sedimentos	LD
1	Mercurio Total	mg/kg	EPA 3050 - Standard Methods	0,1
2	Cadmio Total	mg/kg	EPA 3050 - Standard Methods	0,1
3	Cromo Total	mg/kg	EPA 3050 - Standard Methods	0,5
4	Cobre Total	mg/kg	EPA 3050 - Standard Methods	0,1
5	Plomo Total	mg/kg	EPA 3050 - Standard Methods	0,5
6	Zinc Total	mg/kg	EPA 3050 - Standard Methods	0,1
7	Fósforo Total	mg/kg	NCh 2313 / 15	5
8	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/kg	Std. Methods (1998) 4500-NH3 D,B / NCh. 2313 / 28	0,2
9	Materia Orgánica	%	Método de análisis de suelos / Instituto de Investigación agropecuaria Serie La Platina N°16	0,1
10	PCBs	mg/kg	EPA 3520 C	0,05
11	Hidrocarburos Totales	mg/kg	NCh 2313 / 7, EPA 3520 C	25

TABLA N° 4 : Metodología aplicada para el análisis de muestras biológicas.

	Parámetros	Unidad	Metodologías Muestras Biológicas	LD
1	Mercurio Total	mg/kg	EPA 3050 - Standard Methods	0,1
2	Cadmio Total	mg/kg	EPA 3050 - Standard Methods	0,1
3	Cromo Total	mg/kg	EPA 3050 - Standard Methods	0,5
4	Cobre Total	mg/kg	EPA 3050 - Standard Methods	0,1
5	Plomo Total	mg/kg	EPA 3050 - Standard Methods	0,5
6	Zinc Total	mg/kg	EPA 3050 - Standard Methods	0,1
7	Coliformes Fecales	NMP/100g	NCh - 2732 - 2001 Moluscos Bivalvos. Determinación de Coliformes Fecales - (NMP/100g)	10

### 5.- Tratamiento de la información

La información se presenta por cuerpo de agua considerando las dos matrices ambientales en que se muestrea; los resultados fueron sistematizados en tres secciones: ubicación;

estadígrafos de tendencia central y de dispersión; y comparación con la normativa ambiental hídrica vigente.

#### **6.- Comparación con la normativa ambiental hídrica vigente**

Los resultados obtenidos (cuantificaciones de los parámetros) fueron comparados con las referencias ambientales nacionales que protegen los recursos hídricos del territorio nacional. Dado que aún está en estudio la norma de calidad ambiental para cursos y cuerpos de agua de cuencas y para los cuerpos de agua marinos, no contamos con valores referenciales para cada parámetro. Actualmente no es posible aplicar un criterio de cumplimiento, es decir, establecer si en un determinado punto de muestreo las aguas cumplen o no con los valores máximos de concentración establecidos para una determinada clase de calidad. Por lo anterior se decidió comparar nuestros resultados con las directrices propuestas en la Guía de la Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA para la dictación de normas secundarias de calidad ambiental, en este caso para aguas marinas. Según la siguiente definición:

- a) **Aguas marinas:** los contenidos de contaminantes o analitos generados en cada campaña de muestreo, fueron comparados con los valores máximos de concentración establecidos en la sección IV de los Criterios Nacionales para la dictación de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas marinas" del documento "Guía CONAMA para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas", en adelante Guía CONAMA, Tabla N° 5.

TABLA N° 5 : Estándares de Calidad Ambiental Nacional para Aguas Marinas

Parámetro	Agua Marina Clase 1	Agua Marina Clase 2	Agua Marina Clase 3
Mercurio (ppb)	<0,2 <sup>(1)</sup>	0,2 - 0,5	0,5 <sup>(1)</sup>
Cadmio (ppb)	<5 <sup>(1)</sup>	5 - 10	10 <sup>(1)</sup>
Plomo (ppb)	<3 <sup>(1)</sup>	3 - 50	50 <sup>(1)</sup>
Cobre (ppb)	<10 <sup>(1)</sup>	10 - 50	50 <sup>(1)</sup>
Zinc (ppb)	<30 <sup>(1)</sup>	30 - 100	100 <sup>(1)</sup>
Cromo (ppb)	< 10 <sup>(1)</sup>	10 - 50	50 - 100 <sup>(1)</sup>
PCB (ppb)	<0,001	0,001	0,001
Fósforo Total (ppm)	---	---	---
Nitrógeno Total (ppm)	---	---	---
Nitrato (ppm)	---	---	---
Amonio (ppm)	<5	5 - 10	10 - 15
Fosfato (ppm)	---	---	---
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	<2	<43	<1000
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (ppb)	<0,2	<0,2	0,2 - 1
Grasas y Aceite (ppm)	5	5	10

N

*Nota: (1), Límites para metales disueltos*

*Ref.: Guía CONAMA para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas", en adelante Guía CONAMA, Tabla N° 5*

- b) Aguas continentales superficiales:** los contenidos de contaminantes o analitos fueron comparados con los valores máximos y mínimos señalados en la Tabla N°1, excepto los metales que fueron contrastados con los valores máximos consignados en la Tabla N° 1.1, ambas tablas incorporadas en la sección "III. Criterios nacionales específicos para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales" de la Guía CONAMA. (ver Tabla N° 6)

TABLA N° 6. Estándares de Calidad Ambiental Nacional para Aguas Continentales

Parámetro	Clase Excepción	Agua Continental Clase 1	Agua Continental Clase 2	Agua Continental Clase 3
Mercurio (ppb)	<0,08	0,1 <sup>(1)</sup>	0,1	1 <sup>(1)</sup>
Cadmio (ppb)	<2	2,2 <sup>(1)</sup>	10	10 <sup>(1)</sup>
Plomo (ppb)	<2,5	3,2 <sup>(1)</sup>	200	5000 <sup>(1)</sup>
Cobre (ppb)	<7,5	9,4 <sup>(1)</sup>	200	1.000 <sup>(1)</sup>
Zinc (ppb)	<97	122 <sup>(1)</sup>	1000	5071 <sup>(1)</sup>
Cromo (ppb)	<32	40,0 <sup>(1)</sup>	100	100 <sup>(1)</sup>
PCB (ppb)	----	0,040 <sup>(1)</sup>	0,045	> 0,045 <sup>(1)</sup>
Nitrato (ppm)	---	---	---	---
Amonio (ppm)	<0,5	1,0	1,5	2,5 <sup>(1)</sup>
Fosfato (ppm)	----	---	---	---
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	<10	1000 <sup>(1)</sup>	2000	5000 <sup>(1)</sup>
Hidrocarburos Totales (ppm)	<0,04	0,05 <sup>(1)</sup>	0,2	1 <sup>(1)</sup>
Hidrocarburos Aromáticos Policiclicos (ppb)	<0,16	0,2 <sup>(1)</sup>	1	1 <sup>(1)</sup>
Grasas y Aceite (ppm)	<4	5 <sup>(1)</sup>	5	10 <sup>(1)</sup>
DBO5 (ppm)	<2	5	10	20

Para el caso de los sedimentos, Los valores de concentración para metales pesados analizados en sedimentos fueron comparados con las directrices canadienses de sedimentos para la protección de la vida acuática las cuáles están siendo desarrolladas al amparo del *Canadian Council of Ministers of the Environment* (C.C.M.E.).

El gobierno de Canadá considera éste un tema de importancia para el país, debido principalmente a las consecuencias que tiene en los ámbitos de evaluación ambiental, protección y manejo de ecosistemas acuáticos. En años recientes, Canadá ha puesto mayor énfasis en la protección de otros componentes del ecosistema, como son los sedimentos y los suelos naturales, como así también en otros usos del agua, distinto al del agua potable para consumo humano, como son vida acuática marina y dulceacuícola, recreación y estética, riego, suministro de agua para animales y abastecimiento de agua industrial, en forma complementaria, y para evaluar la calidad de los sedimentos, Canadá ha elaborado directrices de calidad de sedimentos marinos y lacustres enfocadas hacia la protección de la vida acuática (Tabla N °7).

Las directrices propuestas por Canadá, considera el nivel de efecto probable, lo que implica la ocurrencia de efectos adversos sobre el ecosistema acuático, estas directrices son herramientas interpretativas flexibles para evaluar la significancia toxicológica de las concentraciones de sustancias químicas en los sedimentos.

Para el caso de las variables correspondientes a nitrógeno, fósforo y materia orgánica, se optó considerar algunos de criterios de calidad internacional (no definidas en las directrices canadienses), para la preservación de los ecosistemas y sus recursos, ante la carencia de directrices nacionales atingentes.

### DIRECTRICES DE CALIDAD DE SEDIMENTOS NACIONALES

TABLA N° 7 : Estándares Referenciales de Calidad Ambiental Sedimentaria

Parámetro	Sedimentos
Mercurio (ppm)	0,7 <sup>(1)</sup>
Cadmio (ppm)	4,2 <sup>(1)</sup>
Plomo (ppm)	112 <sup>(1)</sup>
Cobre (ppm)	108 <sup>(1)</sup>
Zinc (ppm)	271 <sup>(1)</sup>
Cromo (ppm)	160 <sup>(1)</sup>
PCB (ppb)	189 <sup>(1)</sup>
Fósforo Total (ppm)	600 <sup>(2)</sup>
Nitrógeno Total (ppm)	550 <sup>(2)</sup>
Materia Orgánica (ppm)	1% <sup>(2)</sup>
Hidrocarburos Totales (ppm)	-----
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (ppm)	16,77 <sup>(1)</sup>

*Los valores aquí presentados son solamente referenciales y no constituyen herramientas regulatorias de carácter obligatorio o impositivo.*

-----: No se cuenta con estándar de calidad

*Nota:*

(1) *Directrices canadienses interinas de calidad de sedimentos marinos en base al peso seco.*

(2) *PERSAUD, D. JAAGUMAGI, R. and A. HAYTON. 1993. Guidelines for the Protection and Management of Aquatic sediment quality in Ontario. Ontario ministry of Environment and Energy Report..*

Se utilizarán los conceptos de Normal (N), Moderado (M) y Crítico (C) para catalogar el tipo de sedimentos encontrado, según la concentración de contaminantes o analitos entregada por el laboratorio, dependiendo de si éste tiene o no efectos nocivos sobre los organismos. A continuación se explican estos conceptos.

El criterio Normal (N) corresponde a los valores que están bajo las directrices referenciales que se usarán para este informe y se asocia con niveles basales o bajos contenidos de sustancias contaminantes en los sedimentos, cuya ocurrencia no significa efectos negativos sobre la componente biótica que conduzcan a una variabilidad mayor a la esperada debido a la dinámica natural del sistema. Este tipo de condición sedimentaria se encontrará asociada a áreas prístinas o remotas, en sectores alejados de la intervención humana directa o donde ésta sea esporádica, en áreas destinadas a la preservación de vida marina (i.e. reservas marinas) o en sectores de alta dinámica costera que impide la acumulación de sustancias contaminantes en los sedimentos sublitorales. Los usos o actividades humanas asociadas con esta categoría tendrán un mínimo impacto sobre la calidad sedimentaria (i.e. pesca y buceo, baño, reservas marinas).

El criterio Moderado (M), correspondiente a los valores propuestos en las directrices internacionales, se encontrarían en sectores expuestos a fuentes difusas de contaminación o relativamente próximos a fuentes puntuales.

Dependiendo de la intensidad y continuidad de la fuente contaminante, como así también de la sensibilidad de la componente biótica, es esperable que los efectos se manifiesten en diferentes grados de intensidad y de múltiples formas.

Los usos o actividades humanas asociadas con esta categoría tendrán un mínimo moderado sobre la calidad de los sedimentos (i.e. acuicultura, residuos líquidos de industrias pesqueras, emisarios de residuos líquidos domésticos, borde costero con asentamientos humanos urbanizados).

Finalmente el criterio Crítico (C) representa las peores condiciones de alteración de la matriz sedimentaria. Corresponden a valores que están por sobre un criterio conocido como PEL (del Inglés *probable effect level* o nivel probable de producir un efecto) de acuerdo a las directrices de calidad de sedimento para Canadá y Florida. Valores C entonces se encontrarán ante una situación de degradación ambiental a que están sometidos los sedimentos. Esto implica la presencia de altos contenidos de sustancias contaminantes. Esta condición permite suponer que la componente biótica podría estar expuesta a múltiples factores estresantes. Bajo este criterio, los efectos inducidos por las altas concentraciones de contaminantes en los sedimentos, superan los límites de tolerancia de los componentes bióticos terminando por destruir las condiciones



originales de equilibrio. Los usos o actividades humanas asociadas con esta categoría tendrán un alto impacto sobre la calidad de los sedimentos (i.e. descargas de residuos industriales de industrias petroquímicas, sectores de vertimiento de dragados, acumulación de relaves mineros, instalaciones portuarias y astilleros, descargas orgánica y eutroficación de cuerpos de agua).

## 7.- Ubicación

Para la delimitación de los cuerpos de agua que se consideran en el POAL se recurrió a las cartas náuticas publicadas por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (S.H.O.A.). En términos generales, seleccionamos los cuerpos de agua por la concentración de actividades que en él se realizan (bahía, puerto, lago o río).

En términos más precisos, hemos definido un cuerpo de agua marino, como una unidad ambiental marítima costera de extensión variable, circunscrito a la zona litoral, cuyo límite con el ambiente terrestre corresponde a la línea de marea más alta; mientras que, el límite oceánico está dado por el veril de los 100 m de profundidad. Para clasificar los cuerpos de agua marinos, establecimos dos categorías según su relación con el borde costero:

- a) Expuesto: espacio marítimo limitado por borde costero que mantiene libre comunicación con las aguas contiguas; en consecuencia, sus propiedades físicas y químicas dependen directamente de los distintos fenómenos y procesos marinos que se desarrollan en aguas circundantes. Entre las geoformas litorales asociadas con este tipo de cuerpo de agua se encuentran: litoral abierto, rada y seno.
- b) Protegido: espacio marítimo que se encuentra rodeado en grado variable por borde costero, de modo que sus propiedades físicas y químicas son influenciadas en forma indirecta y en intensidad variable por las aguas contiguas. Entre las geoformas litorales asociadas con este tipo de cuerpo de agua se encuentran: golfo, bahía, ensenada, fiordo, estrecho y canal.

Aunque el criterio dicotómico adoptado en este informe reconoce dos categorías: cuerpos de agua expuestos y protegidos, consideramos que su definición representa prácticamente toda la gama de condiciones oceanográficas que se presentan a lo largo del borde costero del territorio nacional. Por otra parte, los conceptos de expuesto y protegido también se vinculan con el grado de autodepuración natural de estas aguas. En los cuerpos de agua expuestos, es decir aquéllos cuyas aguas tienen un bajo tiempo de residencia debido a la alta tasa de recambio que experimentan con aguas vecinas de origen oceánico, debería esperarse que esta condición favoreciera la dilución y dispersión de sustancias contaminantes procedentes de fuentes puntuales y difusas. Por el contrario, en el caso de los cuerpos de agua protegidos, la baja tasa de renovación de sus aguas propiciaría procesos de acumulación de contaminantes, cuyo destino final

son los sedimentos y el componente biótico de estos ecosistemas. En este último caso, sería necesario implementar medidas de control más rigurosas para evitar el deterioro de las condiciones ambientales.

## 8.- Estadígrafos de tendencia central y de dispersión

Tanto para cuerpos de aguas marinos como aguas continentales superficiales se elaboró una tabla en que se resume, mediante estadígrafos de tendencia central (promedio) y de dispersión (desviación estándar, mínimo y máximo), los resultados de cada parámetro en función del tipo de contaminante: metalogénico, nutrientes, inorgánicos, orgánicos y microbiológicos.

Para aquellos casos en que los valores estuvieron bajo el límite de detección, se consideró dicha cifra como valor para el cálculo de los estadígrafos. Por ejemplo, si el límite de detección del cianuro es  $< 0,002 \text{ mg/L}$ , para efectos de cálculo esta expresión fue registrada como  $0,002 \text{ mg/L}$ .

En relación con el criterio señalado anteriormente, cabe señalar que en el procesamiento de este tipo de datos, uno de los inconvenientes es la presencia de valores bajo el límite de detección, lo cual dificulta su procesamiento para efectos de cálculo. Frente a esta disyuntiva, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos recomienda tres opciones de análisis según el porcentaje de valores no detectados (EPA, 2000). En el procesamiento de los datos se adoptó el criterio que sugiere reemplazar los contenidos bajo límite de detección por el mismo valor de este límite. Si bien se advierte que esta metodología puede introducir un sesgo positivo en los datos, consideramos que otro tipo de tratamiento (por ejemplo, reemplazo por un valor muy pequeño;  $LD * 0,5$ ; interpolación mediante promedios, etc.) hubiese introducido un sesgo mayor aún en los datos.

**ANÁLISIS DE CALIDAD AMBIENTAL DE LOS MUESTREOS  
EFECTUADOS EN AGUA Y SEDIMENTO, EN CUERPOS  
DE AGUA MARINOS Y CONTINENTALES DE JURISDICCIÓN  
NACIONAL.**

**CAPÍTULO  
2**

---

## BAHÍA DE ARICA



## II.2.1.- BAHÍA DE ARICA

### A) Antecedentes Físicos

La Primera Región de Tarapacá se extiende aproximadamente entre los 170° 30' y 210° 28' de latitud sur. La superficie regional es de 59.247,7 km<sup>2</sup> equivalentes al 7,8% del territorio nacional, excluida la Antártica chilena.

La Región de Tarapacá presenta un paisaje de extrema aridez, cuya característica principal es la ausencia casi absoluta de precipitaciones y temperaturas extremas con fuertes amplitudes entre el día y la noche. Así, desde un punto de vista climático, se puede definir como una zona desértica con marcada influencia oceánica en la costa y un desierto de tipo tropical al interior.

En la región se distinguen tres unidades de relieve, correspondiendo en términos generales a los tres sistemas orográficos tradicionales de Chile. Sin embargo, la Depresión Intermedia se transforma en la llamada Meseta o Pampa Intermedia o del Tamarugal. Las tres unidades son: Cordillera de los Andes o Altiplano, Meseta o Pampa y la Cordillera de la Costa que se presenta acantilada (Figura N° 1 Mapa físico I Región).

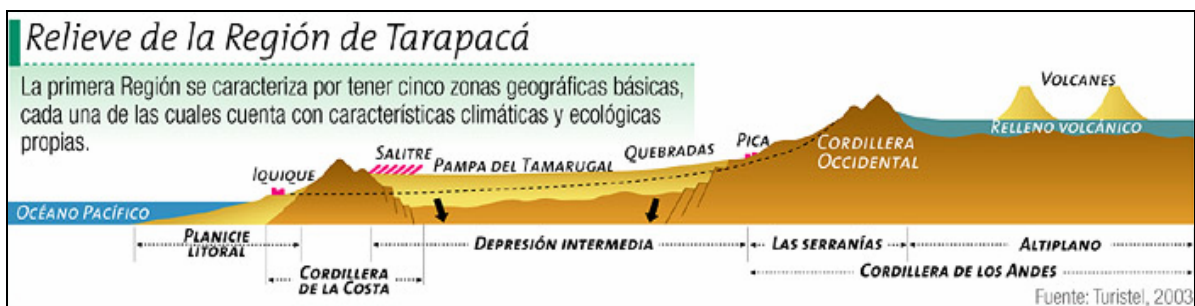


Figura N° 1: Mapa Físico Región de Tarapacá

Entre los principales ríos y cuerpos de agua presentes en la región se destacan el río Lauca, el lago Chungará y el río Lluta. Otros cursos de agua de menor importancia, pero que también desembocan en el mar son los correspondientes a las quebradas de Azapa, Vitor, Camarones y Tana. Al sur de esta última y hasta la desembocadura del río Loa, ya en la Segunda Región, no existen cursos de agua, siendo un área *arreica* (carente de ríos). Los caudales o gastos promedio anuales de estos cursos son inferiores a 1 m<sup>3</sup>/seg. y se caracterizan por ser muy irregulares o intermitentes, presentando períodos secos de varios años. Para solucionar en parte este problema se ha efectuado obras de ingeniería para trasvasiar agua del río Lauca a través de canales y túneles que permitan mantener un caudal constante y asegurar el riego del valle y el consumo para la población de la ciudad de Arica.

La construcción de embalses, como es el caso del embalse Caritaya en el curso del río Camarones, permite regular el caudal y lograr un abastecimiento de agua para riego de áreas reducidas, donde se cultiva principalmente hortalizas, cítricos, vid y olivos. Este último cultivo, especialmente en el valle de Azapa.

### B) Antecedentes Demográficos

Actualmente la región tiene una subdivisión político-administrativa compuesta por tres provincias y once comunas. La Provincia de Parinacota, cuya capital provincial es Putre, la Provincia de Arica, cuya capital provincial es Arica, y la Provincia de Iquique, cuya capital provincial es Iquique.

De sus tres provincias, Iquique registró el mayor crecimiento poblacional, con un 44,4%, aumentando de 165.460 a 238.950 habitantes. Arica tiene hoy una población de 186 mil 488 habitantes, 9,5% más que el

año 1992, cuando sumó 170 mil 304. En la provincia de Parinacota, existe menos población que hace una década. Ésta fue de 3.815 personas el año 1992 y se redujo a 3.156 habitantes (-17,3%), según los datos estadísticos de 2002.

Tabla N° 1: Crecimiento Intercensal 1992-2002 Región de Tarapacá

	Población 1992	Población 2002
Región de Tarapacá	339.579	428.594
Iquique (incluye A. Hospicio)	151.677	216.419
Camiña	1.422	1.275
Colchane	1.555	1.649
Huara	1.972	2.599
Pica	2.512	6.178
Pozo Almonte	6.322	10.830
Arica	169.456	185.268
Camarones	848	1.220
Putre	2.803	1.977
General Lagos	1.012	1.179

Fuente: Infopais; Sistema de Información Regional, Mideplan 2005.

### C) Principales Actividades Económicas.

**Minería:** La región posee variadas e importantes reservas mineras metálicas y no-metálicas. Sus productos principales son: cobre, plata, oro salitre, potasio, azufre, sulfato de aluminio y mármol.

**Industria:** El crecimiento experimentado por la región en el área industrial es comparable con el alcanzado por las regiones de Santiago, Concepción y Valparaíso.

Como los recursos marinos son abundantes, las industrias de harina y aceite de pescado aprovechan las ventajas de rebajas de impuestos para instalar sus plantas procesadoras en los puertos de Arica e Iquique.

**La pesca:** Constituye, junto con la minería, el principal recurso regional. El sector pesquero está orientado preferentemente hacia la diversificación industrial, relacionada con conservería y congelado, obteniéndose de esta manera un mejor aprovechamiento del recurso y un valor comercial con mayor cotización internacional. La especie más abundante de la región es la sardina española y le sigue la agujilla con buen rendimiento en la industria conservera. La pesca artesanal representa una buena fuente de mano de obra, que ocupa más de 800 personas con un promedio de 3.900 toneladas de captura anuales. La captura de peces se realiza en todo el mar adyacente a la costa de la Primera Región en un rango de 0 a 60 millas mar afuera, que se ven favorecidas por la presencia de la corriente fría de Humboldt.

Debido a la falta de agua, la mayor parte de la energía es de origen térmico. La región cuenta con una capacidad instalada de plantas generadoras de energía construidas por EDELNOR S.A. y otras privadas. La planta hidroeléctrica de Chapiquiña con 10.200 Kw. (1986) y las centrales termoeléctricas de Arica con 14.294 Kw. (1986) e Iquique con 43.010 Kw. (1986), son las más importantes de la región. El sistema regional está interconectado con una línea de alta tensión y posee además un recurso potencial constituido por los campos geotérmicos de Puchuldiza y Surire.



**D) Principales Problemas Ambientales en el Puerto de Arica**

En la región del norte de Chile, el ambiente costero está expuesto a una gran variedad de contaminantes derivados de la actividad y desarrollo del hombre. La actividad industrial ha traído asociado a su crecimiento un innegable deterioro del medio ambiente, producto de la gran cantidad de contaminantes eliminados, sin un adecuado tratamiento.

Los lugares contaminados con metales pesados son principalmente: sitio de la explanada norte en el puerto local el cual se encuentra contaminado con plomo y zinc los que están en tránsito desde Bolivia y los cuales se encuentran al aire libre y a su vez el puerto local está recibiendo y acopiando un material denominado Nitrato de Amonio, en donde este material es utilizado como fertilizante.

Por otra parte otro de los problemas que presenta el puerto de Arica, tiene relación con los malos olores provenientes de la actividad de las industrias pesqueras y productora de harina de pescado.

Sin embargo, de igual forma se produce contaminación acuática por efluentes que contienen materia orgánica y química provenientes de plantas reductoras, especialmente en la comuna de Iquique. Este es un problema considerado de valoración media alta. Esta situación está llevando a una eutroficación del área costera aledaña con modificación de las estructuras biológicas acuáticas.

Por último, la contaminación acuática de carácter físico y químico proveniente de las descargas portuarias no controladas, esencialmente en los puertos y terminales marítimos de Iquique, se debe primordialmente a un mal manejo de los residuos dentro del recinto portuario sumado a la baja conciencia en el manejo de los residuos dentro de embarcaciones. Dependiendo del tipo de residuos que se descarga, existe riesgo de toxicidad hacia los recursos hidrobiológicos.

**E) Principales Empresas de la Región y sus Principales Contaminantes**

GM ARICA					
EMPRESA	N° de Plantas	N° de Ductos	Naturaleza de Descarga	Tipo Emisario	Principales Contaminantes
A. del Altiplano S.A.	1	1	Aguas Servidas	Submarino	Coliformes Fecales, Aceites y Grasas,
A. del Altiplano S.A.	1	1	Aguas Descarte	Submarino	Sólidos Suspendidos y Sedimentables, Detergentes
Corpesca S.A.	1	1	Aguas Descarga	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Cadmio, Manganeso, Zinc, Temperatura Fósforo, Nitrógeno Kjelh total, Sulfato, Fenoles

**F) RESULTADOS**

A continuación se entregan los resultados obtenidos luego de 6 años de análisis de contaminantes en agua y sedimentos en la Bahía de Arica.

**F.1.- Ubicación Puntos de Muestreo:**

Este cuerpo de agua tiene asignado un total de 3 estaciones de agua, identificadas con la letra "A" y 8 estaciones de sedimentos identificadas con la letra "S". Las coordenadas geográficas y los topónimos respectivos son los siguientes:

ARICA				
EST.	LAT. SUR	LONG OESTE	PROF.	NOMBRE LOCAL
A2	18°28'26"	70°19'30"	10	Poza Puerto
A4	18°30'30"	70°19'12"	22	Pesquera Coloso
A8	18°25'00"	70°19'36"	15	Desemb Río Lluta
S1	18°27'24"	70°18'54"	<20	Emisario
S2	18°28'26"	70°19'30"	<20	Poza Puerto
S3	18°29'36"	70°19'50"	<20	Caleta La Lisera
S4	18°30'30"	70°19'12"	<20	Pesquera Coloso
S6	18°28'42"	70°18'39"	<20	Norte Península. Alacrán
S7	18°28'58"	70°19'51"	<20	Sur Península Alacrán
S8	18°25'00"	70°19'36"	<20	Desemb. Río Lluta
SB	18°28'06"	70°18'52"	<20	Norte Bahía Chimba

Según la conformación topográfica del borde costero, este cuerpo de agua es clasificado en la categoría de expuesto. En la Figura N° 2 se representa la distribución de los puntos de muestreo del cuerpo de agua.

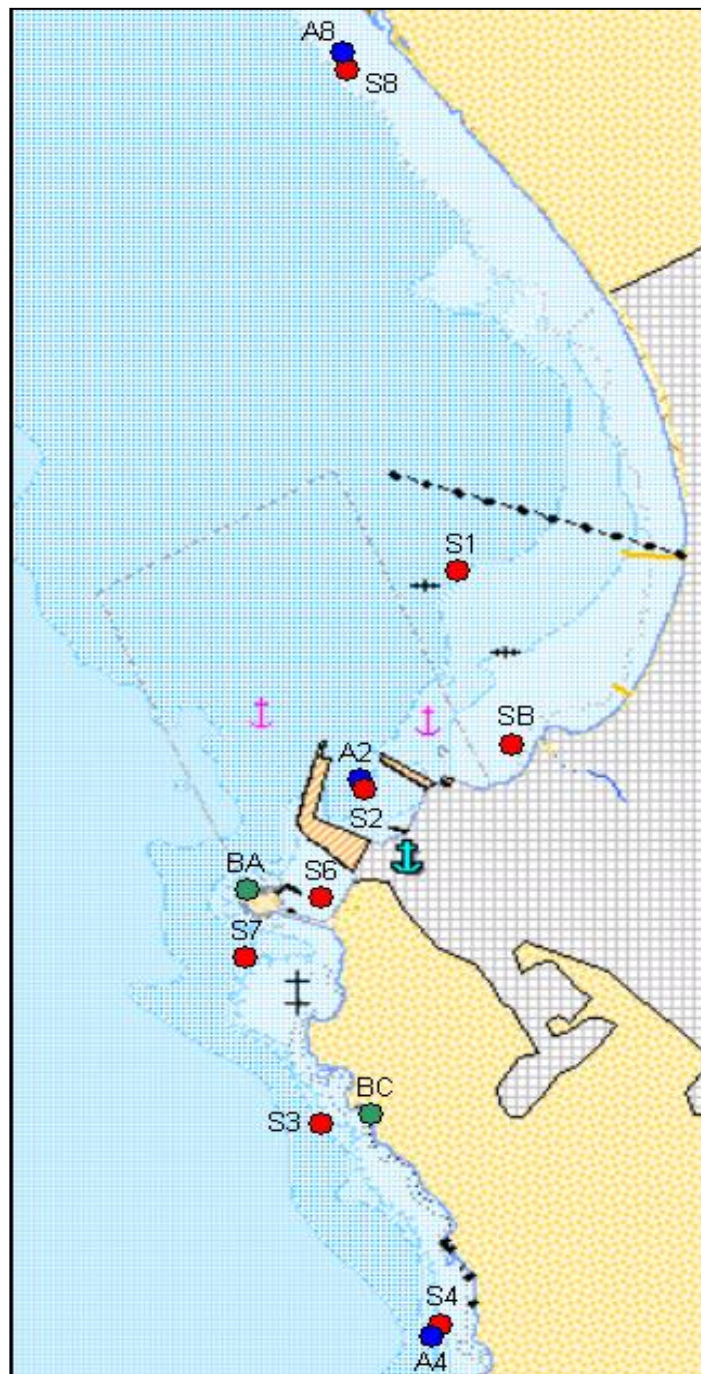


FIGURA N° 2 : Estaciones de muestreo en el cuerpo de agua marino de Arica.

## F.2.- Análisis Muestras de Agua:

## Mercurio Total Agua:

El gráfico N° 2.1 refleja el comportamiento de mercurio determinado en las muestras de agua entre el período el 2002 - 2007.

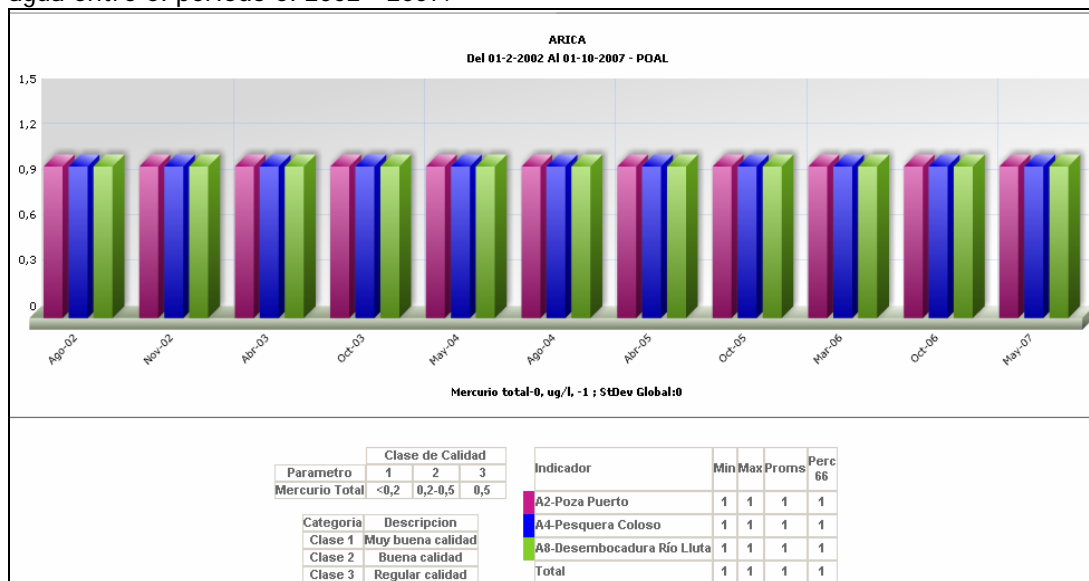


Gráfico N° 2.1 comportamiento ambiental de mercurio (ppb) en agua de mar

Se observa del gráfico que durante las campañas P.O.A.L., mercurio no fue detectado analíticamente en ninguna de las tres estaciones muestreadas ya que los contenidos observados estuvieron bajo el límite de detección < 1 ppb.

## Cromo y Plomo Total Agua:

En los gráficos N° 2.2 y N° 2. 3, se aprecia el comportamiento de los metales cromo y plomo en las muestras de agua determinados entre los años 2002 y 2007.

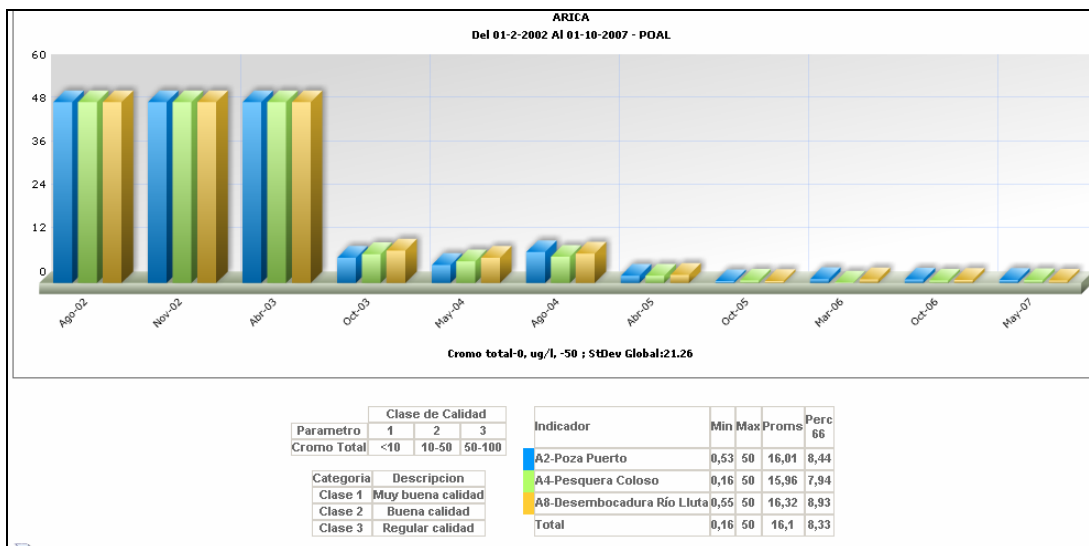


Gráfico N° 2.2 comportamiento ambiental de cromo (ppb) en agua de mar

Los valores evidenciados entre las campañas del año 2002 y parte del año 2003 para cromo y plomo corresponden al límite de detección informado por el laboratorio de < 50 ppb, límite que fue disminuido en las campañas posteriores (<5 ppb), a partir de ese período los valores obtenidos

en las campañas de muestreo evidencian valores bajos, ya que los contenidos de cromo caen dentro de la Clase 1 y los de plomo en la Clase 2; que corresponden a un agua de muy buena y buena calidad respectivamente.

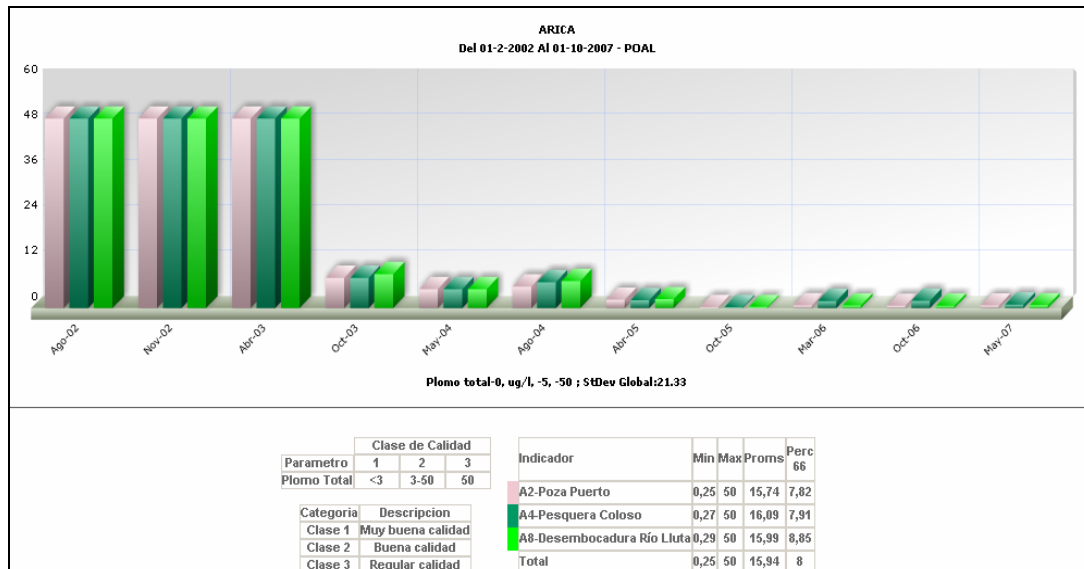


Gráfico N° 2.3 comportamiento ambiental de plomo (ppb) en agua de mar

#### Cobre y Cadmio Total Agua:

Los gráficos N° 2.4 y N° 2.5, muestran las variaciones de cobre total y cadmio total en las muestras de agua analizadas entre los años 2002 y 2007.

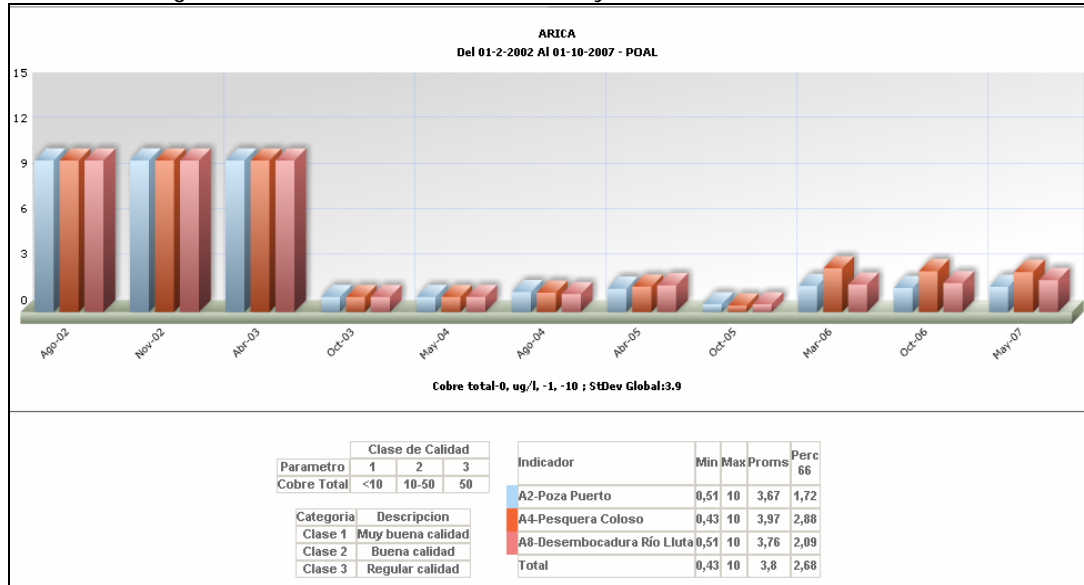


Gráfico N° 2.4 comportamiento ambiental de cobre (ppb) en agua de mar

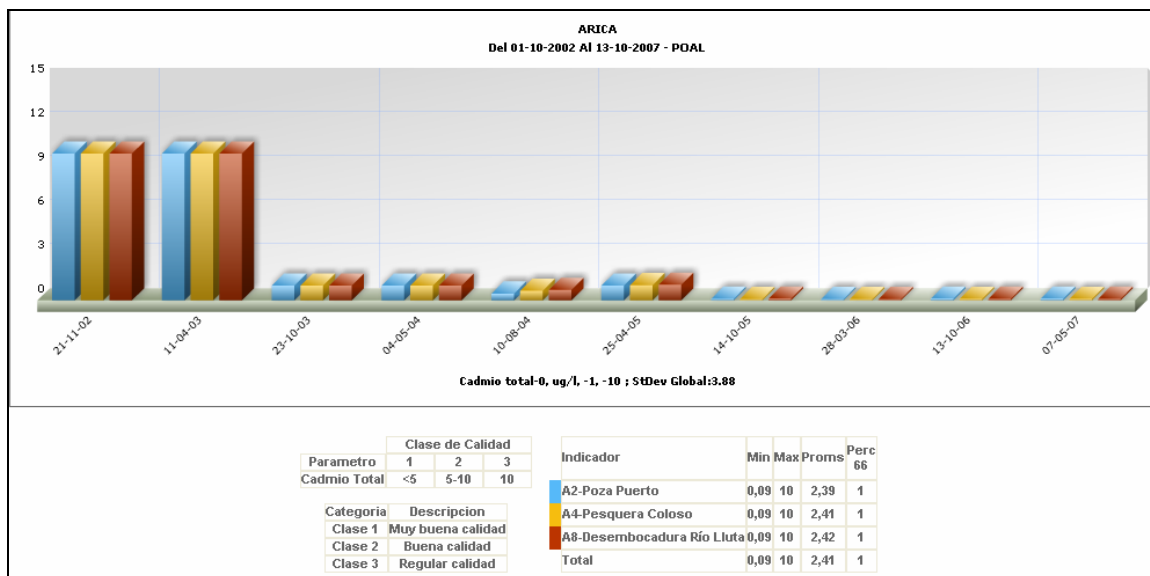


Gráfico N° 2.5 comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua de mar

Los valores observados para cobre y cadmio entre el año 2002 y la primera campaña del 2003, no fueron mayores al límite de detección del instrumental (<10 ppb). Este límite de detección fue menor en los análisis siguientes (<1 ppb), no obstante ambos metales no sobrepasaron los 3 ppb, lo que implica que las aguas están dentro de la Clase 1 (calidad muy buena), para cadmio, según lo define definida por la Guía CONAMA.

#### Zinc Total Agua:

El gráfico N° 2.6, presenta la variación de zinc de las muestras de agua determinadas en las estaciones de muestreo en el período comprendido entre el 2002-2007.

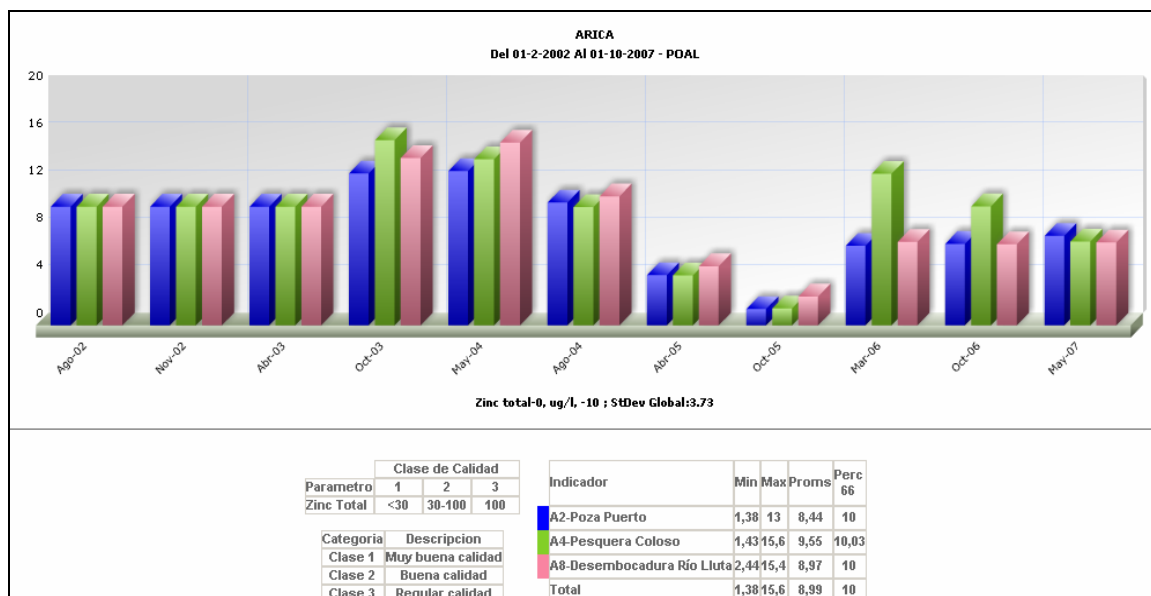


Gráfico N° 2.6 comportamiento ambiental de zinc (ppb) en agua de mar

Los contenidos de zinc no evidencian una degradación ambiental por este metal, toda vez que los valores registrados clasifican este cuerpo de agua dentro de la Clase 1.

**Amonio en Agua:**

El gráfico N° 2.7 muestra la serie de tiempo de las concentraciones de amonio en agua de mar en la bahía de Arica. entre los años 2002 al 2007.

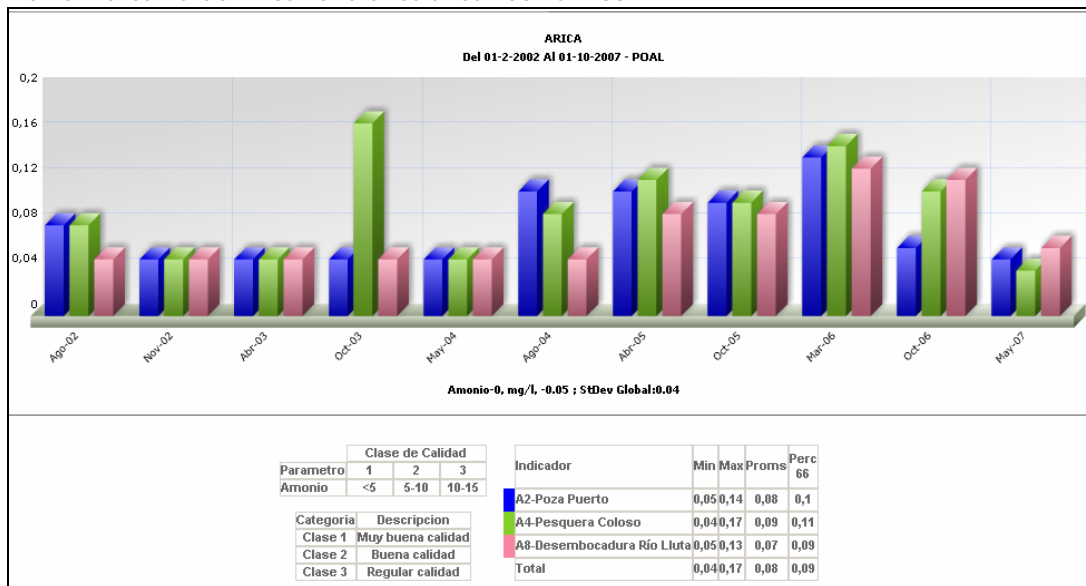


Gráfico N° 2.7 comportamiento ambiental de amonio (ppm) en agua de mar

La cuantificación de amonio en las muestras de agua, da cuenta de concentraciones bajas durante todo el período de muestreo realizado entre el 2002 al 2006, el valor más alto se detectó durante el muestreo del 2003 en la estación A4 (Pesquera Coloso) con 0,17 ppm. En síntesis, la calidad ambiental de las aguas marinas para este parámetro en Arica se mantuvo muy buena durante todo el período considerado.

**Aceites y Grasas Agua:**

El gráfico N° 2.8 presenta la variación de aceites y grasas en las muestras de agua determinadas en el período 2002 - 2007.

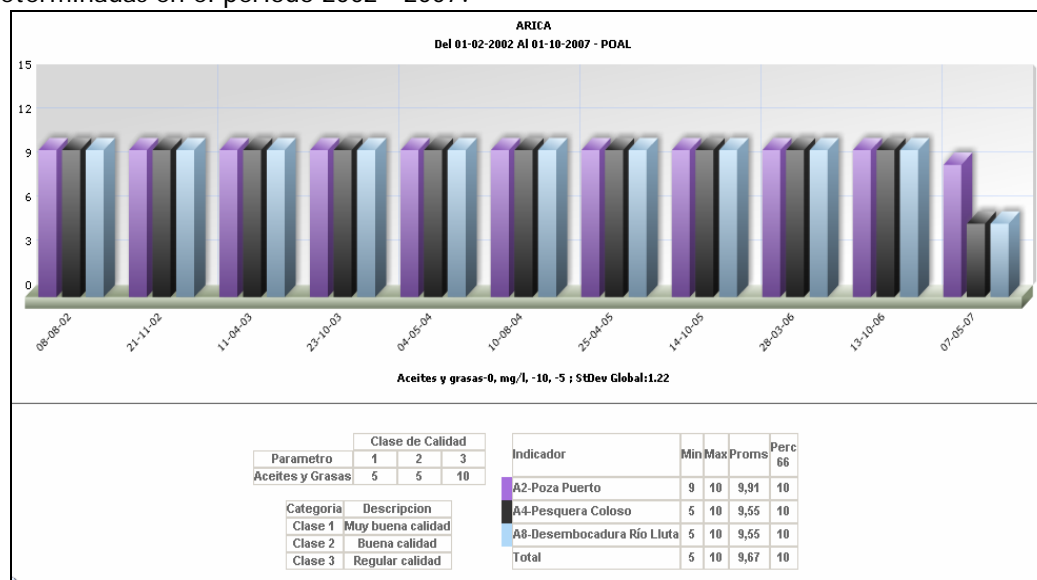


Gráfico N° 2.8 comportamiento ambiental de aceites y grasas (ppm) en agua de mar



Se evidencia que este compuesto orgánico presentó valores desde el 2002 al 2006 que correspondían al límite de detección (< 10 ppm), límite que disminuyó en la campaña del año 2007 (< 5 ppm), reflejándose que la estación A2 (Poza Puerto) registró un contenido de 9 ppm.

#### Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en Agua:

El gráfico N° 2.9, muestra la variación de HAPs entre el 2002 y el 2006.

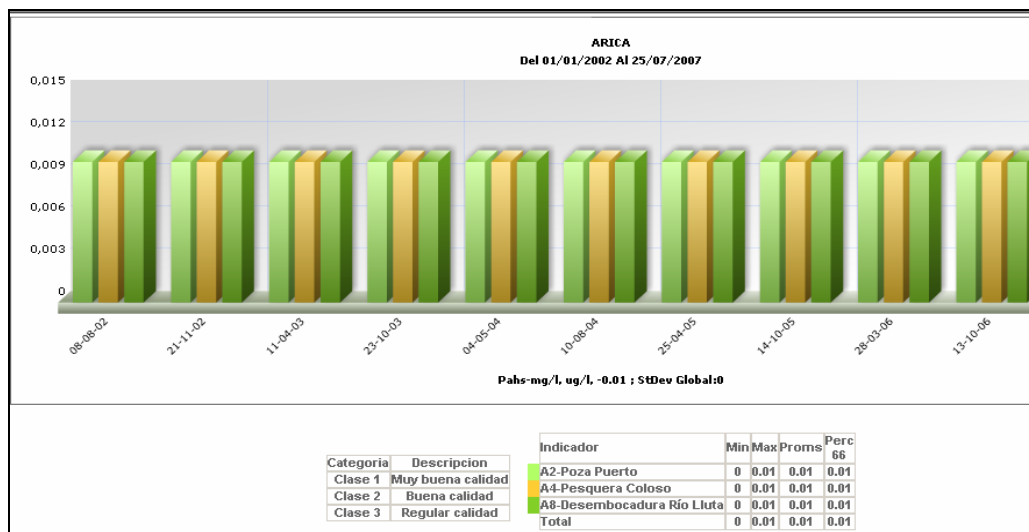


Gráfico N° 2.9 comportamiento ambiental de HAPs(ppm) en agua de mar

No fueron detectados los contenidos de HAPs, ya que solamente se registraron los límites de detección (< 0,01 ppm).

#### Coliformes Fecales en Agua:

El gráfico N° 2.10, refleja los contenidos microbiológicos detectados en las muestras de agua entre los años 2002 y 2007.

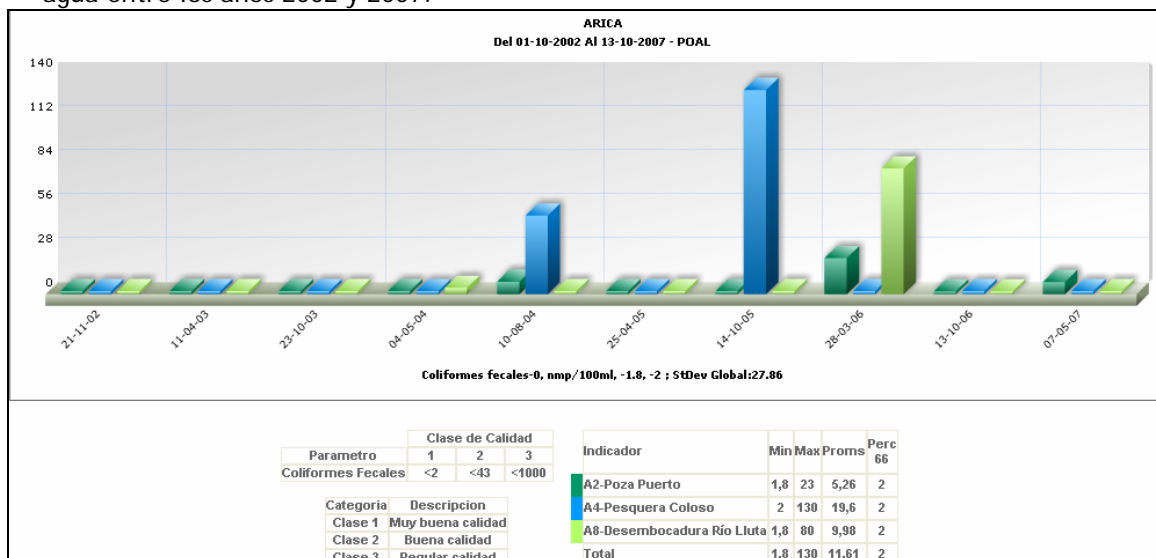


Gráfico N° 2.10 comportamiento ambiental de Coliformes Fecales (NMP) en agua de mar

El recuento de coliformes fecales revela que no hay indicios de contaminación en los tres sectores monitoreados, siendo las concentraciones más altas detectadas para A2 (Poza Puerto) en el 2006 con 23 NMP / 100mL y para A4 (Pesquera Coloso) en el 2005 con 130 NMP / 100mL, según

lo señala la Guía CONAMA os contenidos registrados de coniformes fecales recaen dentro de la Clase 2.

### F.3.- Análisis Muestras de Sedimento:

A continuación se analizan los resultados obtenidos de las muestras de sedimentos tomadas en las ocho estaciones distribuidas en la rada de Arica. La importancia del sedimento radica en su capacidad de “registrar” los eventos de acumulación de contaminantes en la columna de agua al adsorberlos y acumularlos. En este sentido, las concentraciones de contaminantes encontradas indican fenómenos de contaminación de más largo plazo (más antiguos) que en el agua.

#### Mercurio Total Sedimentos:

El gráfico N° 2.11, muestra la variación de mercurio en las muestras de sedimentos tomadas en el período 2002-2007.

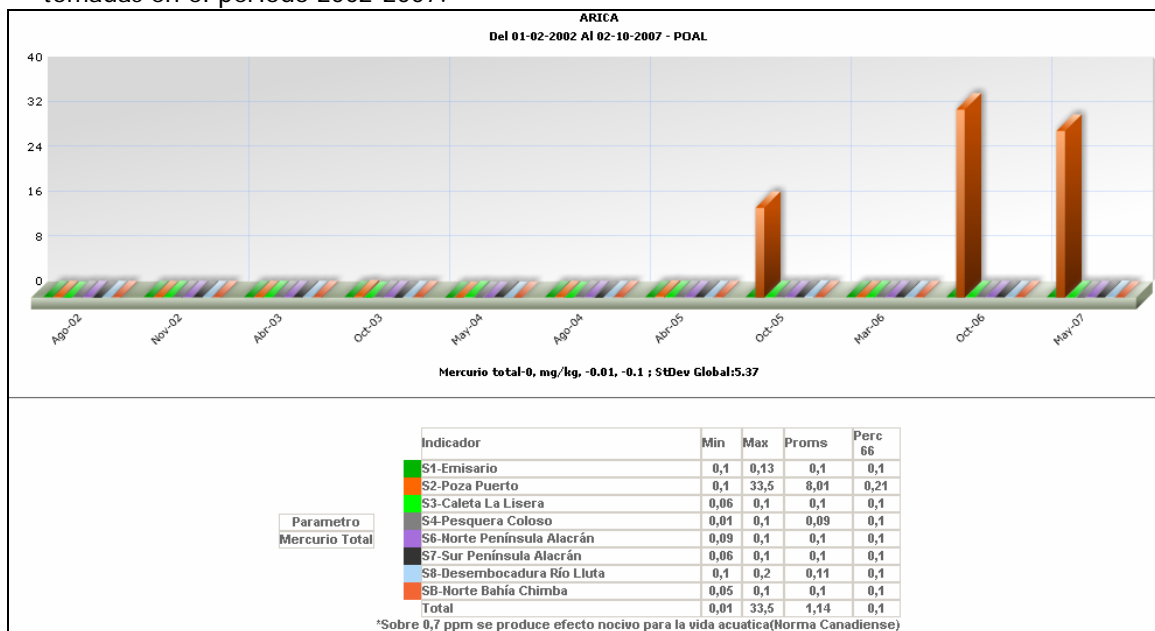


Gráfico N° 2.11 comportamiento ambiental de mercurio (ppm) en sedimentos

Las concentraciones de mercurio en la mayoría de las estaciones de muestreo son muy bajas, al punto de no ser detectadas por los instrumentos utilizados (límite de detección: <0,1 ppm). Únicamente llama la atención la estación S2 (Poza Puerto), que evidenció una concentración crítica de 33, 5 ppm (valor referencial 0,7 ppm). Esta situación fue detectada el año 2007.

#### Cadmio y Cromo en Sedimentos:

Los gráficos N° 2.12 y N° 2.12, reflejan el comportamiento de cadmio y cromo en los fondos sedimentarios entre el período 2002-2007.

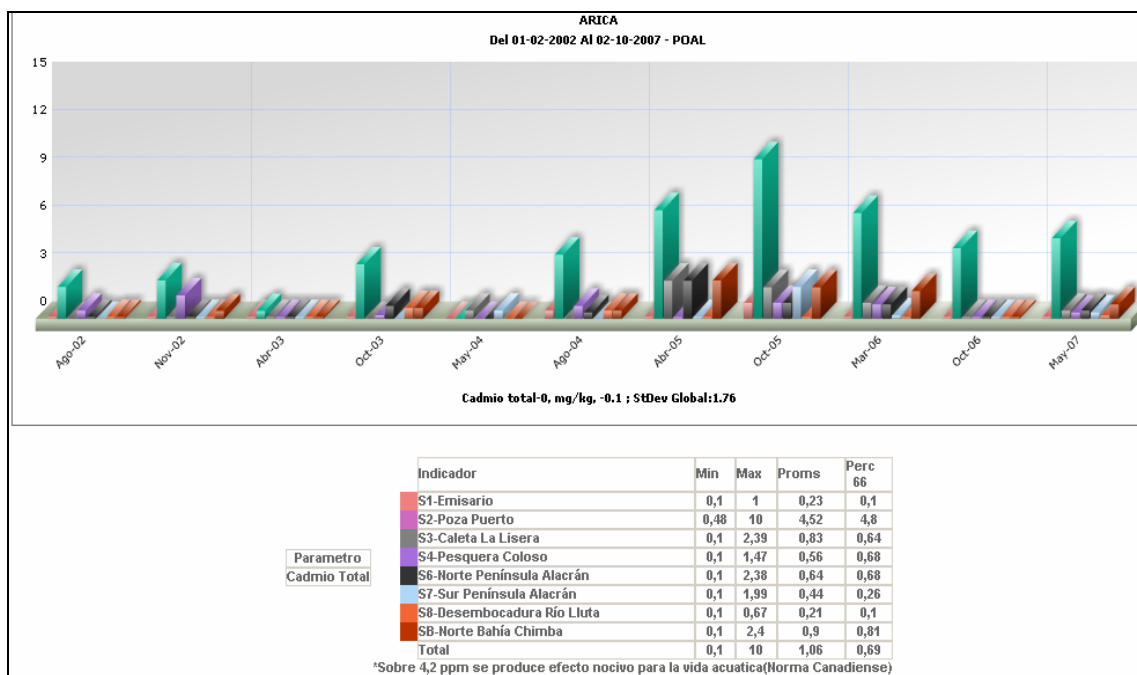


Gráfico N° 2.12 comportamiento ambiental de cadmio (ppm) en sedimentos

Tanto el cadmio y el cromo muestran valores imperceptibles en toda la rada de Arica, con valores bajo el umbral de “normalidad” propuesto por Canadá para cada uno correspondiente a 4,2 ppm para el cadmio y 160 ppm para el cromo (gráfico N° 2.12) con la única excepción de la estación S2 (Poza Puerto) que mostró concentraciones altas de cadmio con un valor de 10 ppm, no obstante la misma estación presentó una tendencia decreciente en el tiempo.

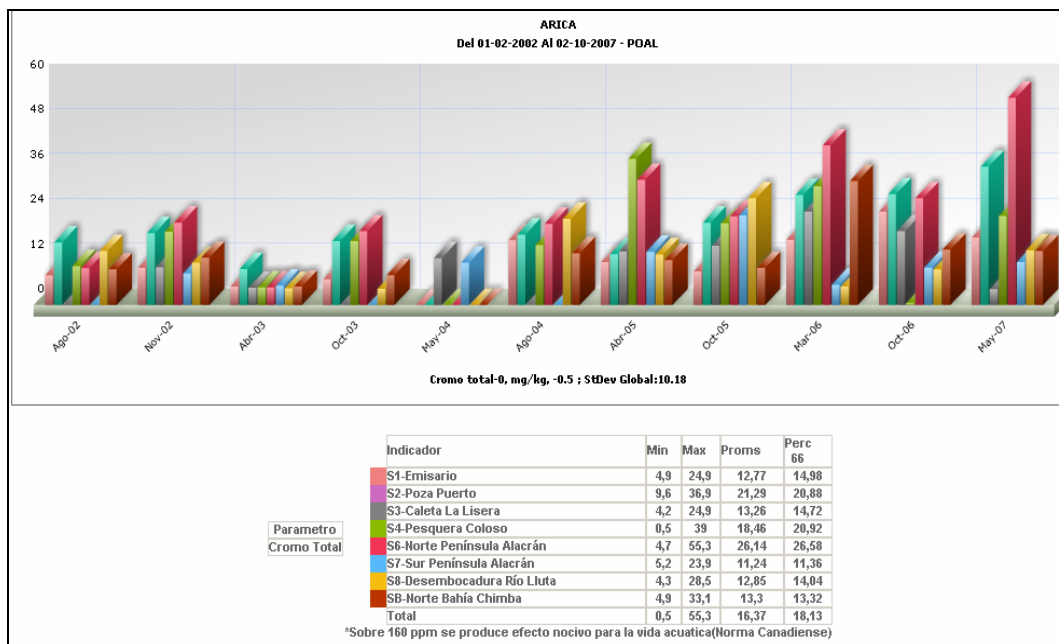
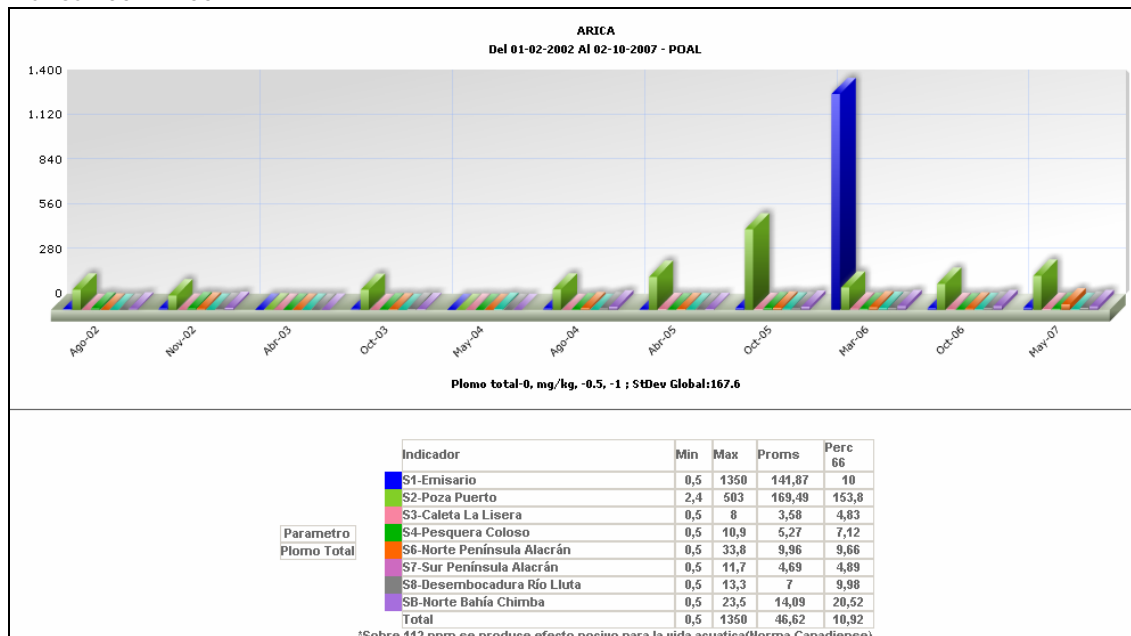


Gráfico N° 2.13 comportamiento ambiental de cromo (ppm) en sedimentos

El cromo también registró concentraciones mayores en la estación S6 (Norte Península Alacrán) con 42,6 ppm, lo que también registró posteriormente valores menores (gráfico N° 2.13).

**Plomo en Sedimentos:**

El gráfico N° 2.14, muestra la serie de tiempo de plomo en la matriz sedimentaria entre los años 2002 – 2007.

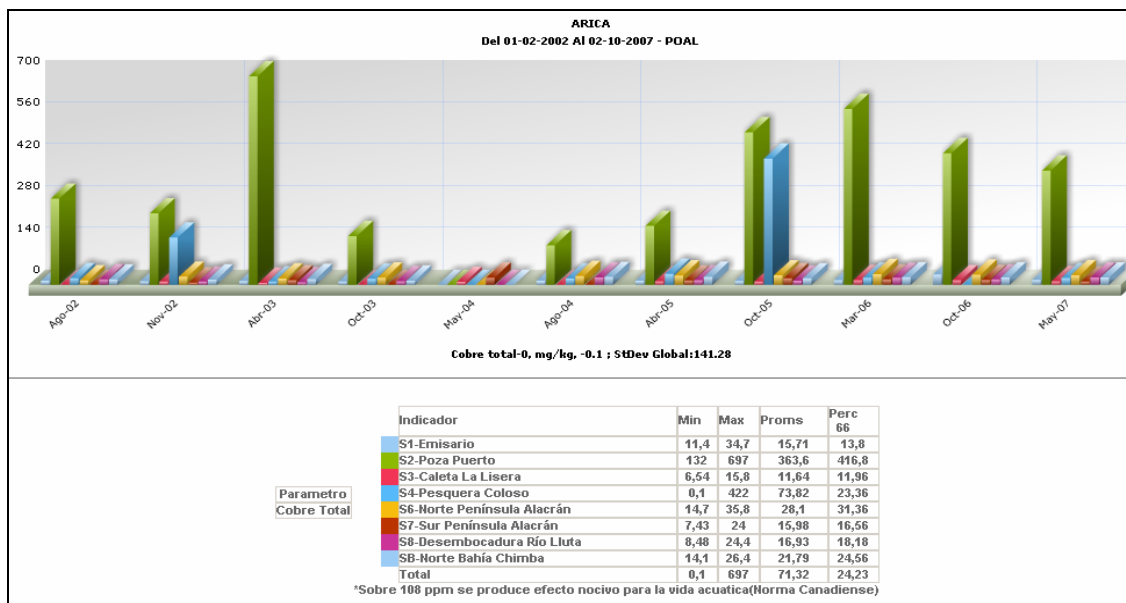


**Gráfico N° 2.14 comportamiento ambiental de plomo (ppm) en sedimentos**

Si bien los promedios de las concentraciones de plomo para el período 2002 – 2007 que se observan en el gráfico N° 2.14 están dentro de criterios normales a moderados, es importante destacar que las estaciones S1(Emisario) y S2 (Poza Puerto) mostraron concentraciones altas. Por una parte el plomo alcanzó en una única oportunidad valores de 1.350,0 ppm en la estación emisario (S1) el 2006, por otra parte, en la estación Poza Puerto (S2) mostró valores ascendentes desde inicios del período analizado (año 2002) hasta alcanzar un máximo de 503,0 ppm en marzo 2006 superando esta oportunidad el límite de 112 ppm, es decir más de 4 veces el valor umbral utilizado en nuestro análisis, disminuyendo los muestreos posteriores. Este evento, sumado al de la estación emisario claramente implican una alteración y estrés importante para el ecosistema acuático.

**Cobre en Sedimentos:**

El gráfico N° 2.15, presenta la variación de cobre en sedimentos en el período del 2002 al 2007.



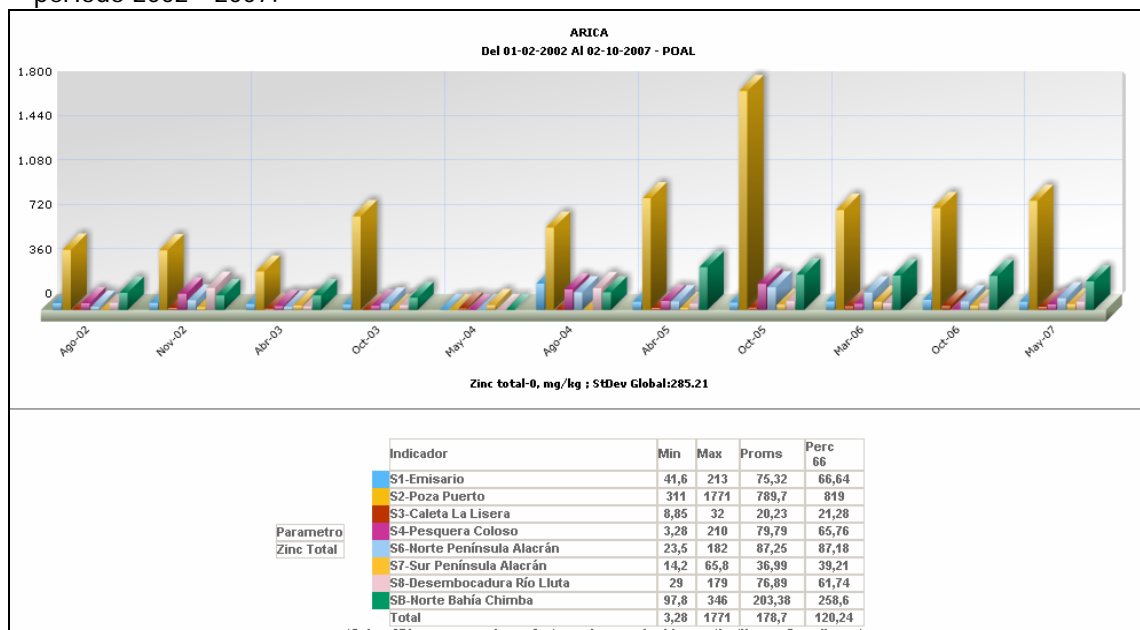
**Gráfico N° 2.15 comportamiento ambiental de cobre (ppm) en sedimentos**

El cobre registró valores promedios normales para la gran parte de las estaciones muestreadas a excepción de estación S2 (Poza Puerto) cuyo promedio fue de 361,56 ppm, siendo el valor máximo de 697,00 ppm obtenido en la segunda campaña del 2003 (gráfico N° 2.15), el cual excede el umbral crónico de 108 ppm en casi 7 veces.

La estación S4 (Pesquera Coloso), también registró para cobre un máximo de 422,00 ppm durante la segunda campaña del 2005, sin embargo el promedio de los resultados obtenidos durante los cinco años evidencian una condición normal en los sedimentos.

#### Zinc en Sedimentos:

El gráfico N° 2.16, presenta la serie de tiempo para zinc determinado en sedimentos en el período 2002 - 2007.



**Gráfico N° 2.16 comportamiento ambiental de zinc (ppm) en sedimentos**

El zinc, presenta valores de un sedimento contaminado para el sector de Poza Puerto. Como muestra el gráfico, el valor promedio de esta variable, de 779,33 ppm, supera el límite

propuesto en las directrices canadienses de 271,00 ppm. La máxima concentración de 1771,00 ppm se obtuvo en la segunda campaña del 2005.

#### Nitrógeno Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.17, muestra la variación de nitrógeno en sedimentos en los años 2002 al 2007.

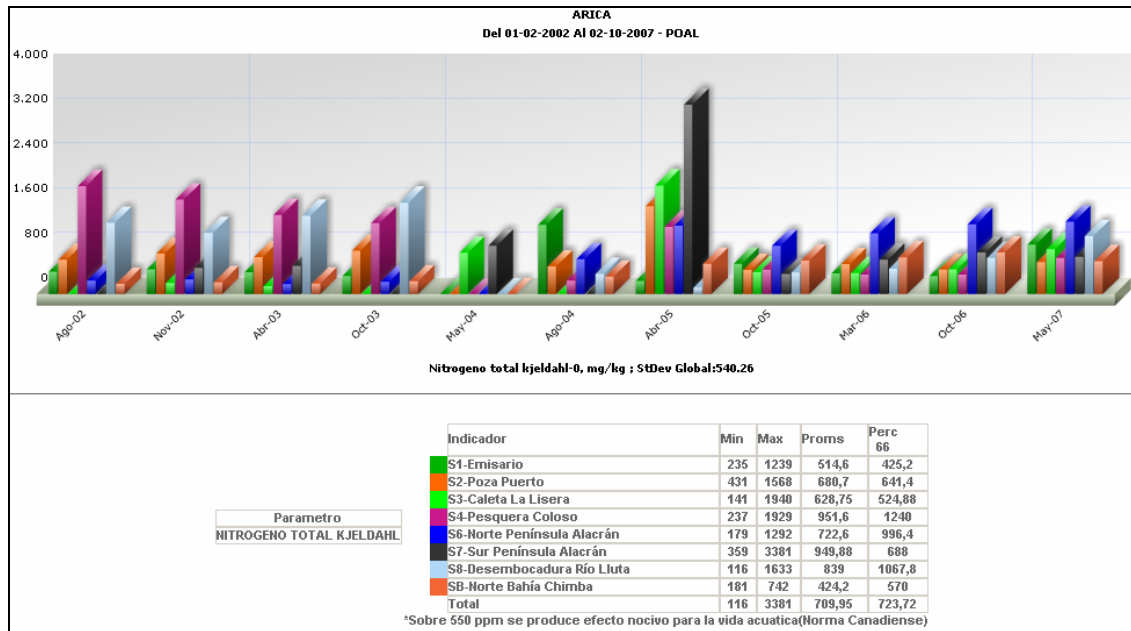


Gráfico N° 2.17 comportamiento ambiental de nitrógeno total (ppm) en sedimentos

El caso de los nutrientes analizados, evidenciaron que la matriz sedimentaria presenta una alteración significativa en muchos de los sectores muestreados, principalmente las estaciones S2 (Poza Puerto), S3 (Caleta La Lisera), S4 (Pesquera Coloso), S6 (Norte Península Alacrán), S7 (Sur Península Alacrán) y S8 (Norte Bahía Chimba).

Especificando la presencia de cada nutriente se tiene que el nitrógeno total, es el contaminante más alterado en la matriz sedimentaria, solamente las estaciones S1 (Emisario) y SB (Norte Bahía Chamba) están bajo el límite referencial de 550,00 ppm, se observa en el gráfico N° 2.17 que el valor de concentración máximo se detectó durante el muestreo del año 2005 en la estación S7 (Sur Península Alacrán).

Las concentraciones promedio más altas se registraron en las estaciones S4(Pesquera Coloso) y S7 (Sur Península Alacrán) con 951,6 ppm y 949,88 ppm respectivamente. Estos valores muestran claramente un proceso importante de eutroficación en la bahía de Arica.

#### Fósforo Total en Sedimentos:

En el gráfico N° 2.18, se aprecia el comportamiento de fósforo en la matriz sedimentaria entre los años 2002 al 2007.

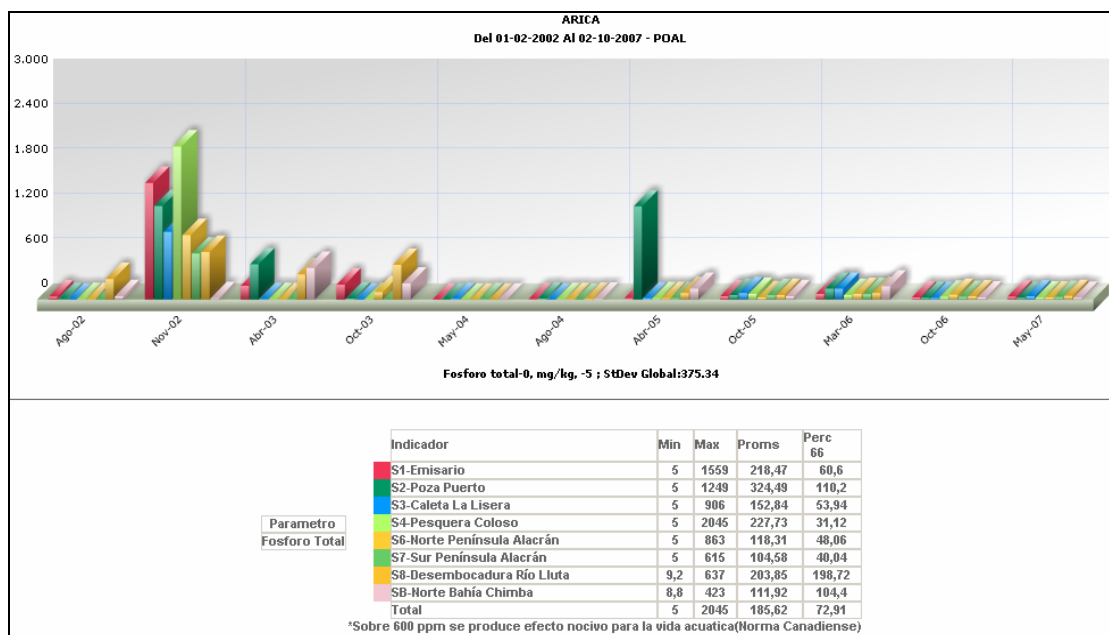


Gráfico N° 2.18 comportamiento ambiental de fósforo total (ppm) en sedimentos

Si bien los contenidos medios para fósforo total evidencian un criterio normal, se debe señalar que se obtuvieron concentraciones altas durante la segunda campaña del 2002 en todas las estaciones, sin embargo esta situación fue decreciente en tiempo ya que durante los muestreos efectuados entre el 2005 y 2006, las concentraciones disminuyeron considerablemente, con valores que están bajo el límite referencial de 600,00 ppm.

#### Materia Orgánica en Sedimentos:

El gráfico N° 2.19 refleja la variación de materia orgánica en los fondos sedimentarios entre los años 2002 al 2007.

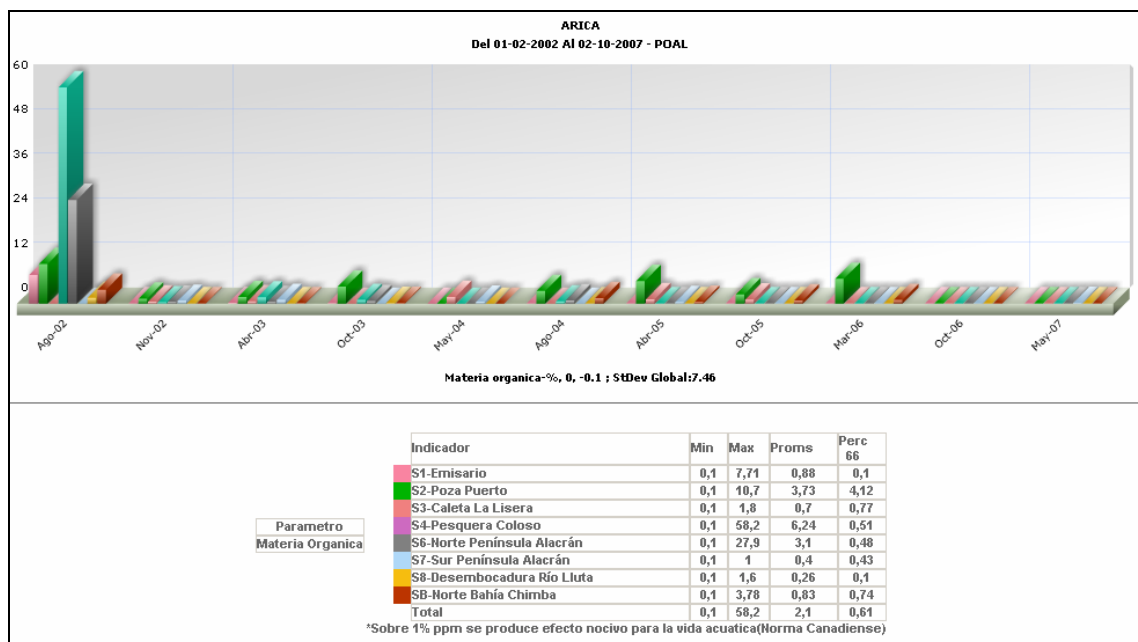


Gráfico N° 2.19 comportamiento ambiental de materia orgánica (%) en sedimentos



La materia orgánica mostró valores de contaminación para las concentraciones promedio en las estaciones S2 (Poza Puerto), S4 (Pesquera Coloso), S6 (Norte Península Alacrán), siendo el sector de Pesquera Coloso el más intervenido con este compuesto con un máximo registrado de 58,2 %. Como se aprecia en el gráfico, si bien las concentraciones promedio evidencian un grado de contaminación, los resultados obtenidos durante la campaña del 2006 son bajos y se pueden calificar incluso en un criterio normal.

#### F.4.- Clasificación ambiental de la calidad del agua

La comparación de los percentiles 66 obtenidos de los parámetros medidos en cada estación de muestreo con los valores propuestos en la Guía CONAMA, definen las clases de calidad ambiental a la que pertenece cada parámetro así como la posible fuente asociada a las concentraciones de éstos.

Los contenidos metalogénicos detectados están entre la Clase 1 y 2 (éste último solamente para plomo total), propuestos por la Guía CONAMA, lo que implica aguas de muy buena calidad, apta para la conservación de comunidades acuáticas, desarrollo de la acuicultura y actividades pesqueras extractivas.

En tanto los recuentos de coliformes no superaron la Clase 1 en los sectores Pesquera Coloso y Desembocadura Río Lluta, mientras que el sector Poza Puerto refleja una buena calidad, apta para el desarrollo de la acuicultura. En definitiva la contaminación de origen fecal (coliformes fecales) no aparece como un problema ambiental relevante en este cuerpo de agua. Las concentraciones detectadas de amonio en Arica no superan los valores propuestos para la Clase 1.

A continuación se resumen las características de las aguas en cada estación de acuerdo a los contenidos químicos detectados en agua en la Bahía de Arica durante 6 años de vigilancia ambiental a través del programa POAL que realiza la Autoridad Marítima:

Parámetros	A2 (Poza Puerto)	A4 (Pesquera Coloso)	A8 (Desembocadura Río Lluta)
Mercurio ppb	No se detecta	No se detecta	No se detecta
Cadmio ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Plomo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad
Cobre ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Zinc ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cromo ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Amonio ppm	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Coliformes Fecales NMP/100ml	Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Aceites y Grasas ppm	No se detectan	No se detectan	No se detectan
Hidroc. Aromáticos Policíclicos* ppm	No se detectan	No se detectan	No se detectan

*\* Este compuesto es una fracción muy pequeña de los hidrocarburos totales*

### F.5.- Clasificación ambiental de la calidad de los sedimentos

En base a la comparación efectuada entre las concentraciones promedio determinadas en cada muestra tomada en los distintos puntos distribuidos en la Bahía de Arica y las directrices referenciales propuestas a nivel internacional, es posible determinar la condición del cuerpo de agua, en términos de normal (N), Moderada (M) o Contaminada (C) respecto a los parámetros analizados. Este análisis se muestra en la siguiente tabla:

Parámetros	S1	S2	S3	S4	S6	S7	S8	SB
	Emisario	Poza Puerto	Caleta La Lisera	Pesquera Coloso	N Península Alacrán	S Península Alacrán	Desem. Río Lluta	N Bahía Chimba
Mercurio ppm	Normal	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cadmio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Plomo ppm	Contaminado	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cobre ppm	Normal	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Zinc ppm	Normal	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cromo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Hidrocarburos Totales ppm	NSM	Normal	NSM	NSM	NSM	NSM	Normal	NSM
Bifenilos ppm	NSM	No se detecta	NSM	NSM	NSM	NSM	No se detecta	NSM
Nitrógeno total ppm	Normal	Contaminado	Contaminado	Contaminado	Contaminado	Contaminado	Contaminado	Normal
Fósforo Total ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Materia Orgánica %	Normal	Contaminado	Normal	Contaminado	Contaminado	Normal	Normal	Normal

### F.6.- Discusión de Resultados Obtenidos en Agua y Sedimentos

Los resultados de plomo obtenidos en la matriz sedimentaria, evidencian que los sectores S1 (Emisario) y S2 (Poza Puerto) presentan una condición contaminada, toda vez que las concentraciones promedio obtenidas están por sobre el umbral propuesto de 112 ppm, asimismo esta variable en la matriz acuática está dentro de una Clase de calidad 2 para los tres sectores muestreados lo que significa una buena calidad para el desarrollo de la acuicultura y actividades pesqueras extractivas. Además de plomo, la estación S2 (Poza Puerto) registra altas concentraciones de cobre, zinc y mercurio. La gran actividad en el sector permite suponer que esta contaminación proviene de aportes antrópicos provenientes del sector Poza Puerto donde se realizan embarques y desembarques de concentrados metálicos.

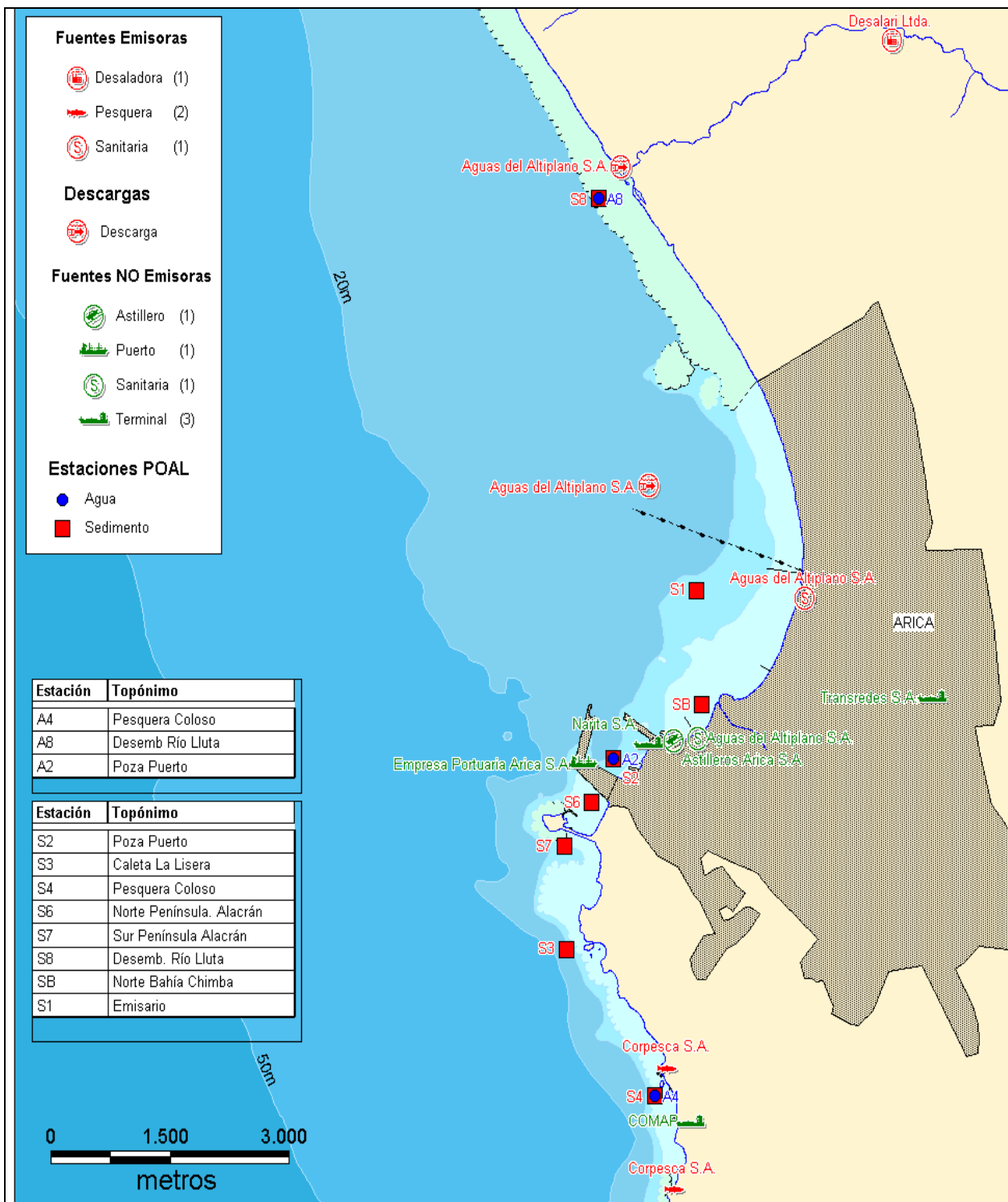


Figura N° 3: actividades económicas efectuadas en el borde costero de Bahía Arica

Las estaciones S2 (Poza Puerto), S4 (Pesquera Coloso), S6 (Norte Península Alacrán), S3 (Caleta La Lisera), S7 (Sur Península Alacrán) y S8 (Desembocadura Río Lluta) dan cuenta de la existencia de problemas de contaminación por nitrógeno total, mientras que las tres estaciones primeras S2, S4 y S6 tienen altos contenidos de materia orgánica, los contaminantes presentes en los sedimentos están fuertemente asociados con las actividades pesqueras que se desarrollan en el borde costero, otra fuente de contaminación estaría asociada a las descargas residuales domésticas procedentes del radio urbano

De acuerdo a la información disponible, la contaminación de origen fecal (coliformes fecales) no aparece como un problema ambiental relevante en la Bahía de Arica.

#### **F.7.- Conclusiones**

Los resultados obtenidos en la Bahía de Arica tanto en agua como sedimento, permiten concluir lo siguiente:

- 1.- La zona portuaria de la Bahía de Arica evidencia contenidos importantes de mercurio, plomo, cobre y zinc. Existen altas probabilidades que estos metales pesados provengan de la actividad desarrollada en este sector, es decir, carga y descarga de concentrado de minerales.
- 2.- En el sector del puerto, Caleta La Islera, Pesquera Coloso, Norte y Sur de la Península Alacrán y Desembocadura del Río Lluta se detectaron altas concentraciones de nitrógeno total, relacionadas con la actividad pesquera desarrollada en la zona destinadas principalmente a la elaboración de harina de pescado.
- 3.- De acuerdo a los análisis efectuados en las dos matrices ambientales, el cuerpo de agua de Arica presenta dos tipos de contaminantes, los que a su vez se encuentran espacialmente diferenciados siendo el sector central de la bahía intervenido por contenidos metalogénicos propios de la actividad portuaria, y el sector sur, se ve claramente afectado por la actividad pesquera industrial, lo que se refleja en los mayores contenidos de nutrientes y materia orgánica en sedimentos.
- 4.- La desembocadura del Río Lluta no presenta indicios de estar siendo afectada en su calidad ambiental, ya que los parámetros analizados en agua no evidencian contaminación alguna.

# BAHÍA DE IQUIQUE



## II.2.2.- BAHÍA DE IQUIQUE

### A) Antecedentes físicos

Iquique es una ciudad puerto y comuna capital de la I Región de Tarapacá, Chile. Forma parte de la Provincia de Iquique e integra junto con las comunas de Alto Hospicio, Huara, Camiña, Colchane, Pica y Pozo Almonte el Distrito Electoral N° 2 y pertenece a la 1ª Circunscripción Senatorial (*Tarapacá*).

La Región de Tarapacá presenta un paisaje de extrema aridez, cuya característica principal es la ausencia casi absoluta de precipitaciones y temperaturas extremas con fuertes amplitudes entre el día y la noche. Así, desde un punto de vista climático, se puede definir como una zona desértica con marcada influencia oceánica en la costa y un desierto de tipo tropical al interior.

En la región se distinguen tres unidades de relieve, correspondiendo en términos generales a los tres sistemas orográficos tradicionales de Chile. Sin embargo, la Depresión Intermedia se transforma en la llamada Meseta o Pampa Intermedia o del Tamarugal. Las tres unidades son: Cordillera de los Andes o Altiplano, Meseta o Pampa y la Cordillera de la Costa que se presenta acantilada (Figura N° 4: Mapa físico I Región).

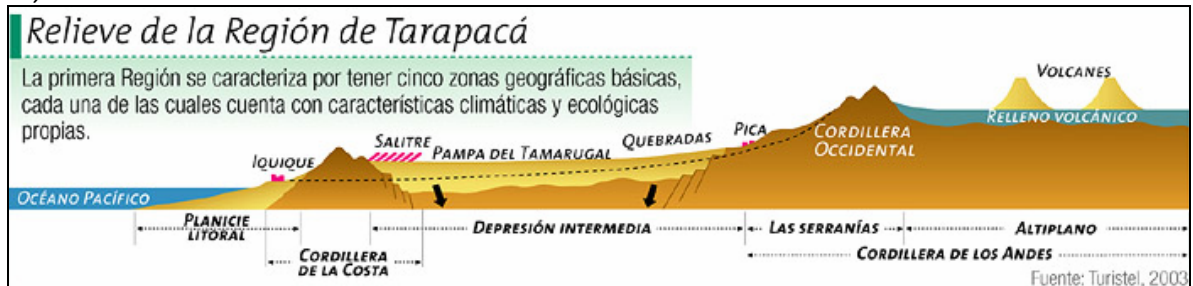


Figura N° 4: Mapa Físico Región de Tarapacá

Entre los principales ríos y cuerpos de agua presentes en la región se destacan el río Lauca, el lago Chungará y el río Lluta. Otros cursos de agua de menor importancia, pero que también desembocan en el mar son los correspondientes a las quebradas de Azapa, Vitor, Camarones y Tana. Al sur de esta última y hasta la desembocadura del río Loa, ya en la Segunda Región, no existen cursos de agua, siendo un área *arreica* (carente de ríos). Los caudales o gastos promedio anuales de estos cursos son inferiores a 1 m<sup>3</sup>/seg. y se caracterizan por ser muy irregulares o intermitentes, presentando períodos secos de varios años. Para solucionar en parte este problema se ha efectuado obras de ingeniería para trasvasiar agua del río Lauca a través de canales y túneles que permitan mantener un caudal constante y asegurar el riego del valle y el consumo para la población de la ciudad de Arica.

La construcción de embalses, como es el caso del embalse Caritaya en el curso del río Camarones, permite regular el caudal y lograr un abastecimiento de agua para riego de áreas reducidas, donde se cultiva principalmente hortalizas, cítricos, vid y olivos. Este último cultivo, especialmente en el valle de Azapa.

### B) Antecedentes Demográficos

La superficie territorial de la comuna durante el censo de 2002 era de 2853,3 km<sup>2</sup>, ya que Alto Hospicio estaba incluida. La superficie actual es de 2262,4 km<sup>2</sup>. La población de la ciudad, es de 226.419 habitantes estimados al 2006.



Actualmente la región tiene una subdivisión político-administrativa compuesta por tres provincias y once comunas. La Provincia de Parinacota, cuya capital provincial es Putre, la Provincia de Arica, cuya capital provincial es Arica, y la Provincia de Iquique, cuya capital provincial es Iquique.

De sus tres provincias, Iquique registró el mayor crecimiento poblacional, con un 44,4%, aumentando de 165.460 a 238.950 habitantes. Arica tiene hoy una población de 186 mil 488 habitantes, 9,5% más que el año 1992, cuando sumó 170 mil 304. En la provincia de Parinacota, existe menos población que hace una década. Ésta fue de 3.815 personas el año 1992 y se redujo a 3.156 habitantes (-17,3%), según los datos estadísticos de 2002.

Tabla N° 1: Crecimiento Intercensal 1992-2002 Región de Tarapacá

	Población 1992	Población 2002
Región de Tarapacá	339.579	428.594
Iquique (incluye A. Hospicio)	151.677	216.419
Camiña	1.422	1.275
Colchane	1.555	1.649
Huara	1.972	2.599
Pica	2.512	6.178
Pozo Almonte	6.322	10.830
Arica	169.456	185.268
Camarones	848	1.220
Putre	2.803	1.977
General Lagos	1.012	1.179

Fuente: Infopais; Sistema de Información Regional, Mideplan 2005.

### C) Principales Actividades Económicas.

**Minería:** La región posee variadas e importantes reservas mineras metálicas y no-metálicas. Sus productos principales son: cobre, plata, oro salitre, potasio, azufre, sulfato de aluminio y mármol.

**Industria:** El crecimiento experimentado por la región en el área industrial es comparable con el alcanzado por las regiones de Santiago, Concepción y Valparaíso.

Como los recursos marinos son abundantes, las industrias de harina y aceite de pescado aprovechan las ventajas de rebajas de impuestos para instalar sus plantas procesadoras en los puertos de Arica e Iquique.

**La pesca:** Constituye, junto con la minería, el principal recurso regional. El sector pesquero está orientado preferentemente hacia la diversificación industrial, relacionada con conservería y congelado, obteniéndose de esta manera un mejor aprovechamiento del recurso y un valor comercial con mayor cotización internacional. La especie más abundante de la región es la sardina española y le sigue la agujilla con buen rendimiento en la industria conservera.

La pesca artesanal representa una buena fuente de mano de obra, que ocupa más de 800 personas con un promedio de 3.900 toneladas de captura anuales. La captura de peces se realiza en todo el mar

adyacente a la costa de la Primera Región en un rango de 0 a 60 millas mar afuera, que se ven favorecidas por la presencia de la corriente fría de Humboldt.

Debido a la falta de agua, la mayor parte de la energía es de origen térmico. La región cuenta con una capacidad instalada de plantas generadoras de energía construidas por EDELNOR S.A. y otras privadas. La planta hidroeléctrica de Chapiquiña con 10.200 Kw. (1986) y las centrales termoeléctricas de Arica con 14.294 Kw. (1986) e Iquique con 43.010 Kw. (1986), son las más importantes de la región. El sistema regional está interconectado con una línea de alta tensión y posee además un recurso potencial constituido por los campos geotérmicos de Puchuliza y Surire.

#### D) Principales Problemas Ambientales en el Puerto de Iquique

Los principales problemas que existen en la región de Iquique son los siguientes:

- Aquellos proveniente de las descargas portuarias no controladas, esencialmente en los puertos y terminales marítimos de Iquique. Esto se debe a un mal manejo de los residuos dentro del recinto portuario sumado a la baja conciencia en el manejo de los residuos dentro de embarcaciones. Dependiendo del tipo de residuos que se descarga, existe riesgo de toxicidad hacia los recursos hidrobiológicos.
- La percepción de malos olores provenientes de la actividad de las industrias pesqueras y productoras de harina de pescado en Iquique y Arica.
- La contaminación acuática por efluentes que contienen materia orgánica y química provenientes de plantas reductoras, especialmente en la comuna de Iquique. Este es un problema considerado de valoración media alta. Esta situación está llevando a una eutroficación del área costera aledaña con modificación de las estructuras biológicas acuáticas.
- La Insuficiencia del recurso hídrico para cubrir las demandas de agua potable para la ciudad de Iquique, así como la mala calidad del mismo.

#### E) Principales Empresas de la Región y sus Principales Contaminantes

GM IQUIQUE					
EMPRESA	N° de Plantas	N° de Ductos	Naturaleza de Descarga	Tipo Emisario	Principales Contaminantes
A. Altiplano S.A.	1	1	Aguas Servidas	Submarino	Coliformes Fecales, Aceites y Grasas, Sólidos Suspendidos y Sedimentables, Detergentes.
A. Altiplano S.A.	1	1	Aguas Descarte	Submarino	
Corpesca S.A.	1	1	Aguas Descarga	Submarino	Sólidos Sedimentables y



Corpesca S.A.	1	1	Aguas Descarga	Submarino	Suspendidos Totales, Aceites Grasas, Aluminio, Cadmio, Estaño, Manganeso, Molibdeno, Sulfuro, Zinc, Fenoles, Temperatura, DBO5, Boro, Cloruros, Fósforo, Hierro, Nitrógeno Kjhl Total, Sulfato.
Serenor S.A.	1	1	Aguas Proceso	Submarino	Nitrógeno Kjhl Total, Sulfato, Fenoles, sólidos suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Cadmio, Manganeso, Zinc, Temperatura, Demanda Biológica de Oxígeno, Boro, Cloruro, Fosforo, Hierro.
Camanchaca	1	1	Aguas Descarga	Submarino	Sólidos Sedimentables, Suspendidos Totales, Aceites y Grasas Aluminio, Cadmio, Estaño, Manganeso, Molibdeno, Sulfuro, Zinc, Fenoles, Temperatura, DBO5, Boro, Cloruros, Fosforo, Hierro, NKT, Sulfuro, Detergentes, Cobre, Hidrocarburos totales y volátiles, Cromo, Plomo, Niquel.
Endesa S.A.	1	1	Aguas Enfriamiento	Intermareal	NKT, Sulfuro, detergentes, Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Cadmio, Zinc, Temperatura, DBO5, Boro, Cloruro, Fosforo, Hierro, Arsénico, Cobre, Fluoruro, Hierro, Mercurio, Molibdeno, Boro, Cloruros.

## F) RESULTADOS

A continuación se entregan los resultados obtenidos luego de 6 años de análisis de contaminantes en agua y sedimentos en la Bahía de Iquique.

### F.1.- Ubicación Puntos de Muestreo:

En la bahía de Iquique se monitorean 4 estaciones en agua y 8 en sedimento cuyas coordenadas geográficas y topónimos son los siguientes:

IQUIQUE				
EST.	LAT. SUR	LONG	PROF	NOMBRE LOCAL
A boyá	20°10'41''	70°08'52''	-	Sector Corbeta Esmeralda
A6	20°11'34''	70°08'28''	13	Playa El Colorado
A8	20°12'30''	70°09'10''	2	La Puntilla

A9	20°12'24"	70°09'10"		Sector N Ex Muelle Corfo
S boya	20°10'41''	70°08'52''	-	Sector Corbeta Esmeralda
S1	20°11'14"	70°08'32"	<20	Sector Marinero Desconocido
S3	20°12'15"	70°08'48"	<20	Muelle Naval
S4	20°13'54"	70°08'57"	<20	Caleta Cavanha
S6	20°11'34"	70°08'26"	<20	Playa El Colorado
S8	20°12'30"	70°09'10"	<20	La Puntilla
SA	20°12'15"	70°09'19"	<20	Espigón de Atraque
SB	20°12' 00"	70° 08' 54"	<20	Centro Poza

En virtud de las características topográficas del borde costero, este cuerpo de agua se clasifica como expuesto, en la Figura N° 5 se representa la distribución de los puntos de muestreo en agua y sedimento:

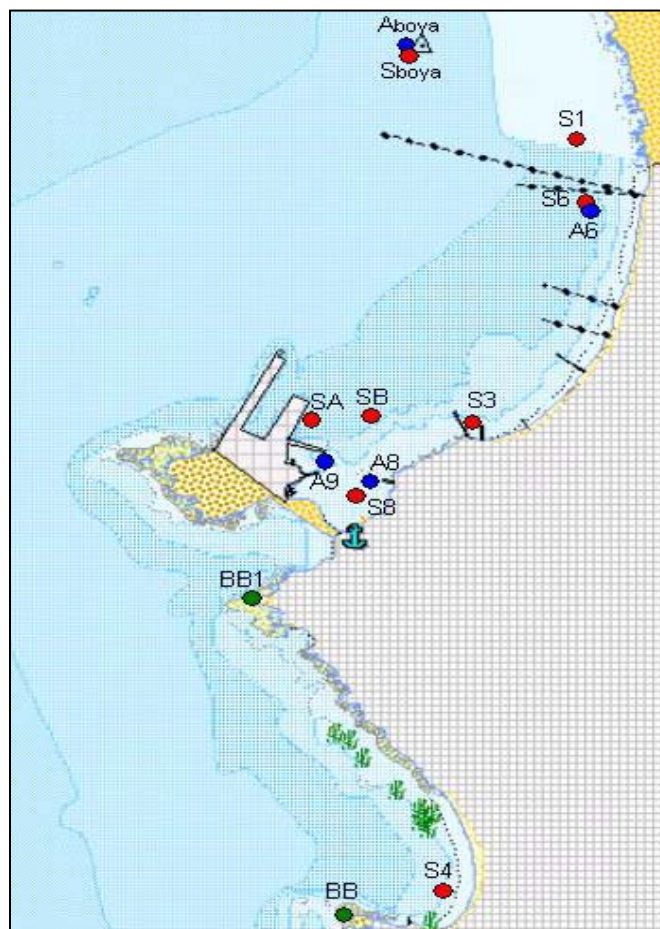


Figura N° 5: Estaciones de muestreo en Bahía de Iquique

### F.2.- Análisis Muestras de Agua:

Mercurio Total Agua:

El gráfico N° 2.20 presenta las variaciones de mercurio en agua entre los años 2002 - 2007.

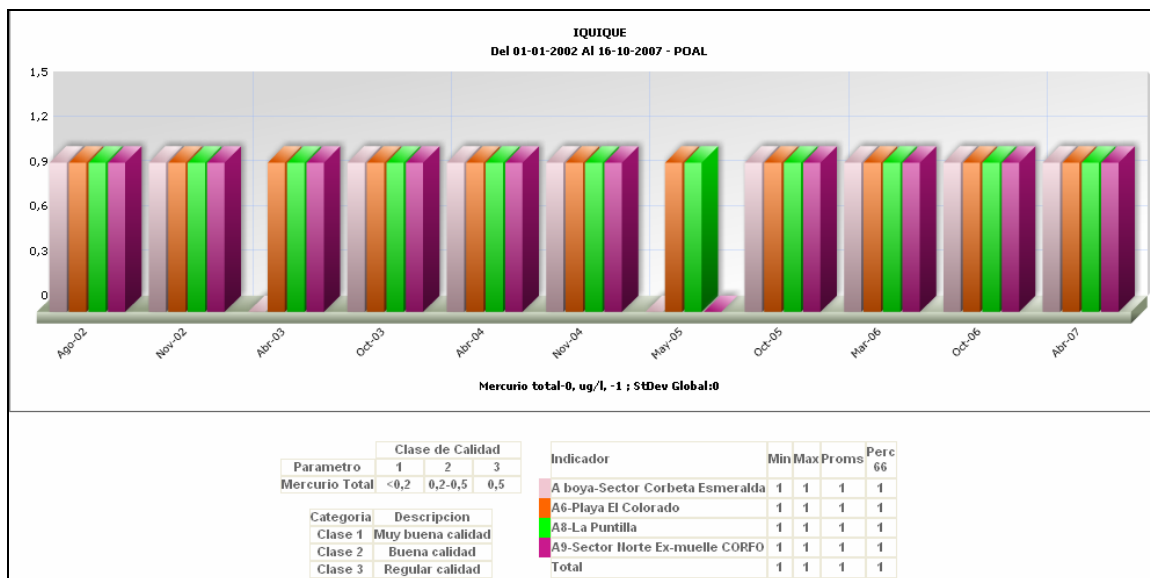


Gráfico N° 2.20 comportamiento ambiental de mercurio (ppb) en agua

Las concentraciones de mercurio siempre registraron valores bajo los límites de detección < 1 ppb.

#### Cadmio Total, Cobre Total y Cromo Total en Agua:

El conjunto de datos analizados para cadmio, cobre y cromo, corresponden a las campañas semestrales realizadas en el período el 2002 - 2007, lo que se aprecia en los gráficos. N° 2.21, N° 2.22, N° 2.23

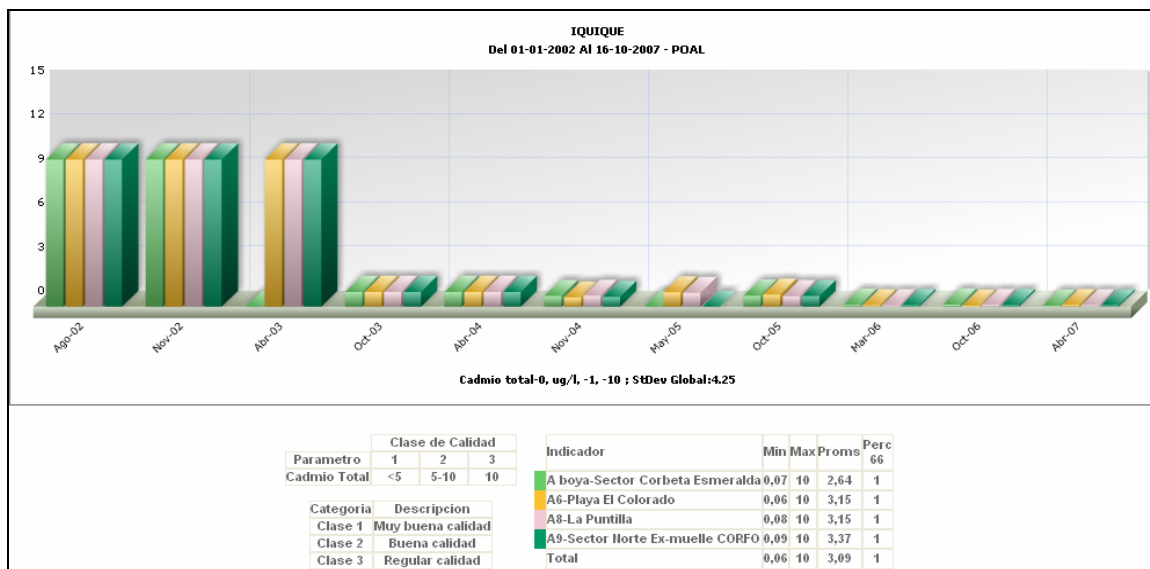


Gráfico N° 2.21 comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua

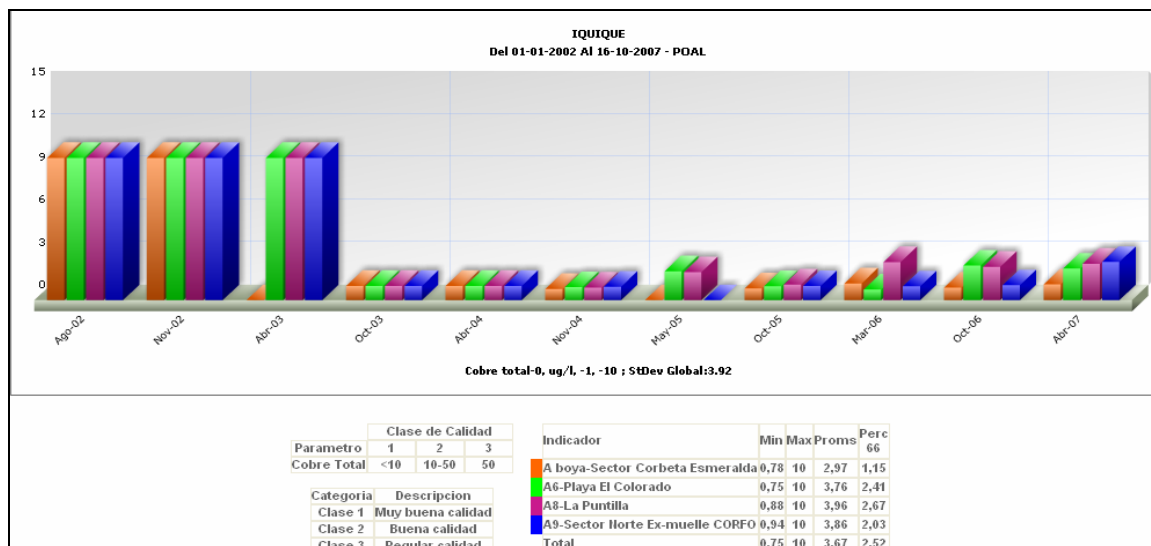


Gráfico N° 2.22 comportamiento ambiental de cobre (ppb) en agua

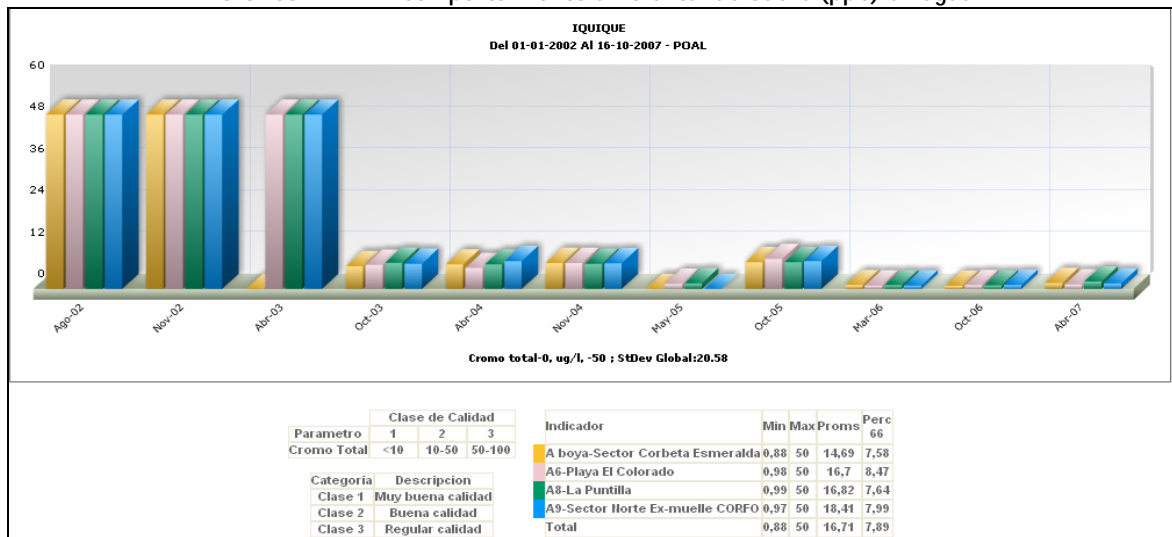


Gráfico N° 2.23 comportamiento ambiental de cromo (ppb) en agua

Los contenidos de cadmio, cobre y cromo en la bahía de Iquique, a partir de la segunda campaña del 2003 son bajos; solamente durante las campañas efectuadas durante el 2002 y parte del 2003, los resultados informados por el laboratorio correspondían al límite de detección del instrumental respectivo para cada parámetro, sin embargo los tres metales están dentro de la Clase 1 que corresponde a un agua de muy buena calidad.

#### Zinc Total en Agua:

El gráfico N° 2.24 refleja la variación de zinc en agua entre el período 2002 y 2007.

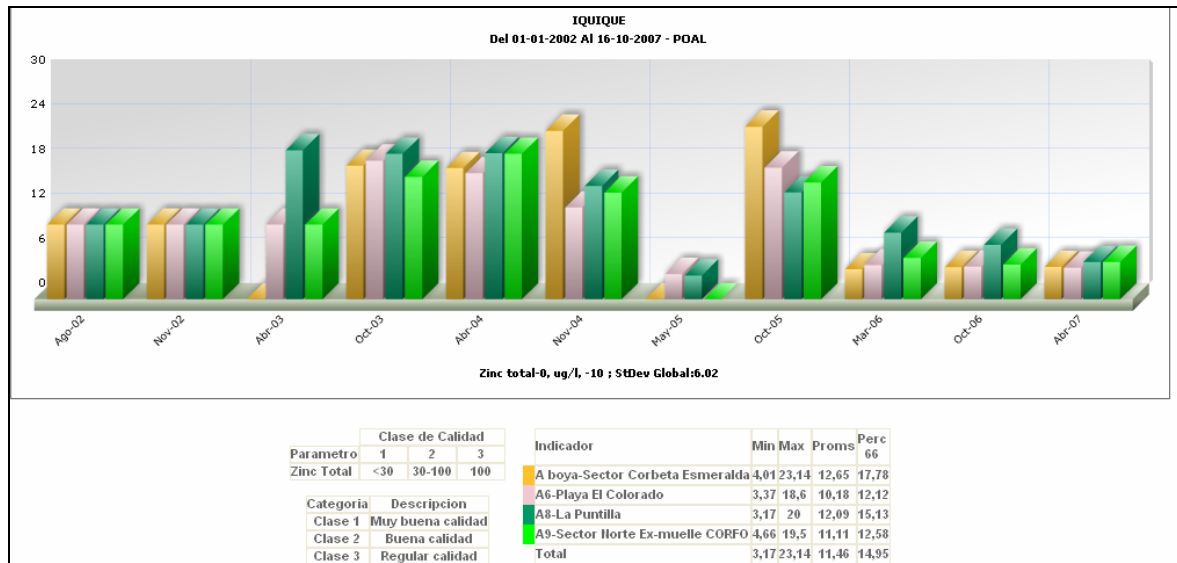


Gráfico N° 2.24 comportamiento ambiental de zinc (ppb) en agua

Los valores de zinc en agua también son bajos, siendo los sectores Corbeta Esmeralda y La Puntilla los que registraron un máximo de 23,14 ppb y 20,0 ppb respectivamente, no obstante las concentraciones no superaron los 24,0 ppb, estando dentro de la Clase 1.

#### Plomo Total en Agua:

El gráfico N° 2.25, representa el comportamiento de plomo en la matriz acuosa entre los años 2002 y 2007.

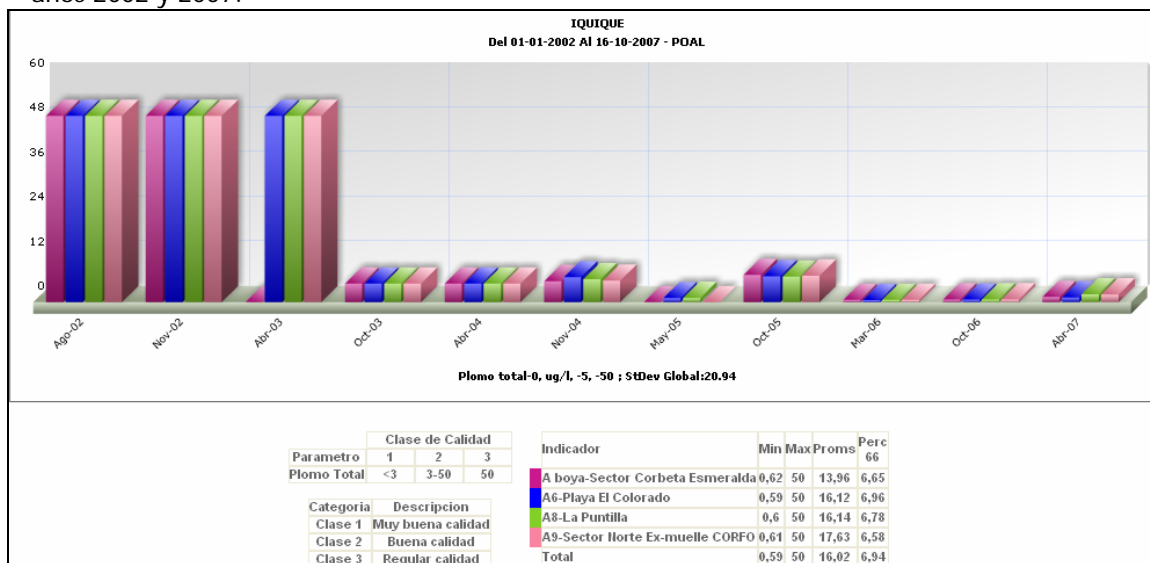
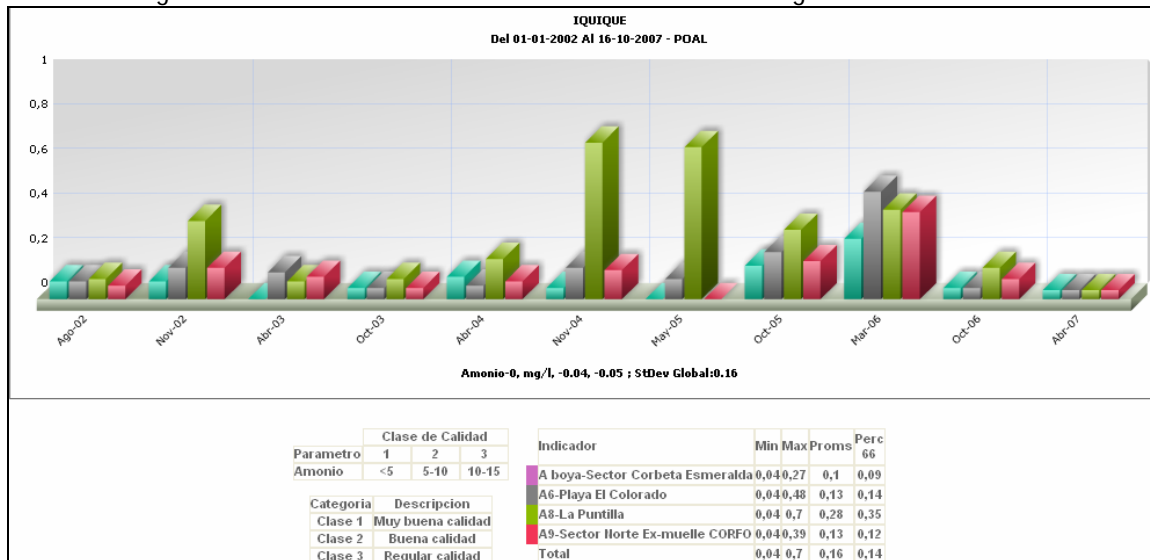


Gráfico N° 2.25 comportamiento ambiental de plomo (ppb) en agua

Los percentiles de plomo obtenidos de los resultados del análisis de las muestras de agua, indican que estos están dentro de la Clase 2 definida por la Guía CONAMA como buena; los valores máximos detectados en las cuatro estaciones corresponden al límite de detección informado por el laboratorio en el 2002 de <50 ppb.

**Amonio en Agua:**

El gráfico N° 2.26 evidencia los cambios de amonio en agua durante los años 2002 al 2007.

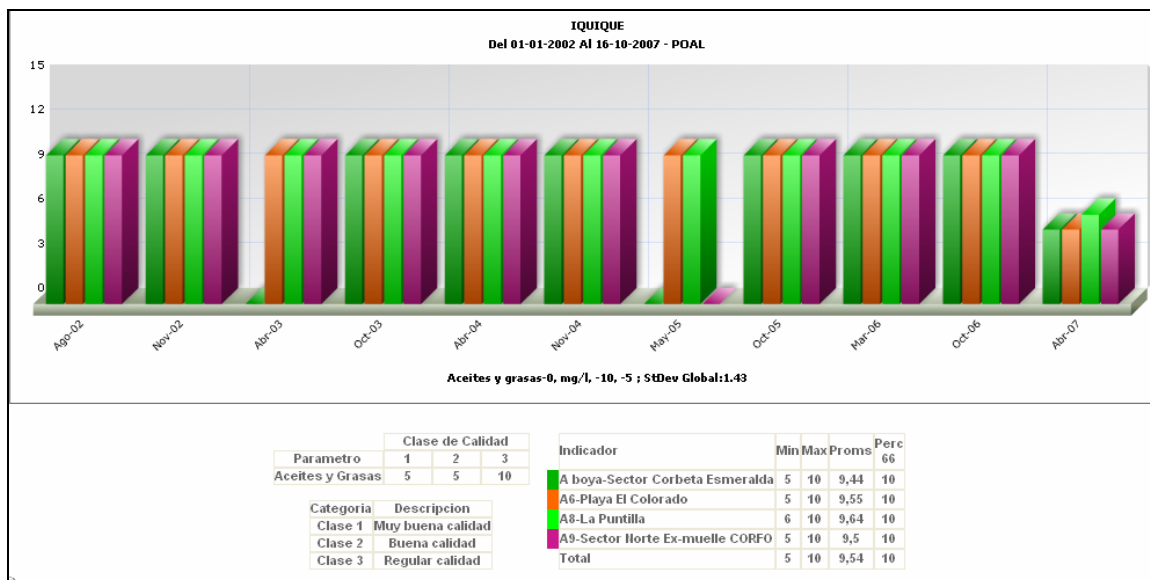


**Gráfico N° 2.26 comportamiento ambiental de amonio (ppm) en agua**

Si bien los contenidos de amonio son bajos, los sectores Playa El Colorado y La Puntilla presentaron valores mayores a las otras estaciones siendo los máximos respectivos de 0,48 ppm y 0,7 ppm; no obstante las concentraciones están en el rango de la Clase 1.

**Aceites y Grasas en Agua:**

El gráfico N° 2.27, presenta el comportamiento de aceites y grasas en agua durante el período 2002 y 2007.



**Gráfico N° 2.27 comportamiento ambiental de aceite y grasas (ppm) en agua**

Se aprecia en el gráfico que no fueron detectados los contenidos de aceites y grasas, ya que lo informado por el laboratorio entre los años 2002 y 2006 corresponde al límite de detección

informado por el laboratorio correspondiente a  $< 10$  ppm, la campaña del 2007 se informó con un límite de detección más bajo que corresponde a  $< 5$  ppm.

#### Coliformes en Agua:

El gráfico N° 2.28, evidencia la variación microbiológica en el agua durante el período 2002 y 2007.

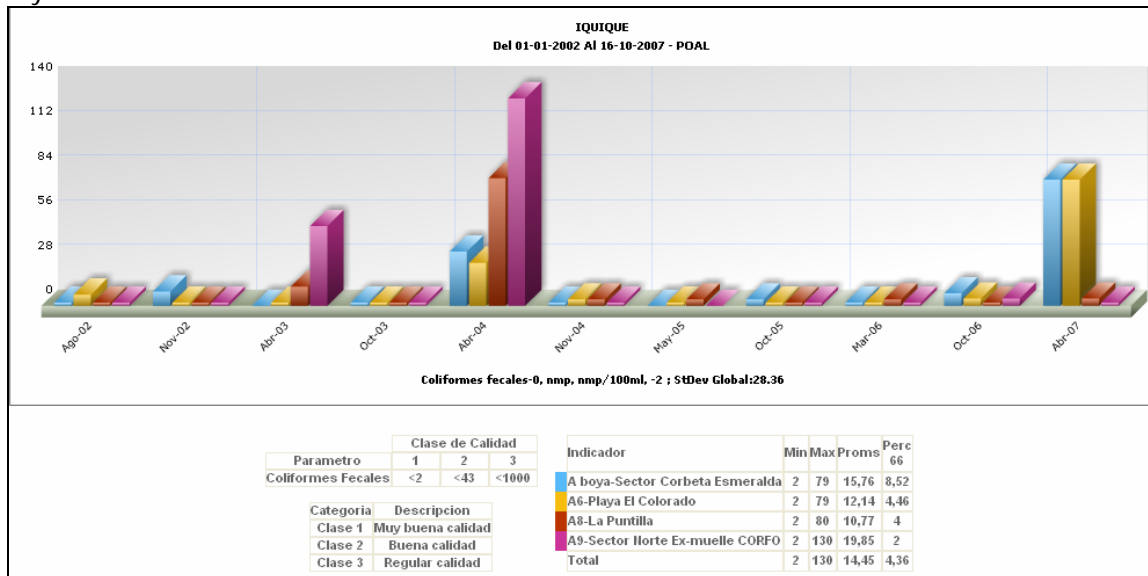


Gráfico N° 2.28 comportamiento ambiental de coliformes fecales (NMP) en agua

En tanto la condición microbiológica del agua no se aprecia con niveles indicativos de alteración en todas las estaciones de la Bahía de Iquique, los percentiles obtenidos se enmarcan dentro de una clase de calidad buena en el cuerpo de agua.

#### F.3.- Análisis Muestras de Sedimento:

##### Mercurio Total en Sedimento:

El gráfico N° 2.29, presenta el comportamiento ambiental de mercurio en sedimentos entre los años 2002 y 2007.

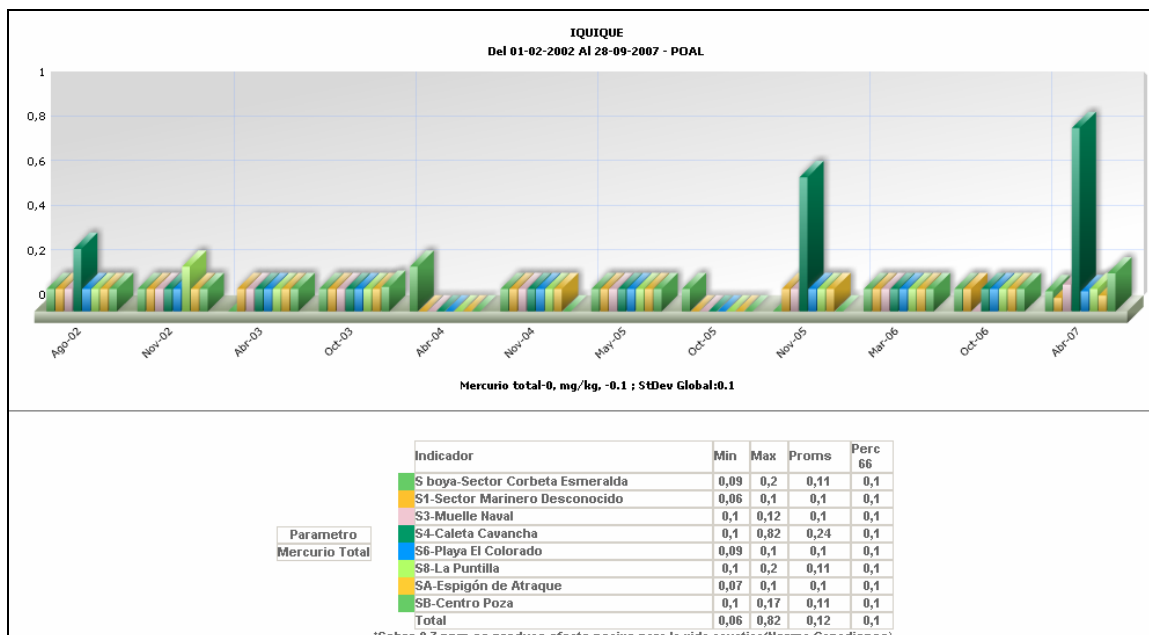


Gráfico N° 2.28 comportamiento ambiental de mercurio (ppm) en sedimentos

En general los contenidos evidenciados de mercurio estuvieron bajo el umbral crónico, la campaña del 2007 presentó un valor máximo en la estación S4 (Caleta Cavancha) de 0,82 ppm, este valor supera el límite señalado referencialmente, sin embargo en general esta estación no ha presentado concentraciones muy fuera de rango

#### Cadmio Total y Plomo Total en Sedimentos:

Los gráficos N° 2.29 y 2.30, representan las variaciones de cadmio y plomo en la matriz sedimentaria entre los años 2002 y 2007.

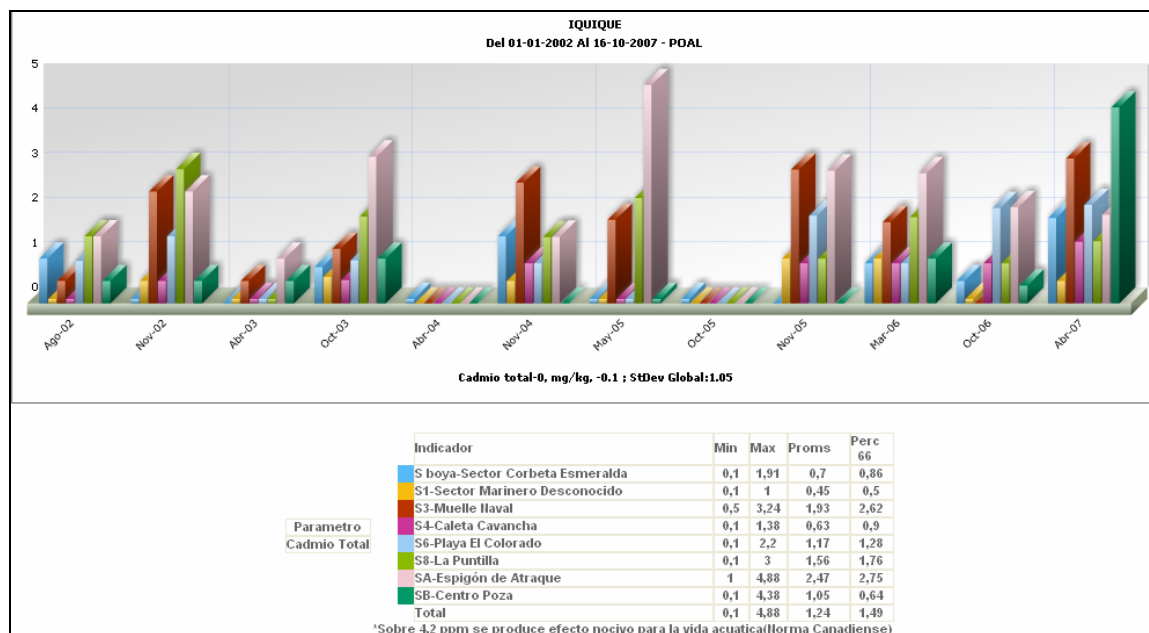


Gráfico N° 2.29 comportamiento ambiental de cadmio (ppm) en sedimentos



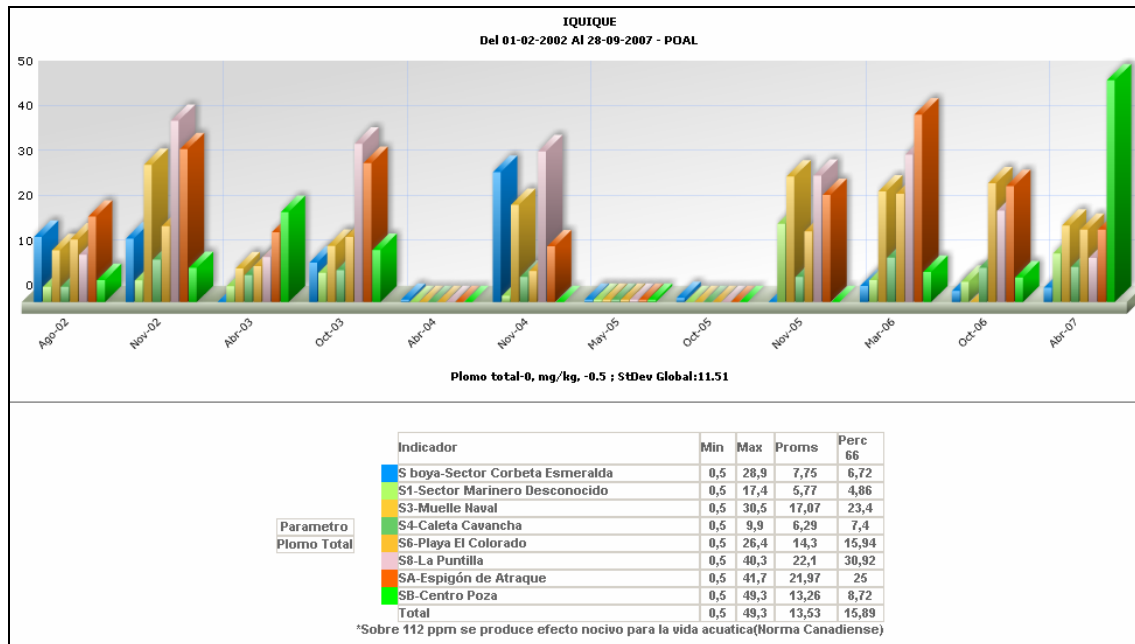


Gráfico N° 2.30 comportamiento ambiental de plomo (ppm) en sedimentos

Las concentraciones de cadmio y plomo presentaron concentraciones normales, ya que no se registraron valores altos durante los 6 años de muestreo en la Bahía de Iquique, contrastando los contenidos obtenidos con los umbrales respectivos para cada parámetro.

#### Zinc Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.31, muestra la variación de zinc en sedimentos entre los años 2002 y 2007.

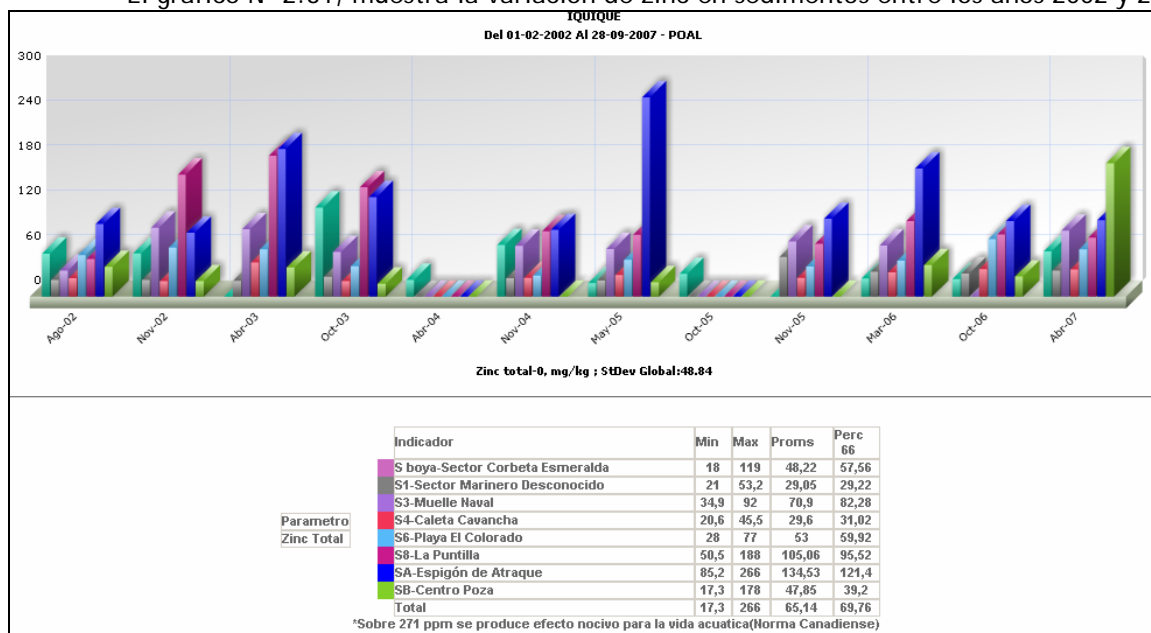


Gráfico N° 2.31 comportamiento ambiental de zinc (ppm) en sedimentos

Se aprecia en el gráfico que en general los valores de zinc en los fondos sedimentarios presentaron una condición, solamente la estación SA (Espigón de Atraque) evidenció una condición

moderada, ya que los resultados obtenidos estuvieron cerca del umbral crónico de 271 ppm, el muestreo del 2007 para esta estación estuvo alrededor de los 100 ppm.

#### Cobre en Sedimento:

El gráfico N° 2.32 indica el comportamiento de cobre en sedimentos en los años 2002 y 2007.

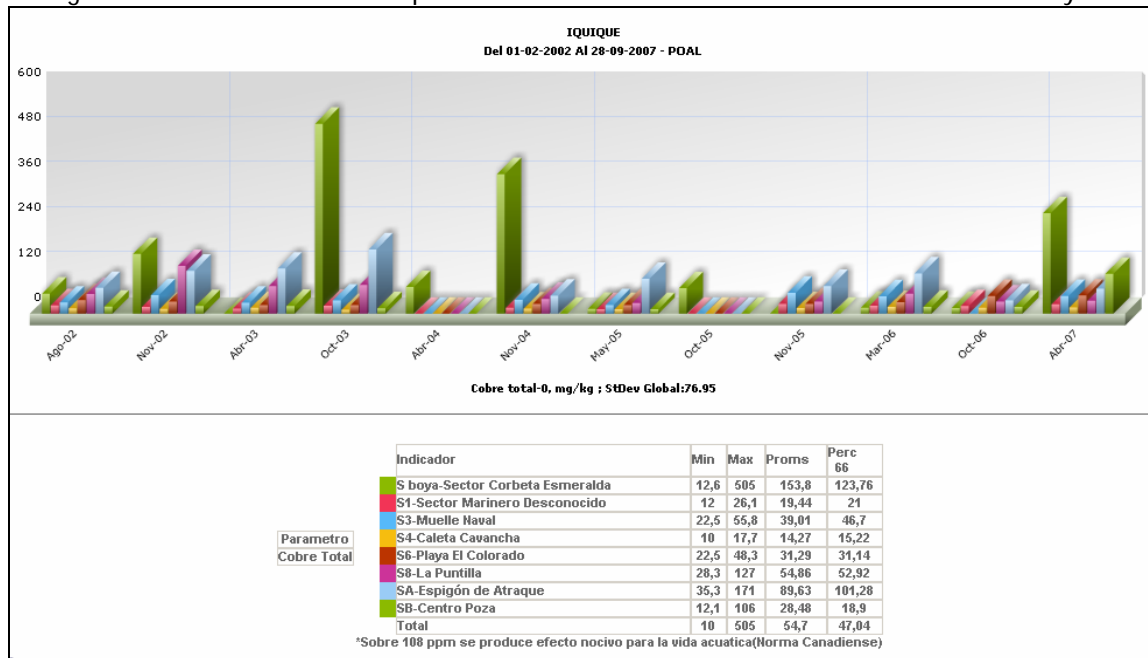


Gráfico N° 2.32 comportamiento ambiental de cobre (ppm) en sedimentos

En tanto las concentraciones de cobre en los sectores SBoya (Corbeta Esmeralda) y SA (Espigón de atraque) manifestaron valores críticos, siendo los valores máximos respectivos de 505,0 ppm y 171,0 ppm ambos detectados en el 2003, no obstante en los muestreos realizados en las últimas campañas del 2006, estas concentraciones fueron bajas detectándose una tendencia decreciente en el tiempo para ambas estaciones.

#### Fósforo en Sedimentos:

Los contaminantes que presentaron mayores concentraciones fueron los nutrientes. Los contenidos medios de fósforo total presentan una condición crítica en todas las estaciones muestreadas en Iquique, lo que se ve reflejado en el gráfico N° 2.33 que muestra la serie de tiempo para fósforo.

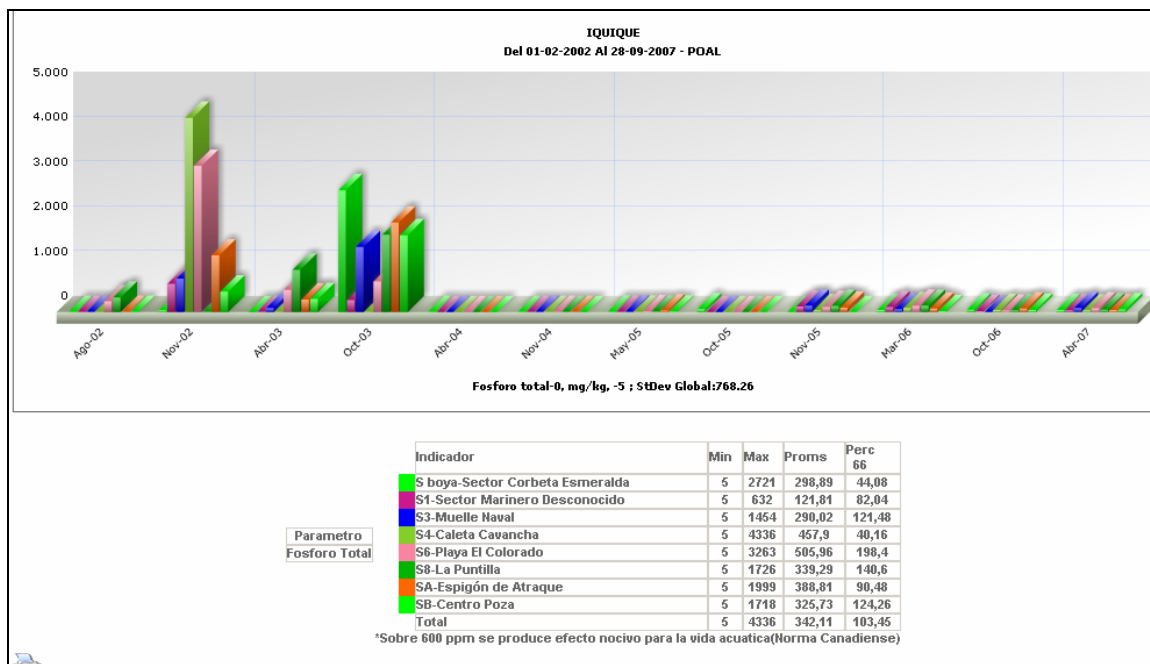


Gráfico N° 2.33 comportamiento ambiental de fósforo (ppm) en sedimentos

En el gráfico, se aprecia que los mayores contenidos de fósforo total se detectaron durante los años 2002 y 2003 en la mayoría de los sectores muestreados, siendo los sectores de S4 (Caleta Cavanha) y S6 (Playa El Colorado) las estaciones que evidenciaron las concentraciones máximas, con valores de 4336,00 ppm y 3263,00 ppm respectivamente. Sin embargo esta variable presentó una tendencia decreciente en la matriz sedimentaria a partir del 2004, siendo posible señalar que actualmente la condición ambiental asociada a fósforo es normal.

## Nitrógeno en Sedimentos:

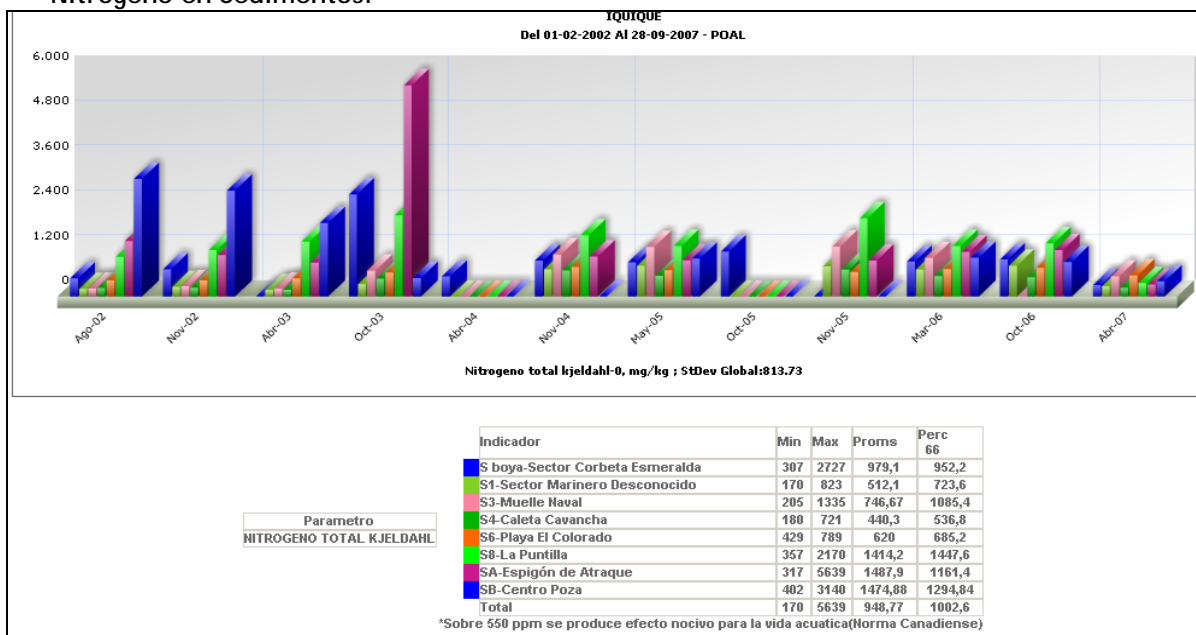


Gráfico N° 2.34 comportamiento ambiental de nitrógeno total (ppm) en sedimentos

Respecto de las concentraciones de nitrógeno en sedimentos, es posible observar en el gráfico N° 2.34 que en general los contenidos de nitrógeno evidencian un alto grado de contaminación dentro de una condición crítica, destacándose el valor máximo obtenido durante el muestreo del 2003 en la estación SA (Sector Espigón de Atraque) correspondiente a 5639,00 ppm, además se observa en general que las concentraciones de esta variable permanecen altas en la matriz sedimentaria, es decir, no existe una tendencia decreciente, lo que implica que los sedimentos muestreados en la Bahía de Iquique evidencian actualmente un alto grado de contaminación.

#### Materia Orgánica en Sedimentos:

El gráfico N° 2.35, refleja la variación de materia orgánica en sedimentos en el período 2002 y 2007.

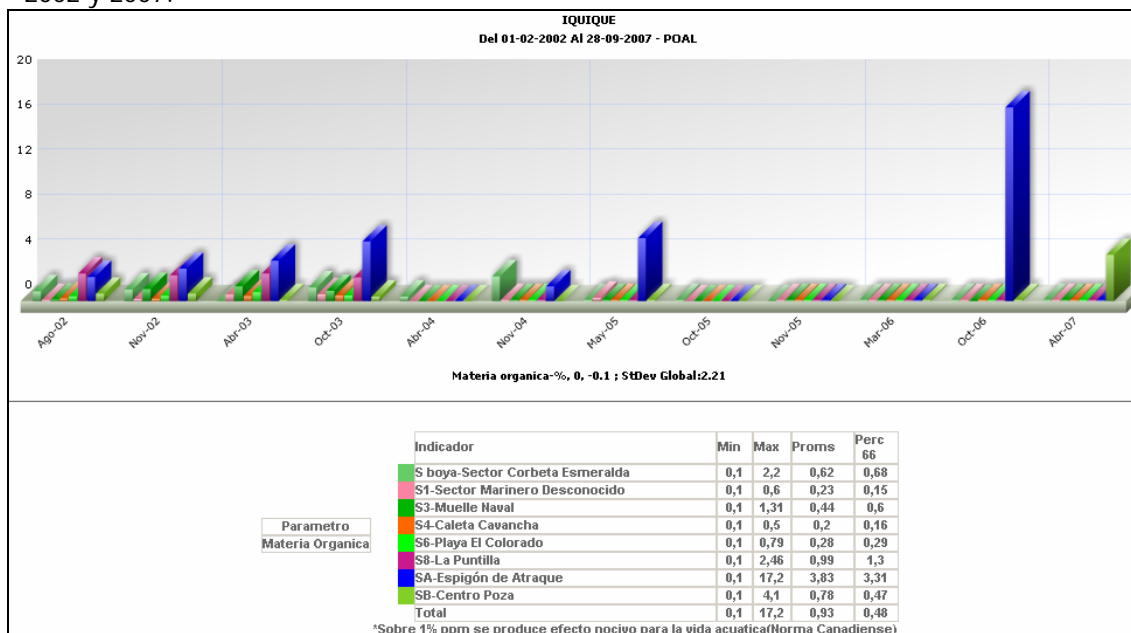


Gráfico N° 2.35 comportamiento ambiental de materia orgánica (%) en sedimentos

Los fondos sedimentarios, registraron contenidos altos de materia orgánica, con una condición crítica específicamente en los sectores Sboy (Corbeta Esmeralda), con 2,2%, S3 (Muelle Naval), con 1,31%, las estaciones restantes presentaron una condición normal, bajo el umbral referencial de 1%.

Además los sectores más alterados ambientalmente por la presencia de materia orgánica en los sedimentos fueron S8 (La Puntilla) y SA (Espigón de Atraque), ambos con concentraciones promedios de 1,08 % y 4,24 % respectivamente. Casi todas las estaciones controladas manifestaron una tendencia decreciente en el contenido de materia orgánica presente en los sedimento, solamente el sector correspondiente a Espigón de Atraque continuó presentando una condición crítica.

#### F.4.- Clasificación ambiental de la calidad del agua

En el siguiente cuadro se señala la comparación de los resultados obtenidos en los muestreos efectuados en la matriz agua de la Bahía de Iquique, con los valores señalados en la Guía CONAMA,

Parámetros	A Boya (Corbeta Esmeralda)	A6 (Playa El Colorado)	A8 (La Puntilla)	A9 (N Ex Muelle Corfo)
Mercurio ppb	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan
Cadmio ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Plomo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad
Cobre ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Zinc ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cromo ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Amonio ppm	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Coliformes Fecales NMP/100ml	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad
Aceites y Grasas ppm	No se detectan	No se detectan	No se detectan	No se detectan

Se aprecia en la tabla que las Estaciones ubicadas en el Sector Corbeta Esmeralda (Aboya), Playa El Colorado (A6), La Puntilla (A8) presentan en general una clase de calidad muy buena para metales pesados, lo que permite catalogar su calidad como “apta para la conservación de comunidades acuáticas”. Sólo el plomo registra contenidos algo más altos, pero aún así, pueden estos sedimentos catalogarse como de buena calidad.

No se encontraron señales de contaminación de origen fecal en los sectores monitoreados. Los recuentos de coliformes fecales están dentro de la Clase 2, es decir presentan una condición de buena calidad. No se detectaron niveles cuantificables de aceites y grasas y de HAP en toda la Bahía de Iquique.

#### F.5.- Clasificación ambiental de la calidad de los sedimentos

En base a la comparación efectuada entre las concentraciones promedio determinadas en cada muestra tomada en los distintos puntos distribuidos en la Bahía de Iquique, y las directrices referenciales propuestas a nivel internacional, es posible determinar en el cuerpo de agua, una condición normal (N), Moderada (M), o Contaminada (C) de los parámetros que identifican a continuación:

Parámetros	SBoya (Sector Corbeta Esmeralda)	S1 (Sector Marinero Desconocido)	S3 (Muelle Naval)	S4 (Caleta Cavancha)
Mercurio ppm	Normal	No se detectó	No se detectó	Normal

Cadmio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Plomo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Cobre ppm	Contaminado	Normal	Normal	Normal
Zinc ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Cromo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Nitrógeno total ppm	Contaminado	Normal	Contaminado	Normal
Fósforo Total ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Materia Orgánica %	Normal	Normal	Normal	Normal

Parámetros	S6 (Playa El Colorado)	S8 (La Puntilla)	SA (Espigón de Atrake)	SB (Centro Poza)
Mercurio ppm	No se detectó	Normal	No se detectó	No se detectó
Cadmio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Plomo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Cobre ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Zinc ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Cromo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Nitrógeno total ppm	Contaminado	Contaminado	Contaminado	Contaminado
Fósforo Total ppm	Contaminado	Normal	Normal	Normal
Materia Orgánica %	Normal	Contaminado	Contaminado	Normal

De las tablas es posible apreciar que en general en la Bahía de Iquique la degradación ambiental obedece a la presencia de nutrientes correspondientes a nitrógeno y fósforo total. Sólo éste último presentó niveles altos en la estación S6 (Playa El Colorado) en los muestreos realizados. Asimismo fue posible detectar intervención ambiental, evidenciado por la presencia de materia orgánica, en los sectores La Puntilla (S8) y Espigón de Atrake (SA).

#### F.6.- Discusión de Resultados Obtenidos en Agua y Sedimentos

La Bahía de Iquique está muy influenciada por las actividades antrópicas relacionadas con actividades pesqueras y sanitarias, ya que la descarga de residuos líquidos con alta carga orgánica derivada de los procesos de descarga de pescado y producción de harina, lo que explicaría los altos niveles de nutrientes en la bahía ya que las estaciones donde se detectan los mayores niveles de eutroficación son precisamente las que se encuentran frente a empresas pesqueras A8 (La Puntilla), SA (Espigón de Atrake), Sboya (Corbeta Esmeralda). Esto está generando serios inconvenientes para la vida acuática (Figura 6).

Asimismo, en este cuerpo de agua, se detectó la presencia de coliformes fecales, pero en concentraciones moderadas, es decir, aguas de buena calidad y aptas para el desarrollo de la acuicultura y actividades pesqueras extractivas. Esto porque las concentraciones encontradas caen dentro de la Clase 2 de la Guía CONAMA.

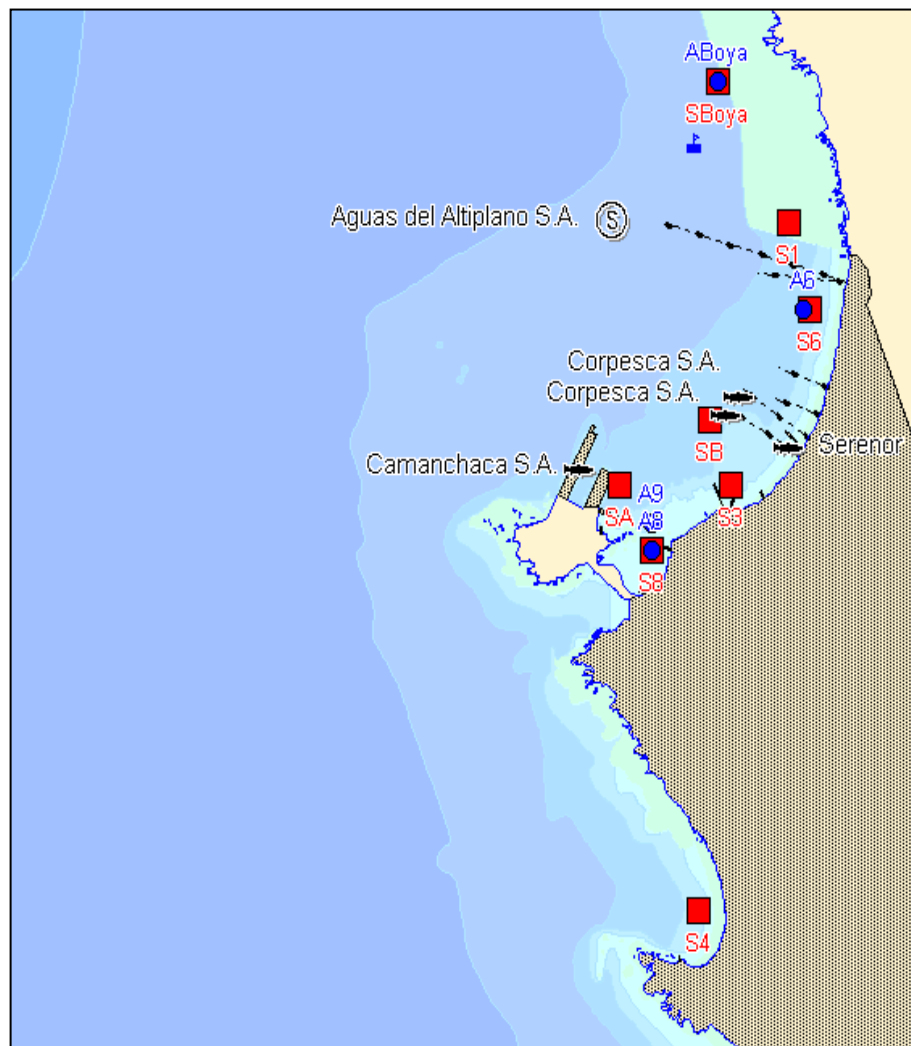


Figura N° 6: actividades industriales efectuadas en el borde costero de Bahía Iquique

Tanto la matriz acuática como la sedimentaria no reflejan una contaminación por metales pesados (metalogénica), a excepción de la estación S Boya (Corbeta Esmeralda) que presenta niveles de cobre que pueden afectar nocivamente la vida acuática. Su origen podría deberse a condiciones naturales. En cambio los sedimentos manifiestan un alto contenido de fósforo, materia orgánica y por sobre todo de nitrógeno, lo que podría deberse a las actividades pesqueras en el área.

#### F.7.- Conclusiones

Sobre la base de los muestreos realizados en agua y sedimento entre los años 2002 y 2007, para la bahía de Iquique se puede concluir lo siguiente:

1. Se evidencia una contaminación de los sedimentos atribuible a efluentes con altos contenidos de materia orgánica y nitrógeno provenientes de plantas pesqueras, lo que conlleva a que ocurra un proceso de eutroficación del área costera y consecuentemente una modificación de las estructuras biológicas acuáticas.

2. Si bien en el cuerpo de agua se detectó señales de contaminación de origen fecal, los recuentos colimétricos no superaron la Clase 2, en este sentido y con la información disponible, se desprende que la rada de Iquique no presenta problemas ambientales relevantes en cuanto a este indicador microbiológico.
3. Respecto de los contaminantes detectados en los sedimentos, las descargas de residuos líquidos procedentes de plantas pesqueras dedicadas a la elaboración de harina de pescado y de residuos líquidos domésticos vertidos a las aguas marinas serían las principales fuentes contaminantes.



## RADA DE ANTOFAGASTA



## II.2.3.-RADA DE ANTOFAGASTA

### A) Antecedentes Físicos

El territorio que comprende esta región se extiende entre los 20° 56' y 26° 05' de latitud sur y desde los 67° 00' de longitud oeste hasta el Océano Pacífico. Limita al norte con la Región de Tarapacá, al sur con la de Atacama, al Este con Argentina y Bolivia y al oeste con el Océano Pacífico. Esta superficie que se extiende en sentido norte-sur en 500 Km. de longitud, abarca un área de 126.121,3 km<sup>2</sup>, equivalentes al 16,6% del territorio nacional, excluida la Antártica Chilena. El censo de población de 2002 registró un total de 493.984 habitantes.

Las unidades de relieve se manifiestan, en general, en un sentido norte-sur, de la misma manera que en todo el territorio nacional. Los principales rasgos físicos que identifican a esta región son el desarrollo de las planicies litorales, especialmente en la Península de Mejillones y la presencia de una gran cuenca altiplánica donde se localiza el salar de Atacama que divide la Cordillera de los Andes en dos líneas de cumbres. (Figura N° 7 Mapa Físico Región de Antofagasta)

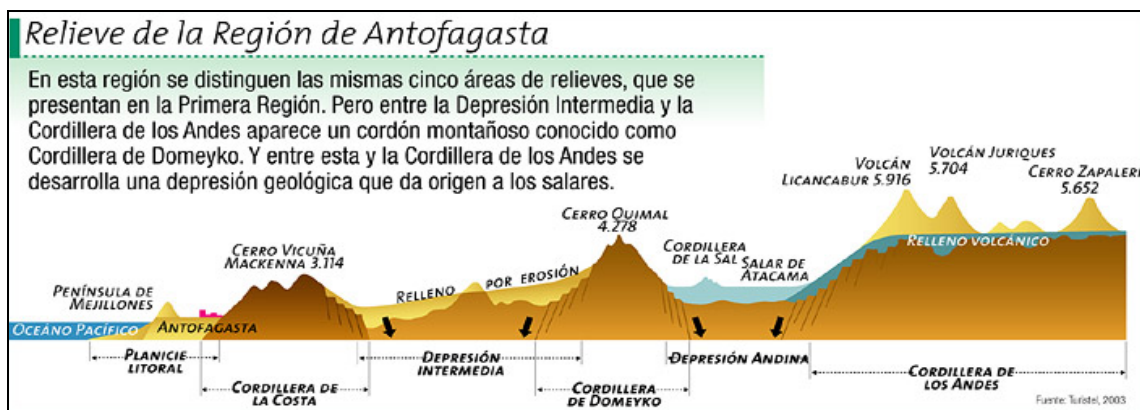


Figura N° 7: Mapa Físico Región de Antofagasta

Esta región se caracteriza por un completo endorreísmo (cuencas sin llegada al mar) producto, en gran medida, del clima desértico y la disposición del relieve. Entre los principales cursos de agua se distingue el río Loa, que se caracteriza por presentar un escurrimiento continuo durante todo el año, pero de caudal moderado, 2 m<sup>3</sup>/seg., gracias a su régimen de alimentación pluvionival, que le permite mantener un caudal durante todo el año y alcanzar el océano. Sus aguas son intensamente aprovechadas para la agricultura, la minería y el consumo de la población de las principales ciudades de esta región; Calama, Antofagasta y Chuquicamata.

También destaca la cuenca endorreica del Salar de Atacama, cuenca altiplánica que se desarrolla al sur del río Loa, de aproximadamente 15.000 km<sup>2</sup> de superficie, que separa la Cordillera de los Andes de la Precordillera de Domeyko. En este sector, tanto el río San Pedro que tiene un caudal de 1 m<sup>3</sup>/seg y el Vilama que posee un caudal de 0,2 m<sup>3</sup>/seg, permiten el regadío de un amplio sector agrícola localizado en el área del pueblo de San Pedro de Atacama y proporcionan el recurso necesario para la subsistencia de los habitantes de los oasis y poblados de la cuenca.

### B) Antecedentes Demográficos

Administrativamente la Región está conformada por tres Provincias: El Loa, Tocopilla y Antofagasta y por 9 Comunas: Antofagasta, Mejillones, Sierra Gorda, Taltal, Tocopilla, María Elena, Calama, San Pedro de Atacama y Ollagüe. La ciudad de Antofagasta es la capital Regional.

La población regional corresponde al 3,26% de la población nacional y su densidad alcanza a 3.92 hab/km<sup>2</sup>. Presenta un crecimiento de población intercensal promedio anual de 2,0%. Esto, ya que durante el período comprendido entre los censos de 1992 y 2002 su población creció en un 20,3%, siendo la segunda región con mayor crecimiento poblacional del país, ubicándose 7 puntos por arriba del crecimiento poblacional de Chile. Esta población es eminentemente urbana, ya que sólo 11.438 personas, que representan el 2,3% de la población total regional, habitan en zonas rurales. Por lo que el 97,7% de sus habitantes responde a un patrón de población urbana.

Tabla N° 1: Crecimiento Intercensal 1992-2002 Región de Antofagasta

	Censo 1992	Censo 2002
Región de Antofagasta	410.724	493.984
Antofagasta	228.408	296.905
Mejillones	6.315	8.418
Sierra Gorda	1.425	2.356
Taltal	10.852	11.100
Calama	121.807	138.402
Ollagüe	443	318
San Pedro de Atacama	2.829	4.969
Tocopilla	24.985	23.986
María Elena	13.660	7.530

Fuente: Infopaís; Sistema de Información Regional, Mideplan 2005.

### C) Principales Actividades Económicas.

La base del desarrollo económico de la región está dada por su riqueza minera. La actividad agrícola es muy limitada por las condiciones de aridez, destacando sólo los cultivos de los oasis de Toconao, Calama y San Pedro de Atacama, por lo que la Región de Antofagasta adquiere de otras comunas del país gran parte de los productos agrícolas y forestales que consume su población. Lo mismo ocurre con la existencia de productos cárneos.

**Minería:** Es la principal actividad económica de la Región, la cual representa, en promedio, más del 57% de la actividad económica regional, llegando incluso a valores cercanos al 65%. Refuerza la vocación minera de esta Región el hecho de que más del 45% del PIB minero del país se genera en ella. La explotación de la riqueza minera está dada por la extracción de cobre y salitre, aunque también se trabajan azufreras y depósitos de calizas. En cuanto a otros minerales como litio, potasio, rubidio, bórax y ónix, las proyecciones de la minería contribuyen con un aporte significativo de cobre a la región. La gran minería del cobre está representada en la región por el complejo minero de Chuquicamata, cuyos yacimientos se encuentran ubicados a 340 Km. al noreste de Antofagasta. Otras minas de cobre importantes en la Segunda Región son: la Exótica, Radomiro Tomic y la Escondida.

**Energía, Electricidad, Gas y Agua:** Las condiciones del medio geográfico en que se localiza la región de Antofagasta, hacen que el recurso energía tanto para el consumo de los habitantes como para el funcionamiento de la industria y yacimientos mineros, provenga de centrales termoeléctricas. La gran minería del cobre y del salitre, dado que tienen un alto consumo de energía eléctrica, poseen sus propias plantas generadoras que en su mayoría son térmicas. El mayor volumen se concentra en las localidades

pobladas y yacimientos mineros. La zona cuenta además con fuentes de energía geotérmica como la central El Tatio y otras que abren nuevos caminos al desarrollo regional.

**Pesca:** De acuerdo con las condiciones de temperatura y salinidad de las aguas en la región, el mayor volumen de pesca descansa en los recursos anchoveta y sardina.

La pesca en la región de Antofagasta ocupa el lugar 130 entre las actividades exportadoras de la región, representando el 0,02% del total exportado el año 2000 (Infopais Mideplan).

**Sector agropecuario-silvícola:** La actividad silvoagropecuaria es poco gravitante en términos regionales, debido a la escasez de recursos hídricos y a la calidad de los suelos que son mayoritariamente salinos y de gran aridez. Sin embargo, tiene una gran importancia para las comunidades de los valles y oasis del interior, para las cuales más que una actividad económica es una forma de vida y el establecimiento de una economía de subsistencia. Inversiones recientes buscan mejorar la infraestructura de riego y elevar el autoabastecimiento hortícola regional.

#### D) Principales Problemas Ambientales en el Puerto de Antofagasta.

A lo largo del extenso cauce del río Loa y sus cercanías, se encuentra una serie de actividades industriales, principalmente relacionadas con la actividad minera metálica y no metálica que se desarrolla en la Región. Entre las más importantes se encuentran: Minera El Abra, Minera Radomiro Tomic, Complejo Minero CODELCO - Chuquicamata, Planta de Abatimiento de Arsénico de ESSAN S.A. en Cerro Topater Calama, Planta de Explosivos de ENAEX - Calama, Planta de boratos abandonada en sector Coya Sur - Crucero y Planta de producción de Salitre Potásico de María Elena - Coya Sur de Soquimich (SQM).

La mayoría de estas actividades utilizan las aguas del río Loa para faenas de beneficio de minerales que ellas extraen a través de aducciones en distintos puntos del río y sus afluentes, además algunas de estas actividades históricamente han vertido en forma directa los residuos industriales al río Loa y otras lo estarían haciendo en forma indirecta.

#### E) Principales Empresas de la Región y sus Principales Contaminantes

GM. ANTOFAGASTA					
EMPRESA	N° de Plantas	N° de Ductos	Naturaleza Descarga	Tipo Emisario	Probables Contaminantes
Essan S.A.	1	1	Aguas Servidas	Emisario	Solidos sedimentables y suspendidos totales, DBO5, Aceites y Grasas, Detergentes ph, coliformes Fecales
Essan S.A.	1	1	Aguas Servidas	Emisario	
Essan S.A.	1	1	Aguas servidas	Emisario	
Essan S.A.	1	1	Aguas Servidas	Emisario	

Essan S.A.	4	1	Aguas Servidas	Emisario	
Corpesca S.A.	1	1	Aguas Descarga	Submarino	Solidos Suspendidos
Corpesca S.A.	1	1	Aguas Descarga	Submarinos	Totales,Aceites y Grasas
Corpesca S.A.	2	1	Aguas descarga	Submarino	Arsenico,Cadmio,Estaño,Man ganeso,Molibdeno,Sulfuro Fluoruro, Niquel, Selenio,Sulfato, Hidrocarburos Volatiles,Cobre,Zinc,Fenoles, Temperatura,DBO5,Boro,Clor uro,Fosforo,Hierro,NKT.
Electroandina S.A.I	9	1	Aguas Enfriamiento	Superficial costero	T°, Aluminio, Sólidos SuspendidosTotales,DBO <sub>5</sub> ,Flu oruro,Hierro,Molibdeno,Boro, Cloruros,Sulfato,Fosforo,Fen oles,Detergentes,Zinc,NKT.
Electroandina S.A.II	3	1	Aguas Enfriamiento	Superficial costero	
Electroandina S.A.II	1	1	Aguas Enfriamiento	Superficial costero	
Electroandina S.A.II	2	1	Aguas Enfriamiento	Superficial costero	
Norgener I y II	1	1	Aguas Enfriamiento	Superficial costero	Aceites y Grasas ,Hidrocarburos totales, DBO <sub>5</sub> ,Aluminio,Arsenico,Cian uro,Cobre,Cromo,Cromo Hexavalente Estaño, Fluoruro, Fosforo, Hierro, Manganeso,Molibdeno,Niquel ,Nkt,Sulfuro,Zinc,Detergente s,Solidos Suspendidos totales y Fijos, Boro, Cloruros, Sulfato.
Edelnor S.A.	1	1	Aguas Enfriamiento	Superficial costero	DBO <sub>5</sub> ,Arsenico,Cobre,Estaño, Hierro,Molibdeno,Selenio,Zin c,Solidos SuspendidoTotales,Boro,Clor uros,Sulfato, NKT,T°,Fluoruro,Sulfato,
Moly Cop S.A.	1	1			DBO <sub>5</sub> ,Fluoruro,Hierro,Boro,Cl oruros,Sulfato.
Grimar	1	1			DBO <sub>5</sub> ,Arsenico,Cobre,Estaño, Hierro,Molibdeno,Nitrogeno,S elenio,Zinc,Detergentes,Solid os Suspendidos Totales,Boro,Cloruros, Sulfato.

Fuerza Aérea de Chile	1	1	Aguas servidas	Superficial costero	Sólidos Suspendedos Totales, DBO <sub>5</sub> , Arsénico, Cobre, Fluoruro, Fósforo, Hierro, Manganeseo, Molibdeno, NKT, Zinc, Fenoles, Detergentes, Boro, Cloruros, Sulfato, Pentaclorofenol, Triclorometano
Desalant	1	1		Submarino	Aceites y Grasas, Hidrocarburos Totales, DBO <sub>5</sub> , Aluminio, Arsénico, Cianuro, Cobre, Cromo Total y Hexavalente, Estaño, Fluoruro, Fósforo, Hierro, Manganeseo, Molibdeno, Niquel, Nkt, Sulfuro, Zinc, Detergentes, Sólidos Sduspendidos Totales Hidrocarburos Fijos, Boro, Cloruros, sulfato, Cadmio, Selenio, Mercurio, Pentacloroetano, Tolueno, Triclorometano, Xileno.
Cytec Chile Ltda.	1	1	Aguas Proceso	Submarino	Aceites y Grasas, Hidrocarburos Totales, Fijos y Volátiles, DBO <sub>5</sub> , Aluminio, Arsénico, Cianuro, Cobre, Fluoruro, Plomo, Hierro, Manganeseo, Molibdeno, Niquel, NKT, Sulfuro, Zinc, Detergentes Sólidos Suspendido Total, Boro, Cloruros, Sulfato, Selenio, Hierro, Fenoles.
Minera Escondida Ltda.	1	1	Aguas Proceso	Submarino	Aceites y Grasas, Hidrocarburos Totales, DBO <sub>5</sub> , Aluminio, Arsénico, Cianuro, Cobre, Fluoruro, Plomo, Hierro, Manganeseo, Molibdeno, NKT, Sulfuro, Zinc, Detergentes, Sólidos Suspendidos Totales, Fijos y Volátiles, Boro, Cloruros, Sulfato, Selenio.



Micromar Ltda.	1	1	Salmuera		Aceites y Grasas, Hidrocarburos Totales y Volátiles, Arsenico, Cr Hexavalente, Estaño, Fluoruro, Fosforo, Molibdeno, Niquel, N KT, Solidos Suspendidos Totales, Boro, Sulfato.
Interacid Chile	1	1	Salmuera	Superficial costero	Solidos Suspendidos Totales, Aluminio, Fluoruro, Fosforo, Boro, Cloruros.
Enaex	1	1	Aguas Enfriamiento	Submarino	DBO <sub>5</sub> , Arsenico, Cromo, Fluoruro, Hierro, Manganeseo, Nitrogeno, Sulfuro, Detergentes, Boro, Cloruros, Sulfato.
Nopel	1	1	Aguas Enfriamiento	Superficial costero	Solidos Suspendidos Totales, Aluminio, Estaño, Fluoruro, Mercurio, Molibdeno, Boro, Sulfato, Cloruro.
Puerto Angamos S.A	1	1	Salmuera	Cañería submarina	Aluminio, Arsenico, Cadmio, Estaño, Hierro, Molibdeno, Selenio, Fosforo, Boro, Cloruro, Sulfato, T°, Fluoruro.
Cemento Polpaico	1	1	Salmuera	Superficial costero	T°, Aceites y Grasas, Hidrocarburos Totales y Fijos, Fluoruro, Fosforo, NKT, B, Cloruros, Sulfato.

## F) RESULTADOS

A continuación se entregan los resultados obtenidos luego de 6 años de análisis de contaminantes en agua y sedimentos en la Rada de Antofagasta.

### F.1.- Ubicación Puntos de Muestreo:

Este cuerpo de agua puede ser considerado como expuesto, tiene tres estaciones de agua y siete estaciones de sedimentos, las coordenadas geográficas se muestran en la tabla siguiente y la ubicación de las estaciones se observan en la Figura N° 8.

ANTOFAGASTA				
EST.	LAT. SUR	LONG OESTE	PROF	NOMBRE LOCAL
A5	23°37'02"	70°23'50"	9	Cuadra Calle Calama
A7	23°38'32"	70°24'19"	18	Antepuerto
A8	23°38'32.5"	70°23'55.5"		Frente Puerto Antiguo de Antofagasta
BA	23°37'00"	70°23'44"	-	Caleta Cobre Norte

BC	23°39'24"	70°24'09"	-	Costanera
S2	23°38'02"	70°24'00"	10	Frente Cervecería CCU
S4	23°39'57"	70°24'29"	4	Balneario Municipal
S5	23°37'02"	70°23'50"	9	Cuadra Calle Calama
S9	23°39'43"	70°24'32"	19	Playa El Tatio
SA	23°38'38"	70°24'26"	15	Poza Puerto
SB	23°38'18"	70°23'56"	3.1	Club de Yates
SS1	23°37'34"	70°23'54"	14	Roca Abel

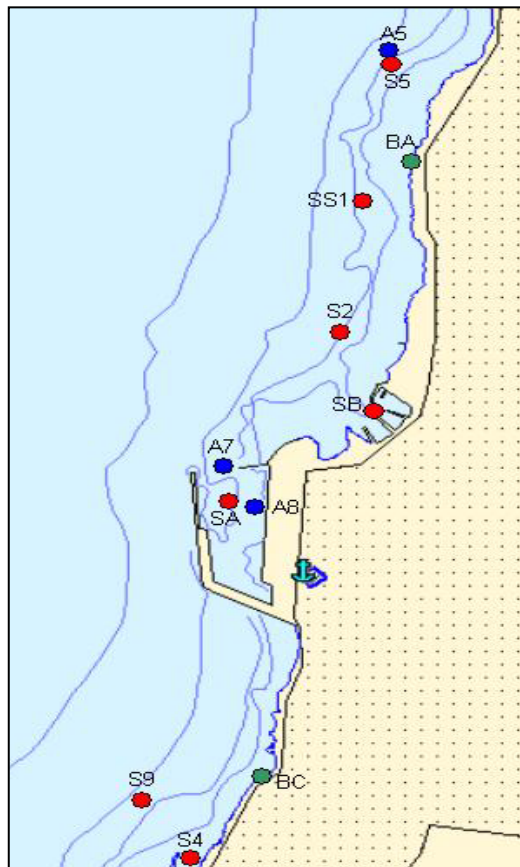


FIGURA N° 8 : Estaciones de muestreo en el cuerpo de agua marino de Antofagasta.

#### F.2.- Análisis Muestras de Agua:

##### Mercurio Total Agua:

El gráfico N° 2.36 muestra el comportamiento de mercurio total en agua entre los años 2002 y 2007.



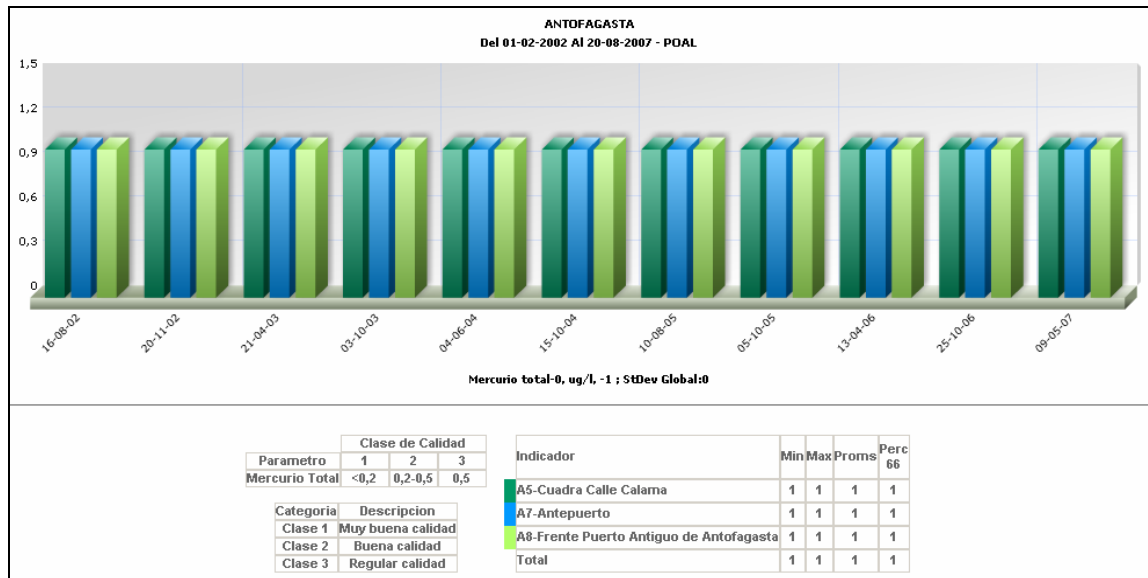


Gráfico N° 2.36 comportamiento ambiental de mercurio (ppb) en agua de mar

El mercurio no fue detectado analíticamente durante las campañas de muestreo efectuadas en las tres estaciones de agua de mar. Todos los valores informados por el laboratorio corresponden al límite de detección del instrumental, esto es < 1 ppb.

#### Cromo Total y Plomo Total Agua:

Los gráficos N° 2.37 y N° 2.38 muestran el comportamiento de cromo y plomo total en la matriz acuosa entre los años 2002 y 2007.

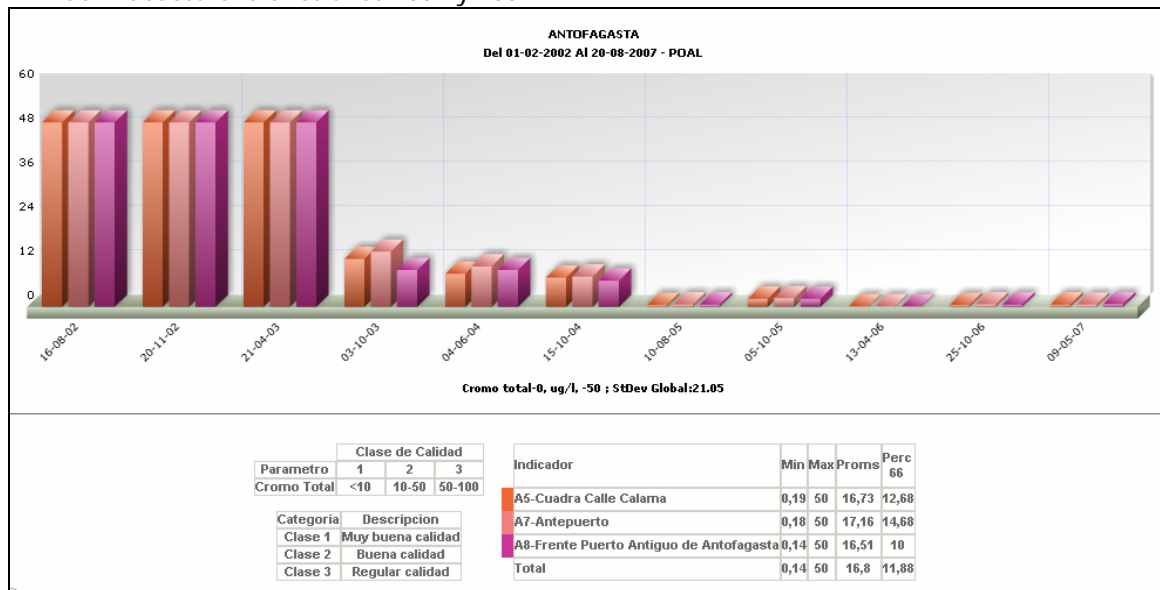


Gráfico N° 2.37 comportamiento ambiental de cromo (ppb) en agua de mar

Las concentraciones de cromo y plomo presentan una situación particular, ya que los valores de las tres primeras campañas de muestreo (ago y nov 2002 y mayo 2003), el laboratorio informó límites de detección de < 50 ppb, en tanto los valores detectados en las campañas posteriores, octubre 2003 en adelante, dan cuenta de valores de concentración que no superaron los 10 ppb para los dos metales. Lo anterior permite calificar el cuerpo de agua como de Clase 2

(buena calidad) para ambos metales, cromo y plomo, de acuerdo a los criterios planteados por la CONAMA.

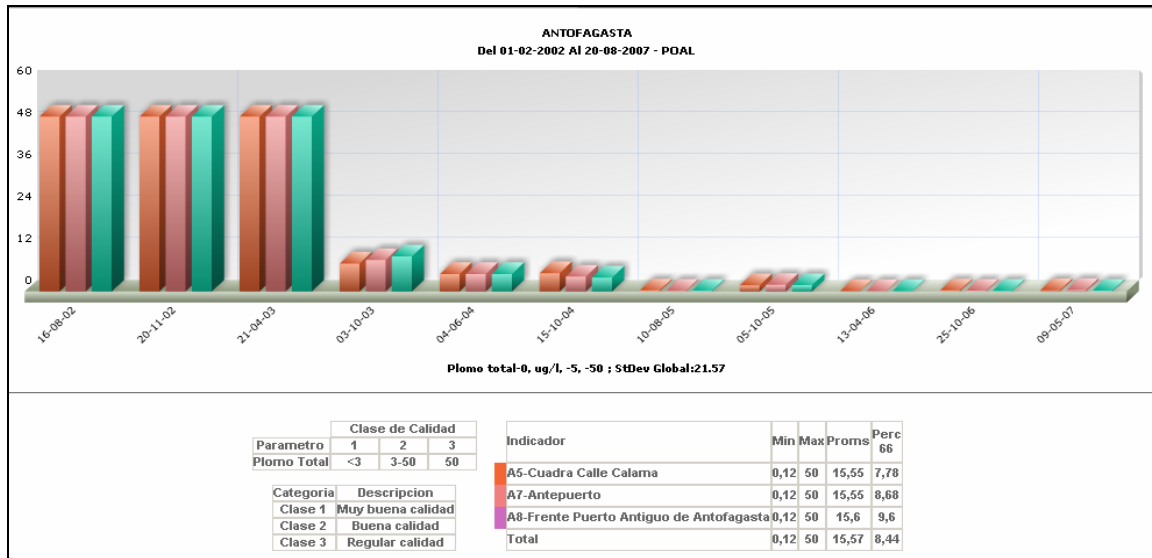


Gráfico N° 2.38 comportamiento ambiental de plomo (ppb) en agua de mar

#### Cobre Total Agua:

El gráfico N° 2.39, muestra el comportamiento ambiental del cobre total en agua entre los años 2002 al 2007

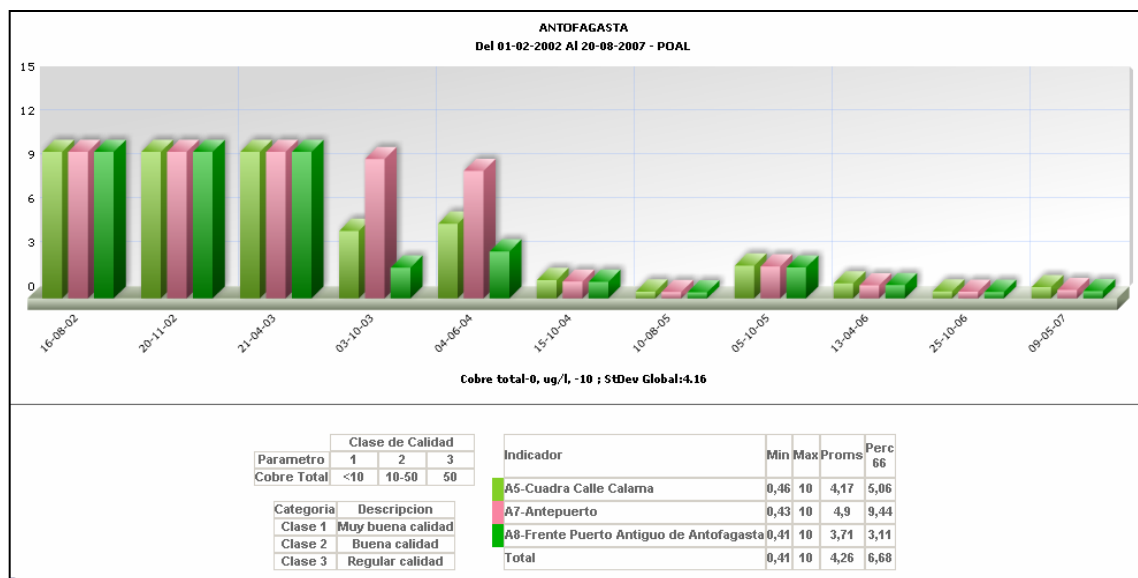


Gráfico N° 2.39 comportamiento ambiental de cobre (ppb) en agua de mar

Para las primeras campañas efectuadas el laboratorio informó un límite de detección de hasta 10 ppb. Durante el muestreo de la segunda campaña del 2003, se obtuvieron valores en la estación A7 (Antepuerto) que se acercan al límite de detección señalado, no obstante esta situación disminuyó en el tiempo ya que las campañas posteriores solamente registraron valores de concentración que no excedieron los 3 ppb. Los percentiles obtenidos de las concentraciones de

cobre en agua de mar permiten clasificar la bahía en la clase 1 señalada en la Guía CONAMA, es decir aguas de muy buena calidad.

#### Zinc Total Agua:

El gráfico N° 2.40, muestra el comportamiento de zinc en la matriz acuosa entre los años 2002 y 2007

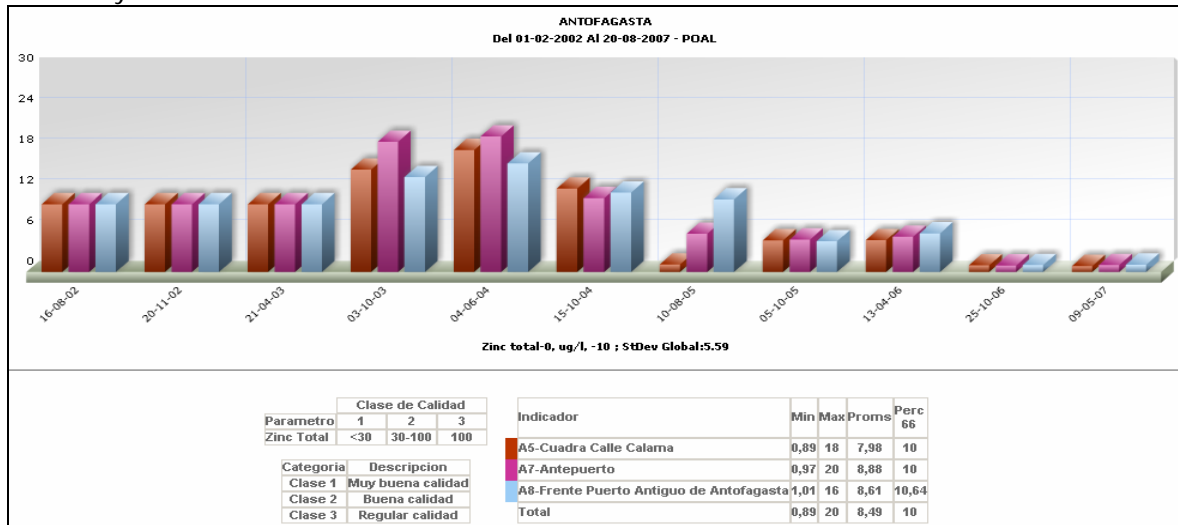


Gráfico N° 2.40 comportamiento ambiental de zinc (ppb) en agua de mar

El análisis de los percentiles obtenidos en los tres sectores para el zinc en agua de mar reflejan una clase de calidad 1, se debe destacar que la estación A7 (Antepuerto), registró la mayor concentración en el cuerpo de agua de Antofagasta con un valor de 20 ppb, no obstante esta situación disminuyó en las campañas siguientes.

#### Cadmio Total Agua:

El gráfico N° 2.41, registra la variación de cadmio en agua de mar entre los años 2002 y 2007.

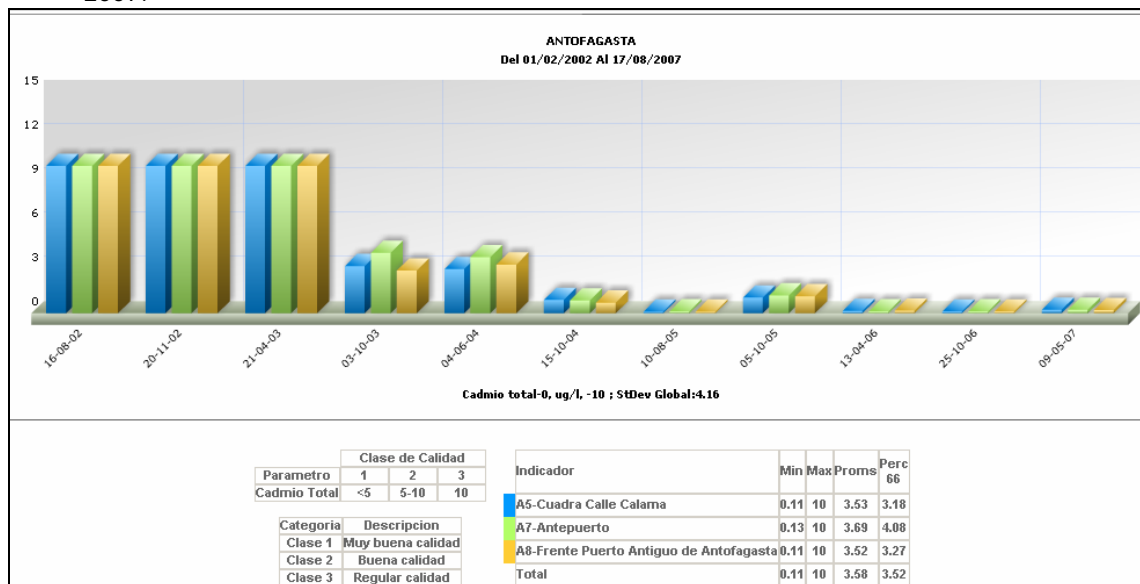


Gráfico N° 2.41 comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua de mar

Los análisis de cadmio en las muestras de agua, también revelan aguas Clase 1, es decir, de muy buena calidad, ya que no superaron los 5 ppb durante todo el período de vigilancia, 2002 al 2007.

#### Amonio Agua:

La figura N° 2.42, muestra la variación de amonio en las muestras de agua entre los períodos 2002 y 2007.

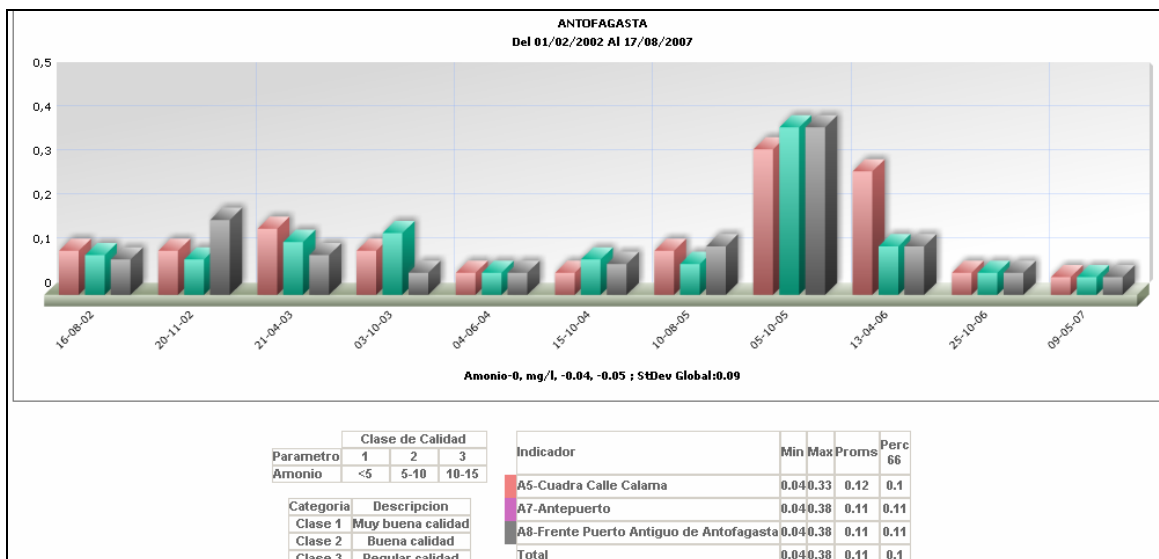


Gráfico N° 2.42 comportamiento ambiental de cadmio (ppm) en agua de mar

Los valores de concentración para amonio detectados en las muestras de agua son bajos, es decir son aguas de muy buena calidad respecto a éste parámetro. Sólo podemos destacar que los valores más altos fueron detectados durante la segunda campaña del 2005 en las tres estaciones, aunque no superaron los 0,4 ppm.

#### Aceites y Grasas Agua:

La figura N° 2.43, presenta la variación de los contenidos de aceites y grasas presentes en agua de mar, se destaca que desde el 2002 al 2006, el límite de detección para este compuesto orgánico era de < 10 ppm, en tanto la campaña del 2007, este límite fue disminuido a < 5 ppm

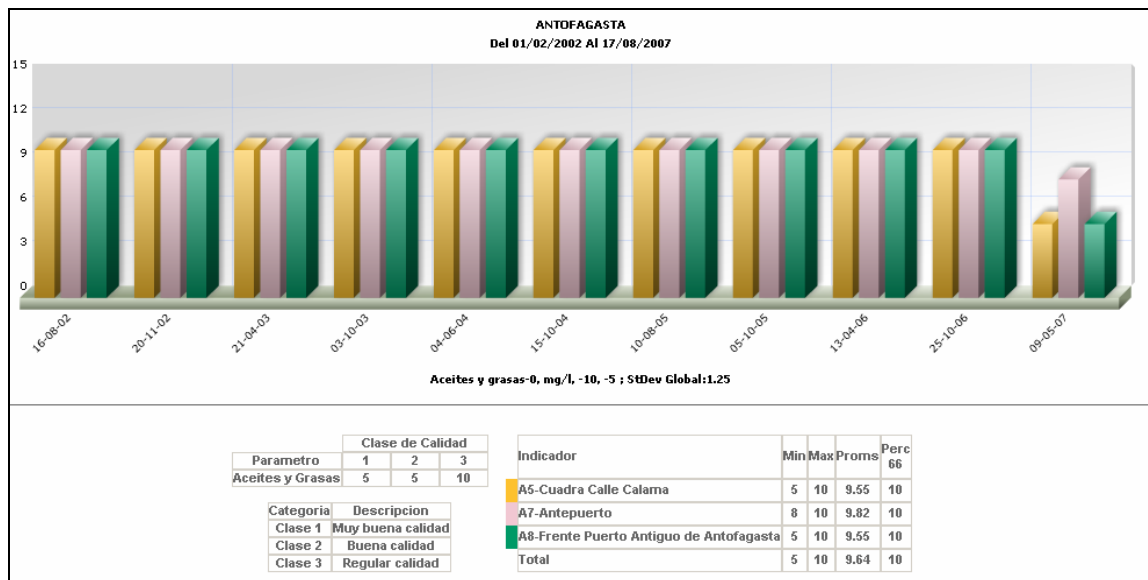


Gráfico N° 2.43 comportamiento ambiental de aceites y grasas (ppm) en agua de mar

Los contenidos de aceites y grasas no fueron detectados en las aguas de la bahía durante la mayor parte del período de vigilancia. Sólo en la última campaña de muestreo, mayo de 2007, la estación A7 (Antepuerto) presentó una concentración mayor a la de las demás estaciones, aunque siempre con valores bajos.

#### Coliformes Fecales Agua:

El gráfico N° 2.44, representa la variación de coliformes fecales desde los años 2002 al 2007.

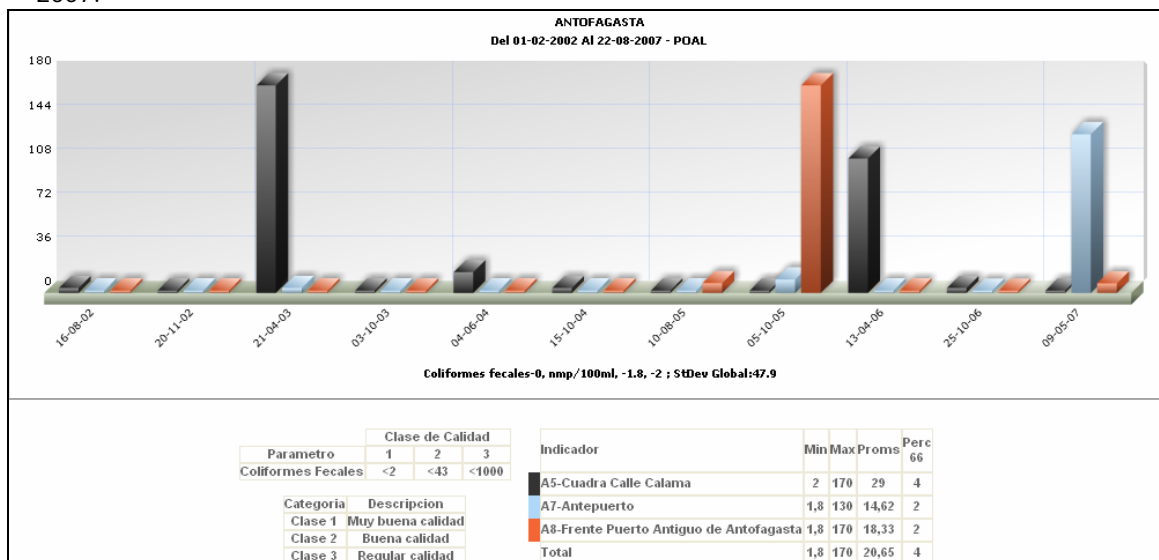


Gráfico N° 2.44 comportamiento ambiental de coliformes fecales (NMP) en agua de mar

El análisis de percentiles de las concentraciones obtenidas en las campañas de muestreo para las tres estaciones permiten clasificar la bahía en la clase 2, es decir aguas de buena calidad, según la Guía CONAMA. Valores puntuales altos fueron detectados en las estaciones A5 (Cuadra Calle Calama) y A8 (Frente Puerto Antiguo de Antofagasta) con valores de 170 NMP/ 100 mL, valores que no implican un riesgo para la vida acuática ya que fueron esporádicos y siempre bajo el umbral de la Clase 3 para aguas de regular calidad.

### F.3.- Análisis Muestras de Sedimento:

#### Mercurio en Sedimentos:

El gráfico N° 2.45, muestra el comportamiento de las concentraciones de mercurio total en la matriz sedimentaria entre los años 2002 y 2007.

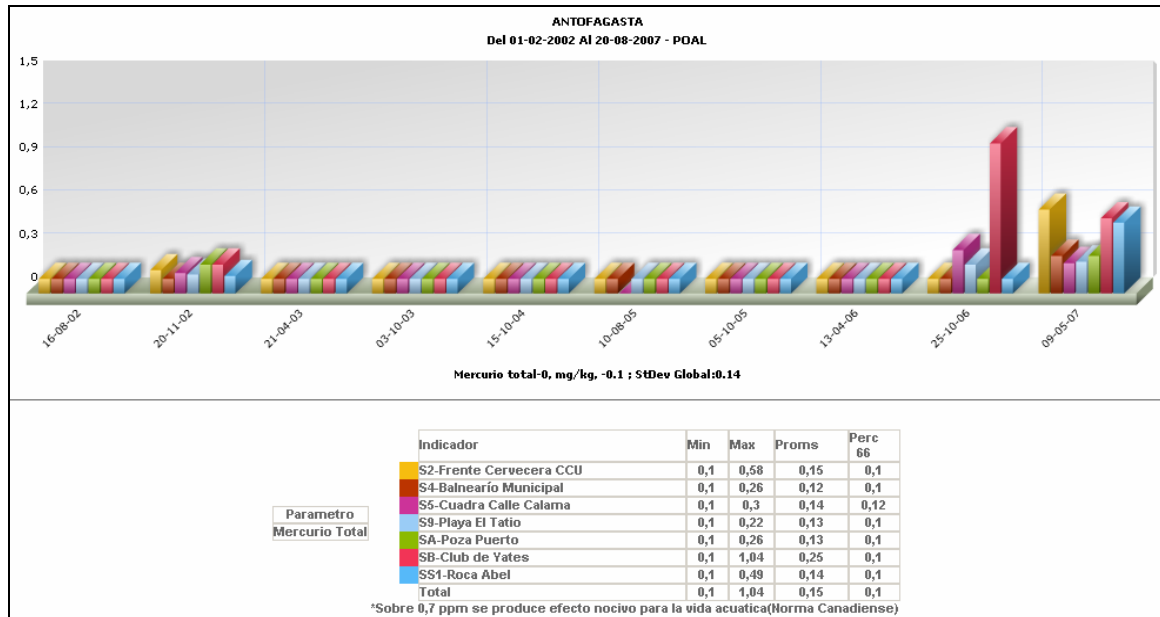


Gráfico N° 2.45 comportamiento ambiental de mercurio (ppm) en sedimentos

Las condiciones de la bahía de Antofagasta para este metal pueden calificarse de “normales” para todo el período, pero con eventos puntuales hacia el final de éste.

Los contenidos de mercurio hasta la primera campaña del 2006, reflejó valores de concentración bajos, salvo las últimas dos campañas. El muestreo efectuado en la segunda campaña del 2006, la estación SB (Club de Yates) registró un valor máximo de 1,04 ppm, situación que disminuyó el 2007. Las estaciones S2 (Frente Cervecera CCU) y SS1 (Roca Abel), también presentaron valores superiores al promedio de campañas anteriores, sin embargo estos promedios siempre estuvieron bajo el umbral propuesto por Canadá de 0,7 ppm sobre el cual se producen efectos nocivos sobre la vida marina.

#### Cadmio en Sedimentos:

El gráfico N° 2.46, refleja el comportamiento ambiental de cadmio en sedimentos entre los años 2002 al 2007.

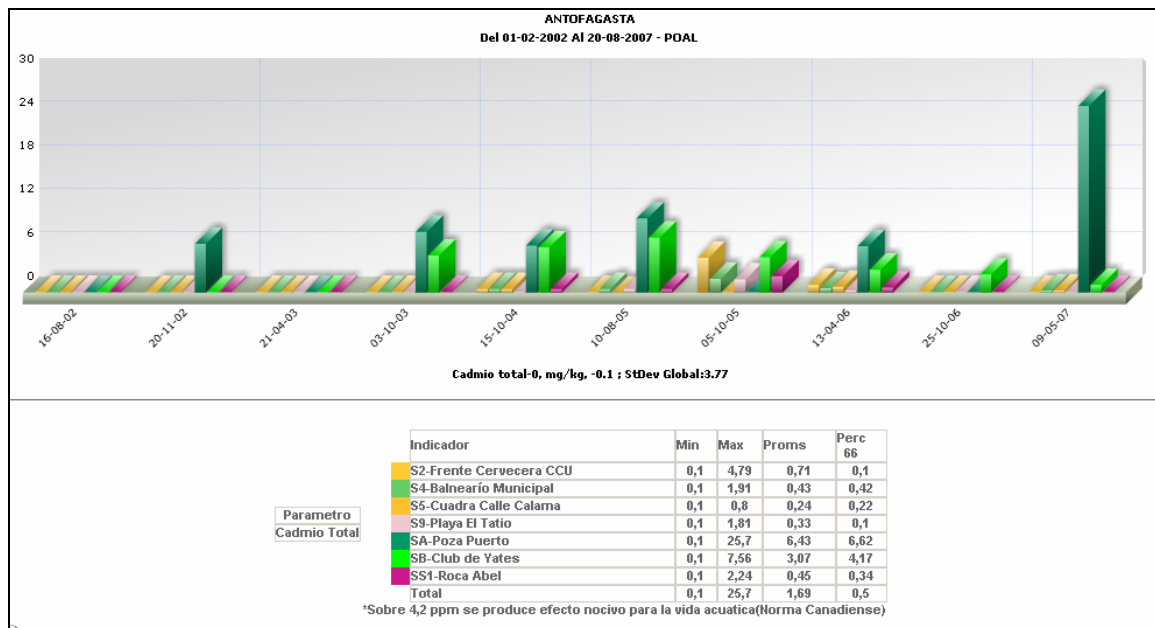


Gráfico N° 2.46 comportamiento ambiental de cadmio (ppm) en sedimentos

Los contenidos de cadmio no son altos en la bahía. Sólo exceden en forma puntual el valor del límite referencial de 4,2 ppm las estaciones SA (Poza Puerto) con 25,7 ppm (2007), SB (Club de Yates) con un valor máximo de 7,56 ppm (2005). Esta condición, al analizarla en base a los percentiles 66, permiten catalogar la primera estación como “contaminada” con cadmio. Las demás estaciones no evidenciaron contaminación por cadmio ya que las concentraciones promedio y sus máximos estuvieron bajo el umbral señalado más arriba.

#### Cromo en Sedimentos:

El gráfico N° 2.47, presenta la variación de cromo en la matriz sedimentaria en el período comprendido entre el 2002 al 2007.

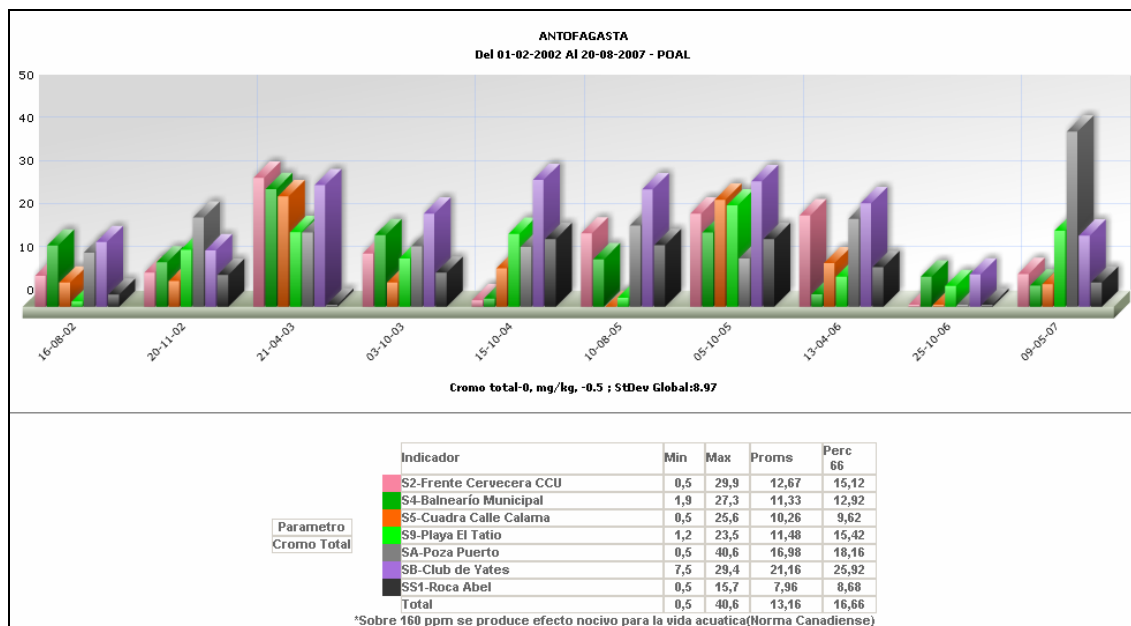


Gráfico N° 2.47 comportamiento ambiental de cromo (ppm) en sedimentos



Los contenidos de cromo estuvieron siempre bajo el umbral crónico de 160 ppm lo que permite catalogar los sedimentos de la bahía como no contaminados con cromo. Sólo cabe destacar que la estación SA (Poza Puerto), presentó un máximo de concentración de 40,6 ppm en la última campaña 2007.

#### Plomo en Sedimentos:

Se aprecia en el gráfico N° 2.48, la variación de plomo en los sedimentos entre los períodos 2002 al 2007.

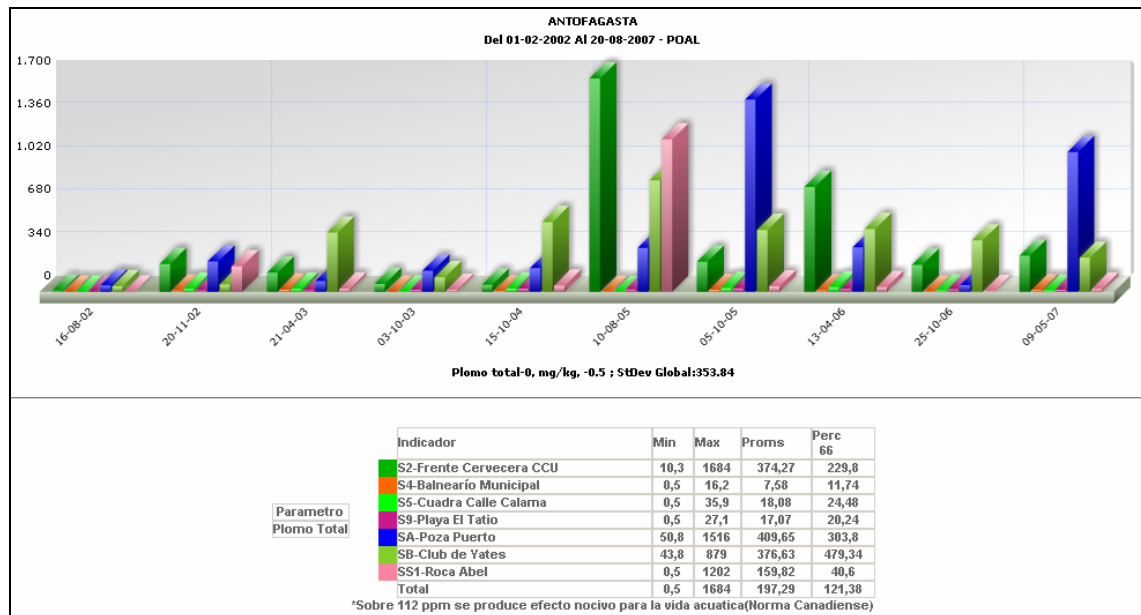


Gráfico N° 2.48 comportamiento ambiental de plomo (ppm) en sedimentos

De las 7 estaciones vigiladas, 4 tuvieron promedios de concentración de plomo por sobre el límite considerado crónico de 112 ppm, por lo que han sido catalogadas como “contaminadas”. Éstas fueron la estación S2 (Frente cervecera CCU) con promedio más del triple del límite; SA (Poza Puerto) con un promedio casi cuatro veces el límite umbral; SB (Club de Yates) con un promedio más de tres veces el umbral y SS1 (Roca Abel) con un promedio mas de 1,5 veces el límite que consideramos como límite.

Durante el muestreo efectuado en el 2007, de los sitios contaminados, solamente la estación SS1 (Roca Abel), disminuyó algo su alto grado de concentración. Las restantes siguieron presentando altos contenidos, particularmente la estación SA (Poza Puerto).

#### Cobre en Sedimentos:

El gráfico N° 2.49, refleja la variación de cobre en la matriz sedimentaria entre los años 2002 y 2007.

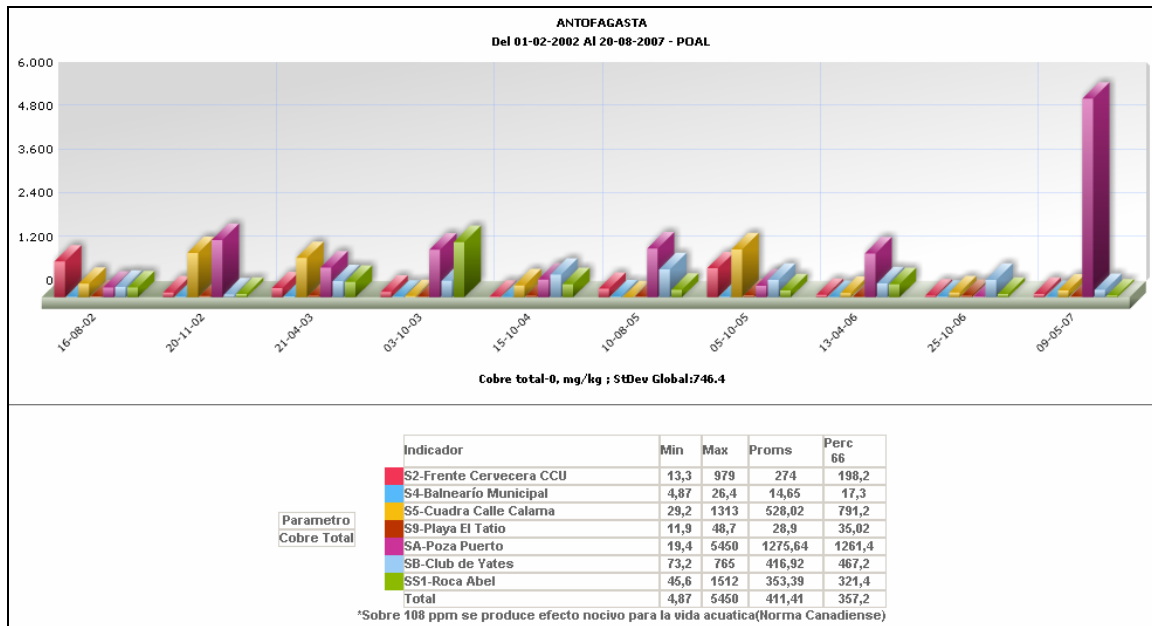


Gráfico N° 2.49 comportamiento ambiental de cobre (ppm) en sedimentos

Todos los datos de esta vigilancia ambiental costera demuestran claramente un importante grado de contaminación por cobre en la bahía de Antofagasta. Los contenidos promedio de cobre por sobre el límite referencial de 108 ppm se registraron en 4 de las 7 estaciones bajo vigilancia. Se hallaron valores puntuales de más de 50 veces el umbral de 108 ppm (estación SA, Poza Puerto) cuyo promedio fue más de 12 veces éste valor límite. Las áreas más fuertemente contaminadas son la Poza Puerto, Club de Yates y Roca Abel.

#### Zinc en Sedimentos:

El gráfico N° 2.50, presenta el comportamiento ambiental de zinc entre los años 2002 y 2007.

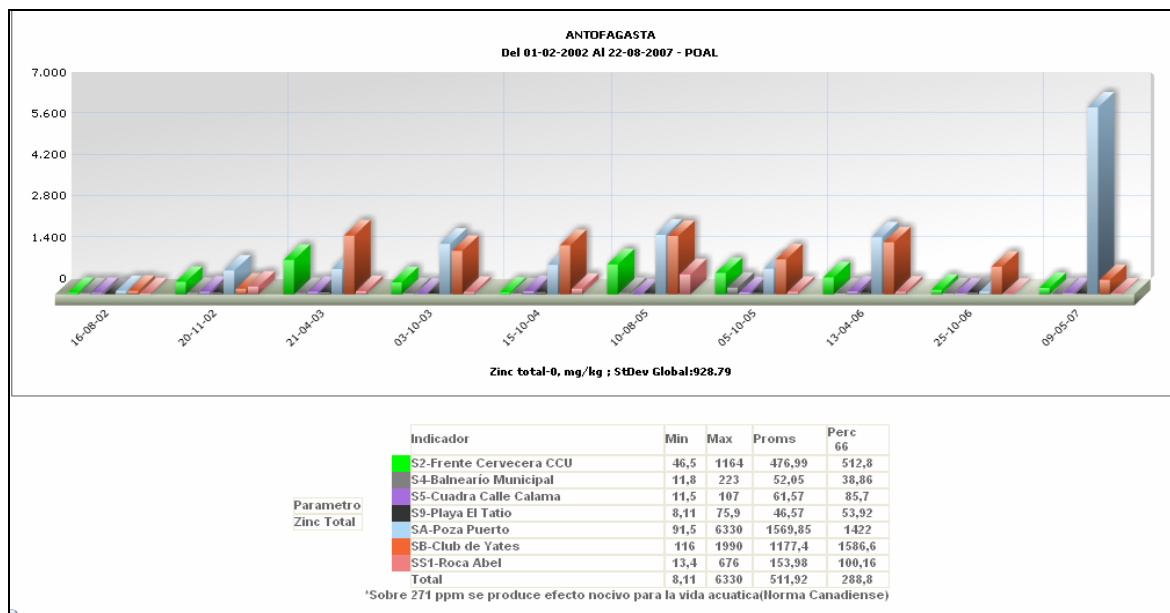


Gráfico N° 2.50 comportamiento ambiental de zinc (ppm) en sedimentos

Similar a lo que ocurre con las concentraciones de cobre en sedimento, las de zinc también resultaron altas, superándose el umbral de 271 ppm en las estaciones S2 (Frente Cervecera CCU), SA (Poza Puerto) y SB (Club de Yates). Concentraciones máximas puntuales se encontraron en éstas estaciones con valores que superaron con holgura el valor límite: 1164 ppm en S2, 6330 en SA, 1990 en SB. Con esta información es posible concluir que el borde costero de Antofagasta bajo uso intenso se encuentra fuertemente contaminado. El resto de las estaciones presenta condiciones normales de calidad de los sedimentos.

#### Fósforo Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.51, muestra la variación de fósforo total en los fondos sedimentarios detectados entre los años 2002 y 2007.

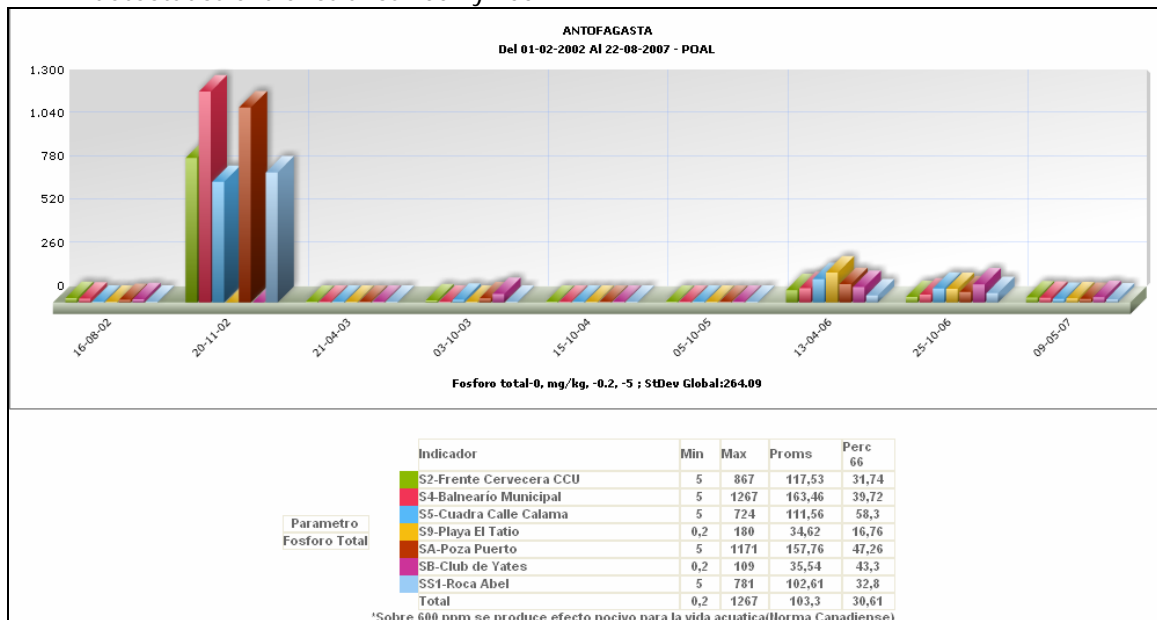


Gráfico N° 2.51 comportamiento ambiental de fósforo total (ppm) en sedimentos

En general el fósforo medido en sedimentos en la bahía de Antofagasta se encontró, en la mayoría de las estaciones, bajo el umbral de 600 ppm. Las concentraciones más altas se detectaron durante el muestreo del 2002, no obstante estas concentraciones disminuyeron los muestreos siguientes.

#### Nitrógeno Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.52, presenta la variación de nitrógeno total en sedimentos determinado entre los años 2002 y 2007.

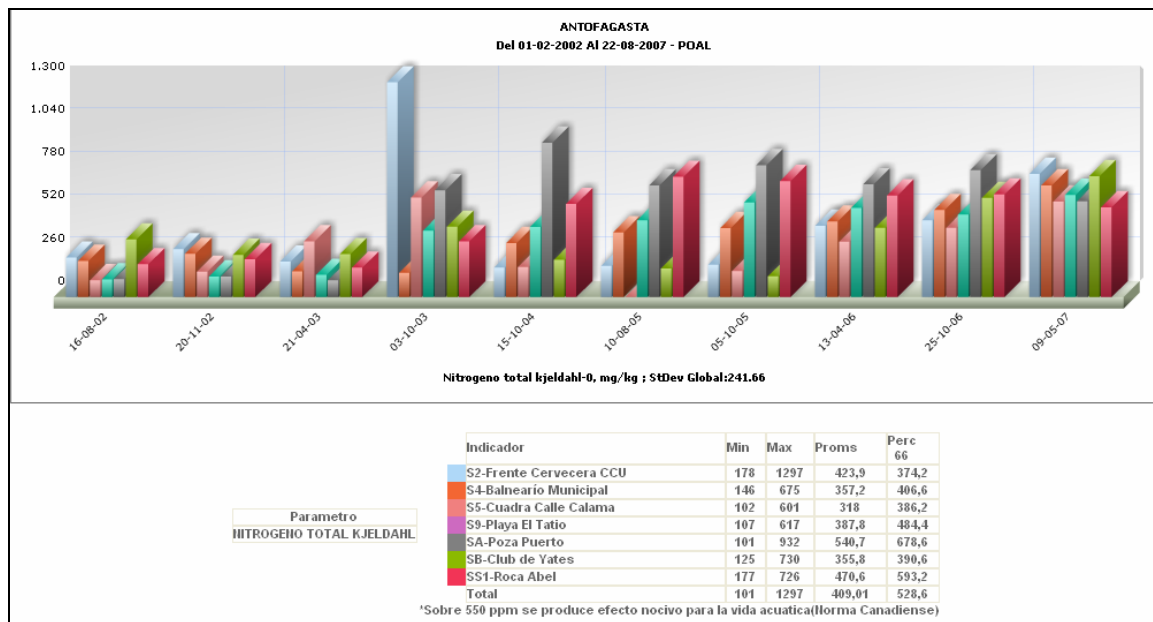


Gráfico N° 2.52 comportamiento ambiental de nitrógeno total (ppm) en sedimentos

EL nitrógeno total mostró valores promedio levemente por debajo del límite de 550 ppm. Sin embargo, al analizar valores puntuales máximos es posible observar concentraciones por sobre el umbral. Tal es el caso en S2 frente a CCU; en SA poza Puerto, en SB Club de Yates y SS1 Roca Abel. Estos resultados demuestran un grado de contaminación por nitrógeno que podemos catalogar de moderado con una clara tendencia a la eutrofización.

#### Materia Orgánica en Sedimentos:

El gráfico N° 2.53, presenta la variación de materia orgánica desde el año 2002 al año 2007.

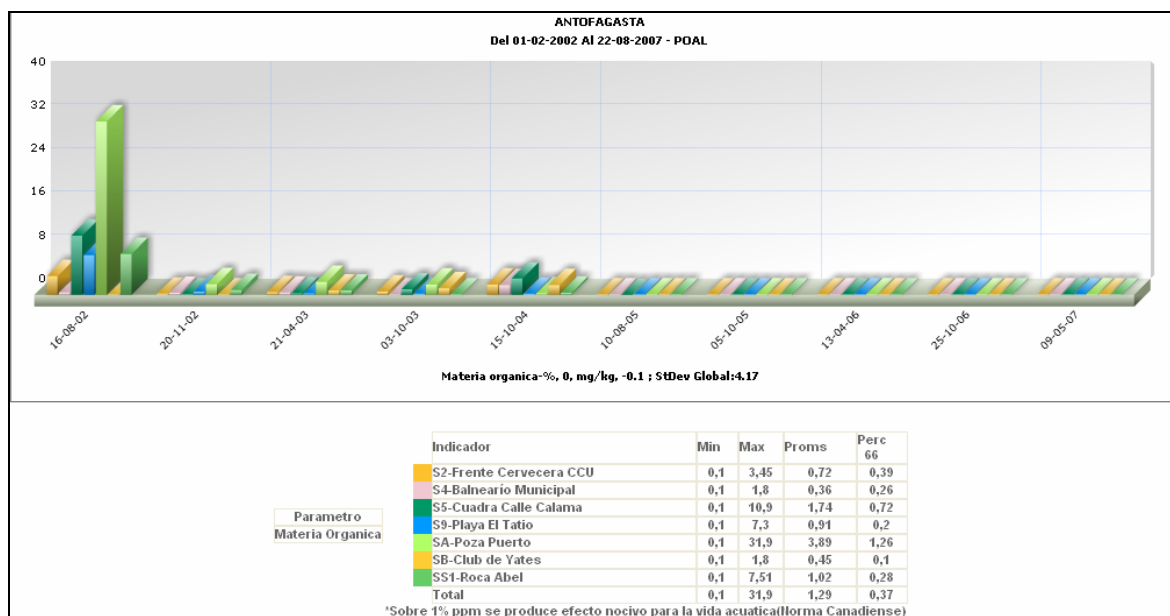


Gráfico N° 2.53 comportamiento ambiental de materia orgánica (%) en sedimentos

A pesar de los altos valores de la primera campaña, los valores promedios encontrados en el resto del período fluctuaron entre 0,45% (SB Club de Yates) y 1,74% (S5 a la cuadra de calle Calama) lo cual permite catalogar este tipo de sedimentos como “normales” para unas estaciones (S2 cervecera CCU, S4 Balneario Municipal, S9 Playa El Tatio y SB Club de Yates) y moderadas para otras (S5 a la cuadra Calle Calama, SA Poza Puerto y SS1 roca Abel).

Como se puede apreciar en el gráfico las mayores concentraciones para materia orgánica, siendo las estaciones S5 (Cuadra Calle Calama) (10,9%), SA (Poza Puerto) (31,9%) y SS1 (Roca Abel) (7,5%), las que evidenciaron altos contenidos para este compuesto, sin embargo los muestreos posteriores estuvieron muy bajos, lo que denota que actualmente no estarían alterando la matriz sedimentaria.

#### Hidrocarburos Totales en Sedimentos:

El gráfico N° 2.54, presenta el comportamiento de hidrocarburos en sedimentos entre los años 2002 y 2007.

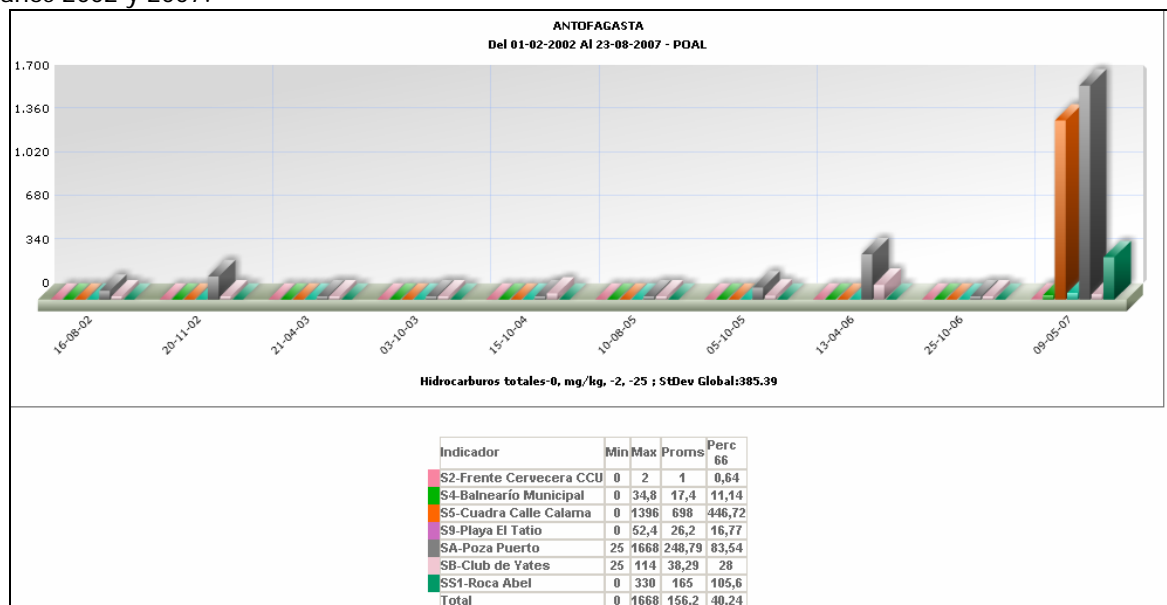


Gráfico N° 2.54 comportamiento ambiental de hidrocarburos totales (ppm) en sedimentos

No se cuenta con referencias de un límite crónico para hidrocarburos totales, pero se observa en el gráfico que la tendencia de este compuesto en los sedimentos aumenta durante el muestreo del 2007 en las estaciones S5 (Cuadra Calle Calma) con un máximo de 1396 ppm (2007), SA (Poza Puerto) con 1668 ppm (2007) y SS1 (Roca Abel) con 330 ppm.

#### F.4.- Clasificación ambiental de la calidad del agua

La comparación de los percentiles 66 obtenidos de los contaminantes medidos en cada estación de muestreo con los valores propuestos en la Guía CONAMA, definen las clases de calidad ambiental a la que pertenece cada parámetro siendo la Clase 1 definida como un agua de muy buena calidad, la Clase 2 de buena calidad y la Clase 3 como de regular calidad.

Sobre la base de estos antecedentes se resumen los contenidos químicos analizados en agua y que fueron determinados en la Bahía de Antofagasta durante la vigilancia ambiental costera que realiza la Autoridad Marítima a través del programa POAL:

Parámetros	A5 (Cuadra Calle Calama)	A7 (Antepuerto)	A8 (Frente Puerto Antigua Antofagasta)
Mercurio ppb	No se detecta	No se detecta	No se detecta
Cadmio ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Plomo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad
Cobre ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Zinc ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cromo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad
Amonio ppm	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Coliformes Fecales NMP/100ml	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad
Aceites y Grasas ppm	No se detecta	No se detecta	No se detecta
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos* ppm	No se detecta	No se detecta	No se detecta

\* Este compuesto es una fracción muy pequeña de los hidrocarburos totales

#### F.5.- Clasificación ambiental de la calidad de los sedimentos

En base a la comparación efectuada entre las concentraciones promedio para cada muestra en la Bahía de Antofagasta y las directrices referenciales propuestas a nivel internacional, es posible determinar en el cuerpo de agua, una condición normal (N), Moderada (M), o Contaminada (C) de los parámetros que identifican a continuación:

Parámetros	S2 (Frente Cervecería CCU)	S4 (Balneario Municipal)	S5 (Cuadra Calle Calama)	S9 (Playa El Tatio)	SA (Poza Puerto)	SB (Club de Yates)	SS1 (Roca Abel)
Mercurio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cadmio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Contaminado	Moderado	Normal
Plomo ppm	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Contaminado	Contaminado	Contaminado
Cobre ppm	Normal	Normal	Contaminado	Normal	Contaminado	Contaminado	Contaminado
Zinc ppm	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Contaminado	Contaminado	Normal
Cromo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Hidrocarburos Totales ppm	Normal	Normal	Contaminado	Normal	Contaminado	Normal	Normal
Nitrógeno total ppm	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Fósforo Total ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Materia Orgánica %	Normal	Normal	Moderado	Normal	Moderado	Normal	Moderado

### F.6.- Discusión de Resultados Obtenidos en Agua y Sedimentos

En la Figura N °9, se observan las estaciones de muestreo de POAL, junto con las empresas presentes en el sector:

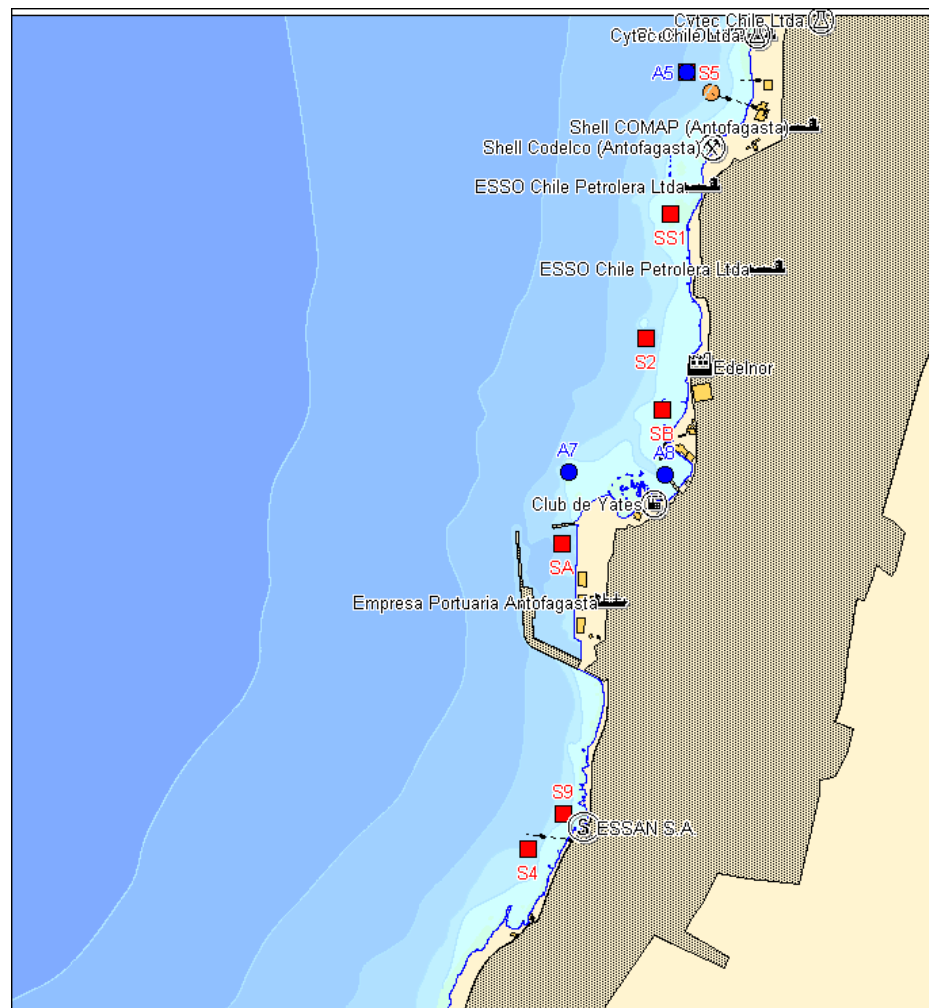


Figura N° 9: Estaciones POAL y Empresas en la Bahía de Antofagasta

Las aguas de la bahía de Antofagasta presentan una condición de buena calidad para los contaminantes plomo, cromo y coliformes fecales, esto significa que estas aguas son aptas hasta para el desarrollo de actividades pesqueras extractivas.

Los demás parámetros muestran concentraciones que indican muy buena calidad ambiental. Mercurio, aceites/grasas e hidrocarburos aromáticos policíclicos no fueron detectados analíticamente durante todo el período de muestreo.

En sedimentos la situación cambia, siendo evidente niveles de contaminación por metales pesados importantes.

- Sector de Poza Puerto, está muy intervenido por contenidos de cadmio, cobre, zinc y plomo, especialmente la campaña efectuada en el 2007 registró las concentraciones más altas de estos metales. Este sector también posee altos contenidos de hidrocarburos totales lo que



puede deberse a pequeños derrames permanentes de hidrocarburos, que ocurren durante maniobras de buques, naves menores y otras actividades portuarias. También debe consignarse un derrame producido el año 2005.

- Sector de Club de Yates, presenta altos contenidos en los sedimentos de plomo, cobre y zinc, en este sector como en el antes mencionado, existía antes un centro de acopio a granel de minerales.
- Los sectores de Roca Abel, a la cuadra de Calle Calama y Frente Cervecerías CCU también evidencian contenidos por sobre el umbral de plomo, cobre y zinc. Debe consignarse que estos lugares se encuentran frente a una importante actividad industrial (petrolera, termoeléctrica).
- En relación a nutrientes y materia orgánica, los sedimentos presentan una condición considerada entre contaminación moderada y normal, particularmente en cuanto a la presencia de nitrógeno total. Esto puede deberse a descargas orgánicas subrepticias directas al borde costero, o aguas servidas, etc.
- No se han detectado niveles de eutrofización importantes ya que las concentraciones promedio están por debajo del umbral propuesto para señalar que hay algún impacto en la vida acuática.

#### F.7.- Conclusiones

Los resultados obtenidos en agua en los sectores estudiados dan cuenta de:

- 1.- En general la calidad ambiental del agua de mar de la rada de Antofagasta presenta condiciones aptas para la conservación de comunidades acuáticas, en lo que se refiere a concentraciones de metales pesados.
- 2.- Solamente en los metales plomo y cromo la calidad del agua es algo menor, pero aún así, mantiene una condición de buena calidad, es decir, con aptitudes de hasta el desarrollo de la acuicultura y actividades pesqueras extractivas pero no la conservación de comunidades acuáticas.
- 3.- Los indicadores restantes (coliformes fecales, aceites y grasas, mercurio total e hidrocarburos aromáticos policíclicos) no mostraron valores importantes. Los niveles fueron bajos y de variabilidad mínima. Incluso en ocasiones no fueron detectados analíticamente.

Del análisis de la matriz sedimentaria se concluye lo siguiente;

- 1.- El sector de Poza Puerto es el área que se encuentra mayormente alterada, tanto por la presencia de metales pesados como por hidrocarburos y nutrientes. Los sedimentos de este sector contiene contaminantes que pueden producir efectos biológicos nocivos para la vida acuática. Claramente esto se explica por la gran actividad portuaria, actividad que se extiende desde la zona del puerto hacia el norte. La presencia de nutrientes estaría asociado a eventos puntuales producidos por las descargas orgánicas costeras.

- 2.- Los sectores del Club de Yates, Roca Abel y Frente a la Cervecería CCU, también evidencian altos contenidos metalogénicos. Estos sectores también se ven influenciados por una importante actividad industrial en el borde costero de Antofagasta.
- 3.- En la zonas de Cuadra Calle Calama y Poza Puerto, se detectaron altos contenidos de hidrocarburos, lo que podría deberse al movimiento portuario. El sector puerto todavía mantiene rastros de la contaminación por petróleo consecuencia del derrame de hidrocarburos que se produjo en la zona el 2005.
- 4.- En general toda la Bahía de Antofagasta presenta contenidos importantes de nitrógeno total en los fondos sedimentarios asociados posiblemente a descargas orgánicas costeras o a algún tipo de actividad productiva desarrollada en el borde costero.
- 5.- Los sectores de Playa Municipal y Playa El Tatio, se encuentran libres de contaminación por metales pesados, materia orgánica y nutrientes. Estos sectores están más al sur de la bahía de Antofagasta y por lo tanto menos intervenidas. En tanto las demás estaciones tienen gran influencia de plantas petroleras, termoeléctricas y movimiento portuario.

## BAHÍA DE CALDERA



## II.2.4. BAHÍA DE CALDERA

### A) Antecedentes Físicos

La región de Atacama abarca una superficie de 75.452,2 km<sup>2</sup>, que equivale al 10% de la superficie continental del país. El área comprendida por esta región se extiende por el norte desde los 25° 40' de latitud sur, en el límite con la Segunda Región, hasta los 29° 40' latitud sur, donde limita con la Cuarta Región.

En esta región el relieve no presenta las unidades tradicionales de Chile; por el contrario, es muy irregular y accidentado, predominando la alternancia de valles en sentido transversal con interfluvios montañosos, denominados serranías. Las unidades del relieve de la región de Atacama son la Cordillera de los Andes, los valles interiores, la Cordillera de la Costa y las Planicies Litorales (Figura N° 10).

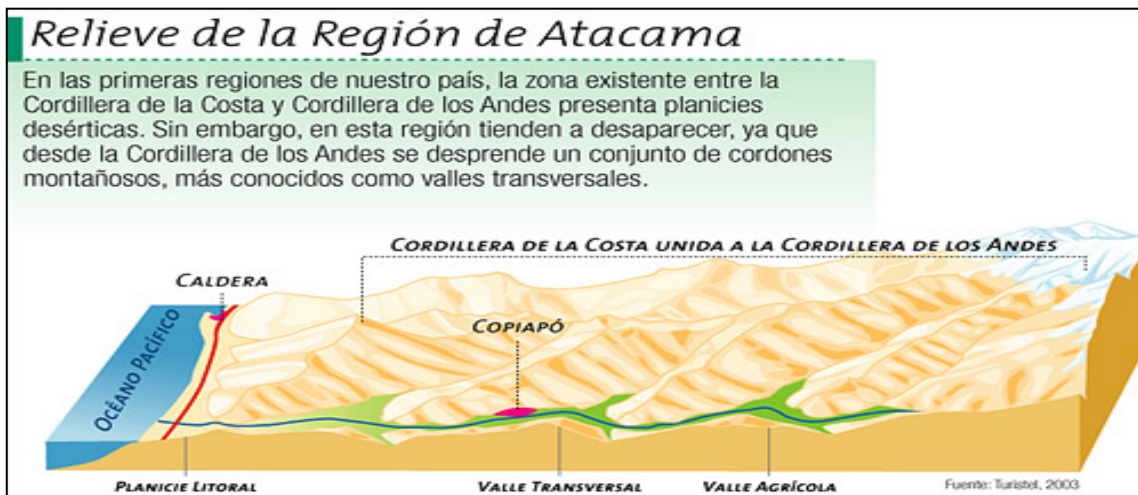


Figura N° 10: Mapa físico Región de Atacama

En el altiplano de esta región existen grandes salares, como el de Pedernales y el de Maricunga, y algunas cuerpos lacustres, como la laguna Verde, laguna Santa Rosa y laguna del Negro Francisco. El aumento de precipitaciones invernales, la presencia de nieves en la alta cordillera andina, la irregular topografía y la altura de los relieves cordilleranos, permiten el desarrollo de cursos de agua cuyo régimen de alimentación es mixto, es decir, pluvionival. Este hecho asegura el escurrimiento de las aguas de estos ríos durante todo el año, debido a que en el período invernal ellos se alimentan de las precipitaciones y en el período estival el aporte de aguas proviene del derretimiento de las nieves y glaciares de las cumbres más elevadas de la Cordillera de los Andes. Otra característica de los ríos de esta región es que ellos llegan al mar, es decir, es una zona de régimen hidrológico exorreico. Los dos ríos más importantes son el Copiapó y el Huayco.

### B) Antecedentes Demográficos

La composición de la población de la Región de Atacama es muy similar a la que posee la totalidad del país, aunque ésta sólo represente en 1992 un 1,7% (229.084 habitantes), lo cual se incrementa al 2002 en un 10,16% (254.336 habitantes). Aunque en el norte grande, es la región que tiene la menor población. El crecimiento poblacional de la región se explica por un aumento significativo de la población de la Provincia de Copiapó (Tabla N° 1), que creció en 24,9% (31.021 habitantes). Respecto a la gran variación intercensal de Diego de Almagro, ésta se explica en parte por la migración hacia el valle de Copiapó por el auge de la agricultura.

Tabla N° 1: Crecimiento Intercensal 1992-2002 Región de Tarapacá

	Censo 1992	Censo 2002
Región de Atacama	230.873	254.336
Copiapó	100.907	129.091
Caldera	12.061	13.734
Tierra Amarilla	11.724	12.888
Chañaral	13.936	13.543
Diego de Almagro	27.515	18.589
Vallenar	47.248	48.040
Alto del Carmen	4.745	4.840
Freirina	5.221	5.666
Huasco	7.516	7.945

Fuente: Infopais; Sistema de Información Regional, Mideplan 2005.

### C) Principales Actividades Económicas.

La minería destaca a nivel sectorial; es el sector que se sitúa sobre el promedio del PIB. Le siguen la construcción, servicios, comercio, turismo, propiedad de vivienda y electricidad, gas y agua. Las actividades de construcción, servicios, comercio y turismo son los que reportan un mayor dinamismo en los últimos años.

**Minería:** En la producción minera metálica, la Región de Atacama se destaca por los yacimientos de hierro que poseen alto porcentaje de metal que viene acompañado de otros componentes (metal de alta ley). Así, la minería es la actividad económica que caracteriza la Región. El hierro se extrae en el Carmen, La Suerte, Hermanita, Los Cristales, Cerro Negro, Huantemé, Bandurrias, Mirador y El Algarrobo, el más importante en explotación. Dentro de la producción de concentrados, la planta de pellet de Huasco en 1986 procesó 4.106.075 toneladas de hierro peletizado que se aprovecha principalmente en la planta industrial siderúrgica de Huachipato, perteneciente a la Compañía de Acero del Pacífico (CAP). La planta de pellet de Huasco transforma el mineral en un concentrado de hierro que alcanza mejor precio en el mercado, al obtener otros componentes que son también aprovechados.

**Industria:** La industria minera caracterizó a la región durante la primera mitad del siglo pasado. Bajo esta perspectiva las plantas concentradoras de productos de lixiviación y las fundiciones concentraron la mano de obra industrial existente. A partir de 1978, la planta de pellet de Huasco inició la transformación de los minerales ferrosos en concentrados de hierro que aumentan el valor del mineral en el mercado.

**Pesca y acuicultura:** La Región de Atacama posee 528 Km. de borde costero, bañado por aguas templadas transparentes y libres de contaminación. Esta Región, geomorfológicamente, presenta un borde costero irregular, con numerosas y hermosas bahías, cerradas y semi-cerradas protegidas de los vientos.

### D) Principales Problemas Ambientales

En la actualidad existe acuerdo respecto a que el medio ambiente en la zona, está fuertemente presionado por las exigencias que plantea el desarrollo económico y social. La explotación histórica que se ha hecho de los recursos renovables y no renovables, sin las necesarias consideraciones ambientales que en la actualidad se han implementado, ha comprometido seriamente la capacidad de renovación y preservación de los recursos renovables; de la calidad del aire, del agua y del suelo; además de la sustentabilidad del patrimonio natural no renovable existente en Atacama.

Contaminación Hídrica. Tiene su origen en la disposición sin tratamiento de residuos líquidos, domiciliarios e industriales. En las localidades de Huasco, Freirina, Caldera, Chañaral, Diego de Almagro y Potrerillos, las aguas servidas no son tratadas adecuadamente y se disponen en cauces naturales o se vierten directamente al mar. En el cauce del río Salado se disponen sin tratamiento previo las aguas claras del Tranque de Relaves Pampa Austral. En la bahía de Chañaral, conocidos son los impactos que se han producido sobre el medio ambiente marino. En la actualidad la bahía presenta un profundo desequilibrio de los ecosistemas, debido a los residuos líquidos arrojados durante décadas. La existencia de depósitos de relaves mineros abandonados o en operación, en distintos puntos de la región, podrían eventualmente generar contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

#### E) Principales Empresas de la Región

GM Caldera					
EMPRESA	Nº de Plantas	Nº de Ductos	Naturaleza de Descarga	Tipo Emisario	Principales Contaminantes
Aguas Chañar	1	1	Aguas Servidas	Intermareal	
Pesquera Bahía Caldera	1	1	Aguas de proceso	Descarga Submareal	Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Hidrocarburos Totales, Cobre, Fluoruro, Níquel, Plomo, Sulfuro, Zinc, Fenoles, Detergentes, Hidrocarburos Fijos, DBO <sub>5</sub> , Boro, Cloruros, Fosforo, Hierro, NTK, Sulfato.
Pesquera Chañaral	1	1	Agua de Mar utilizada	Descarga submarina	Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Detergentes, PH, Fosforo, NKT, Sulfuro, T°.
Camanchaca S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Submarinos	Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Detergentes, PH, Fosforo, NKT, Sulfuro, T°.
Empresa Hidrocultivos	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Detergentes, PH.
Cultivos Promanor S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Superficial Costero	Fluoruros, Sólidos Suspendidos Totales, DBO <sub>5</sub> , NKT.
Cultivos Vinycon S.A.	1	1	Agua de Mar utilizada	Intermareal	
Cultivos San Cristóbal	1	1	Agua de Mar utilizada	Descarga Costera	Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Detergentes, pH, Fosforo, NKT, Sulfuro, T°, Molibdeno.
Cultivos Flamencos	1	1	Agua de Mar utilizada	Descarga Orilla	
Cia Minera del Pacifico	1	1	Aguas de proceso	Submarino	
Eléctrica Guacolda	1	1	Aguas de Enfriamiento	Submarino	

## F) RESULTADOS

A continuación se entregan los resultados obtenidos luego de 6 años de análisis de contaminantes en agua y sedimentos en la Bahía de Caldera.

### F.1.- Ubicación Puntos de Muestreo:

La Bahía de Caldera tiene 4 estaciones de muestreo de agua y 9 estaciones de muestreo de sedimentos, cuyas coordenadas geográficas y topónimos respectivos son los siguientes:

CALDERA				
EST.	LAT. SUR	LONG OESTE	PROF	NOMBRE LOCAL
A1	27°02'33"	70°50'03"	45	Boca Bahía Caldera
A2	27°03'19.2"	70°49'14.4"	16	Centro Bahía Caldera
A3	27°04'36"	70°51'24.6"	-	Boca Bahía Caldera
A4	27°04'49.8"	70°50'54.6"	20	Centro Bahía Calderilla
BA	27°03'45"	70°49'24"	0	Muelle Fiscal
BB	27°03'20.4"	70°49'54"	0	Club de Yates
BC	27°04'30"	70°50'44.6"	0	Planta Pesquera
BD	27°04'49.8"	70°51'31.2"	0	Muelle Mecanizado
S2	27°03'19.2"	70°49'14.4"	16	Centro Bahía Caldera
SS1	27°02'06"	70°49'39"	15	Punta Francisco
SS2	27°02'48"	70°49'06"	11	Rocas Negras
SS4	27°03'50.4"	70°49'37.8"	6	Frente Frigorífico
SS5	27°03'18.6"	70°49'48.6"	17	Anfiteatro
SS6	27°03'06"	70°50'15"	20	Punta Padrones
SS7	27°04'38.4"	70°50'48.6"	14	Pesquera Playa Blanca
SS8	27°05'05"	70°51'06"	17	Ex Muelle Mecanizado
SS9	27°04'42"	70°51'30.6"	16	Punta Caldereta

Según la conformación topográfica del borde costero, este cuerpo de agua es clasificado en la categoría de protegido. En la Figura N°11 se representa la distribución de los puntos de muestreo del cuerpo de agua.



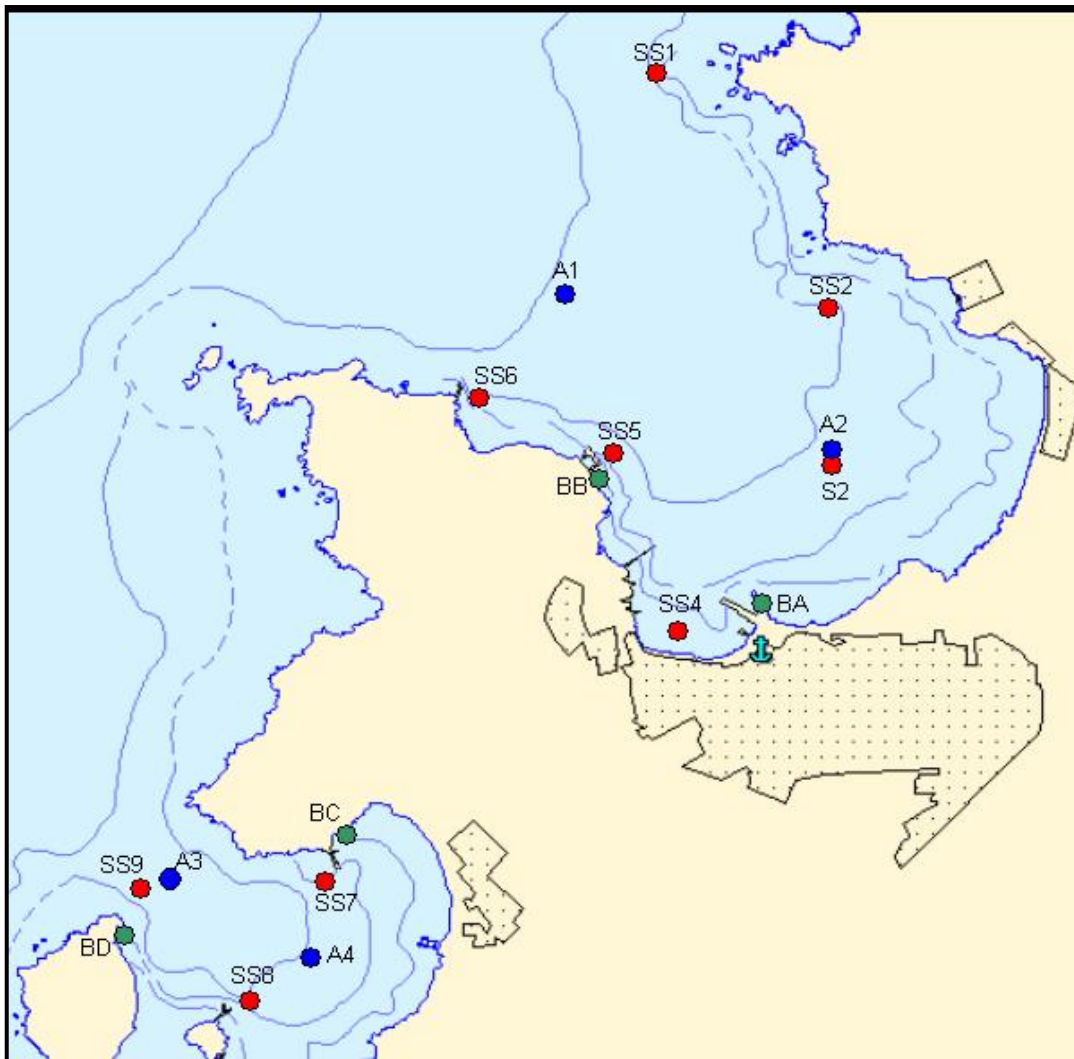


FIGURA N° 11 : Estaciones de muestreo distribuidas en la Bahía de Caldera.

## F.2.- Análisis Muestras de Agua:

### Mercurio en Agua:

Los datos analizados para mercurio en las muestras de agua corresponden a las campañas semestrales realizadas desde el 2002 al 2007, lo que se observa en el gráfico N° 2.55.

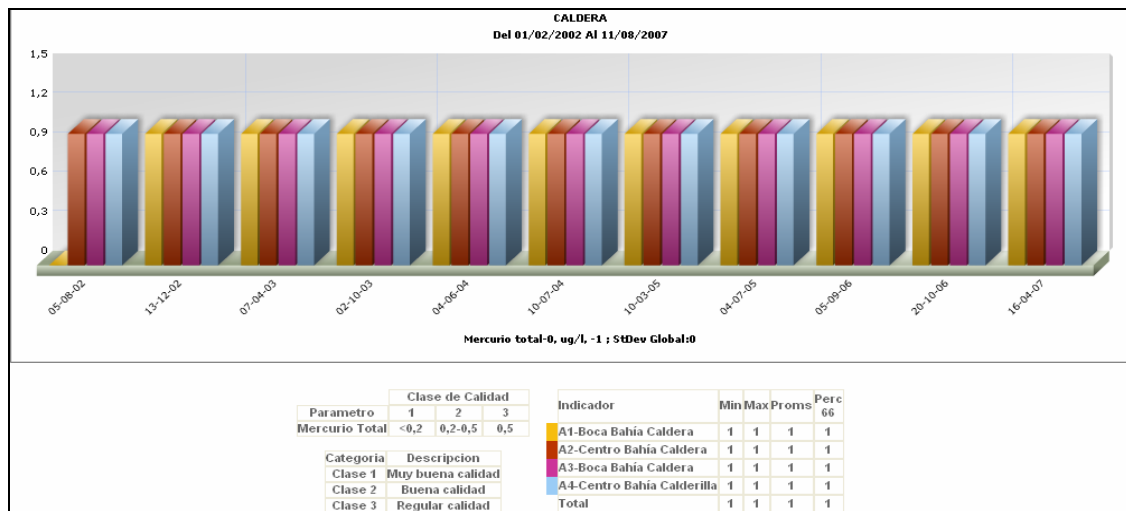


Gráfico N° 2.55 comportamiento ambiental de mercurio (ppb) en agua de mar

Los resultados detectados de mercurio durante las campañas de muestreo solamente reflejaron valores bajo el límite de detección de <1,0 ppb.

#### Cromo Total y Plomo Total en Agua:

Los gráficos N° 2.56 y N° 2.57, presentan las variaciones para cromo y plomo en el agua entre los años 2002 y 2007.

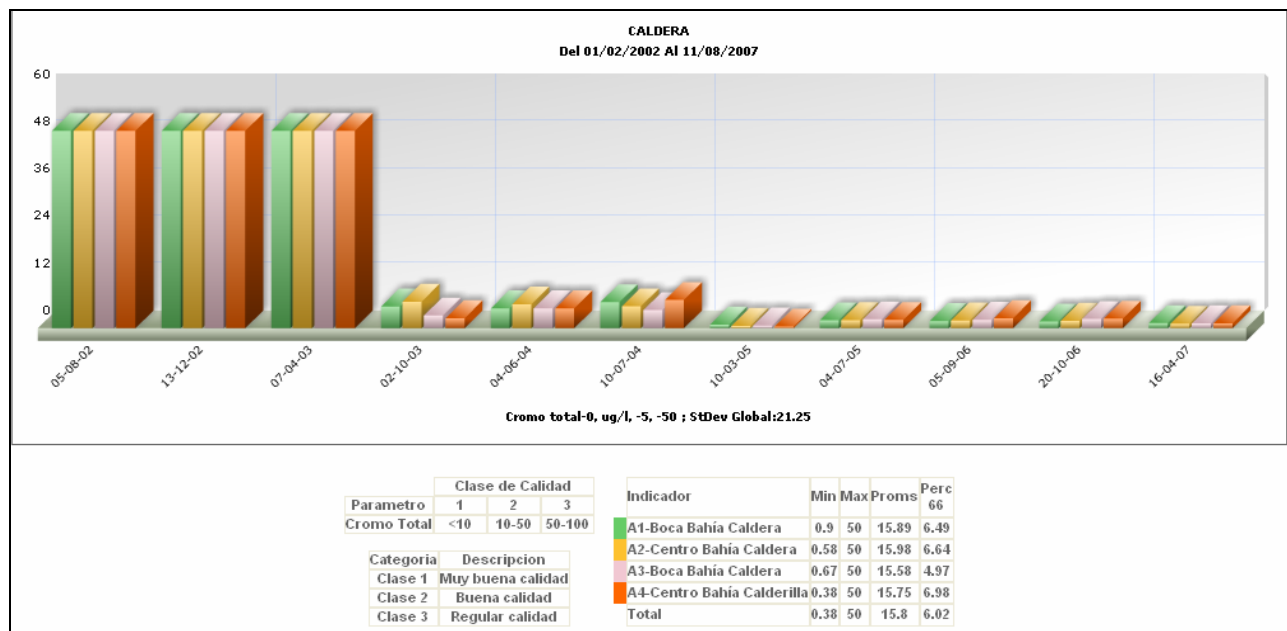


Gráfico N° 2.56 comportamiento ambiental de cromo (ppb) en agua de mar

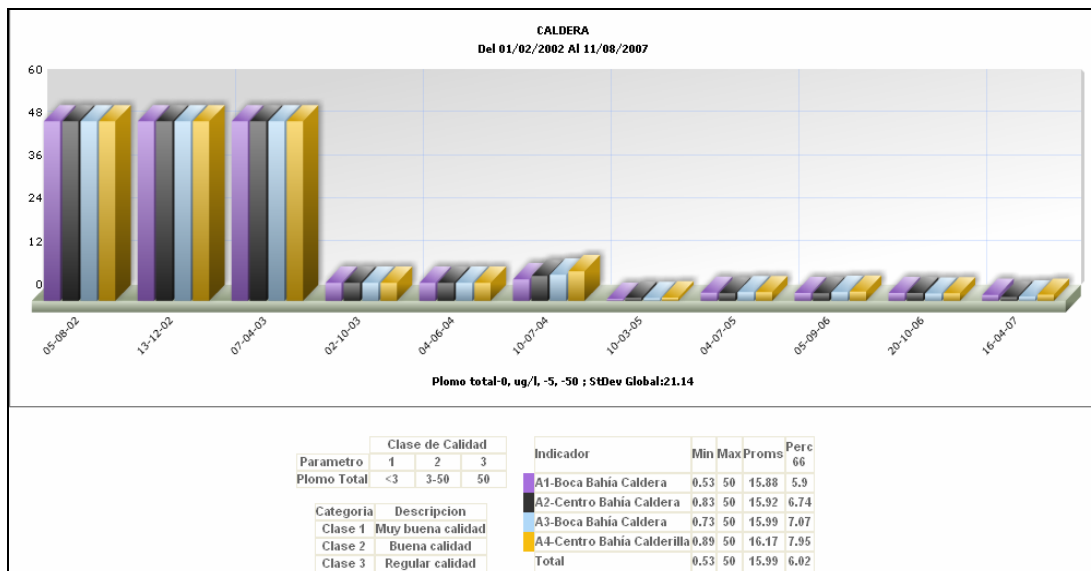


Gráfico N° 2.57 comportamiento ambiental de plomo (ppb) en agua de mar

Las concentraciones de cromo y plomo en la bahía de Caldera son bajas. Las más altas, con la incertidumbre que ello significa, corresponden al límite de detección del instrumental durante las tres primeras campañas analizadas en esta oportunidad de < 50,0 ppb para cromo y plomo. Posteriormente, las siguientes campañas no superaron los 10,0 ppb, estando las aguas de la bahía de la Clase 1 (muy buena calidad) respecto al cromo y en la Clase 2 (buena calidad) respecto al plomo.

#### Cobre Total y Cadmio Total en Agua:

Los gráficos N° 2.58 y 2.59, representan el comportamiento ambiental para cobre y cadmio en agua entre los años 2002 y 2007.

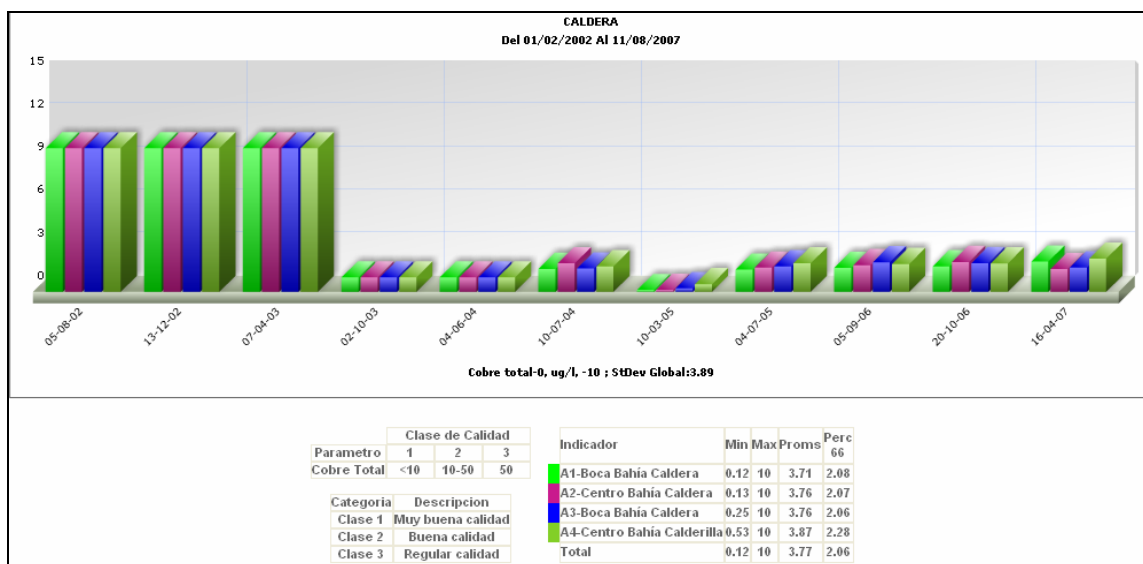


Gráfico N° 2.58 comportamiento ambiental de cobre (ppb) en agua de mar

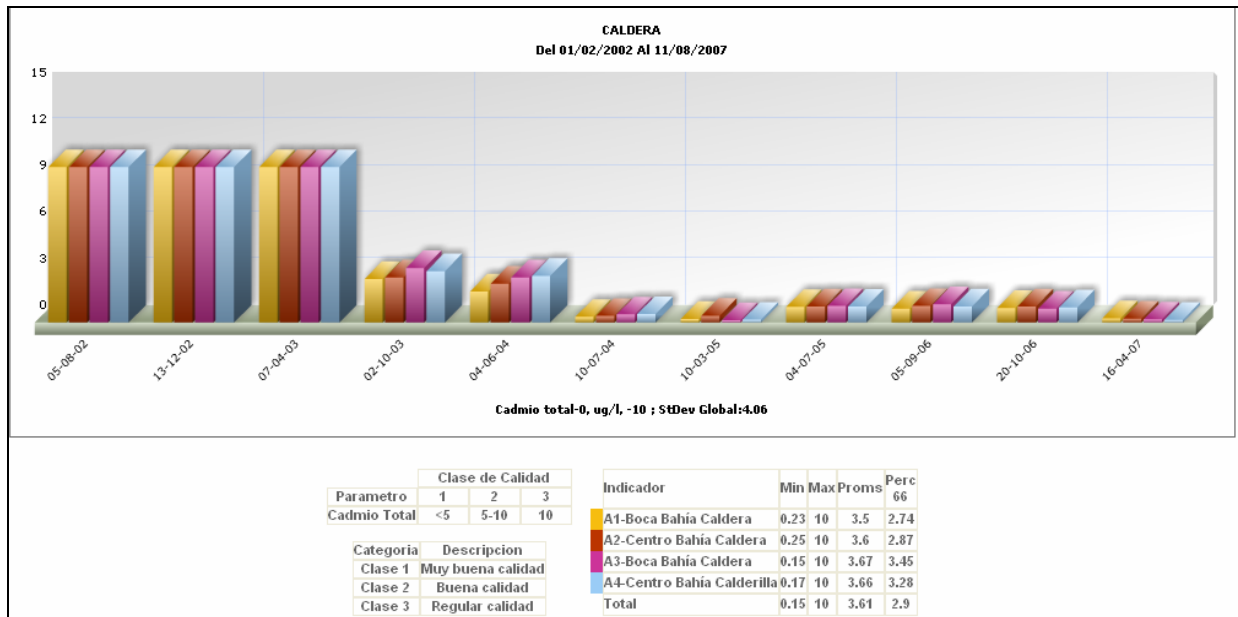


Gráfico N° 2.59 comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua de mar

Los contenidos de cobre y cadmio, reflejaron hasta la primera campaña del año 2003, valores correspondientes al límite de detección del instrumental < 10 ppb, el cual fue sensibilizado en los análisis posteriores obteniéndose valores que permiten catalogar las aguas de Caldera dentro de la Clase 1 (muy buena calidad) para ambos metales.

#### Zinc Total en Agua:

Se muestra en el gráfico N° 2.60, la variación de zinc en agua en el período de vigilancia (2002 al 2007).

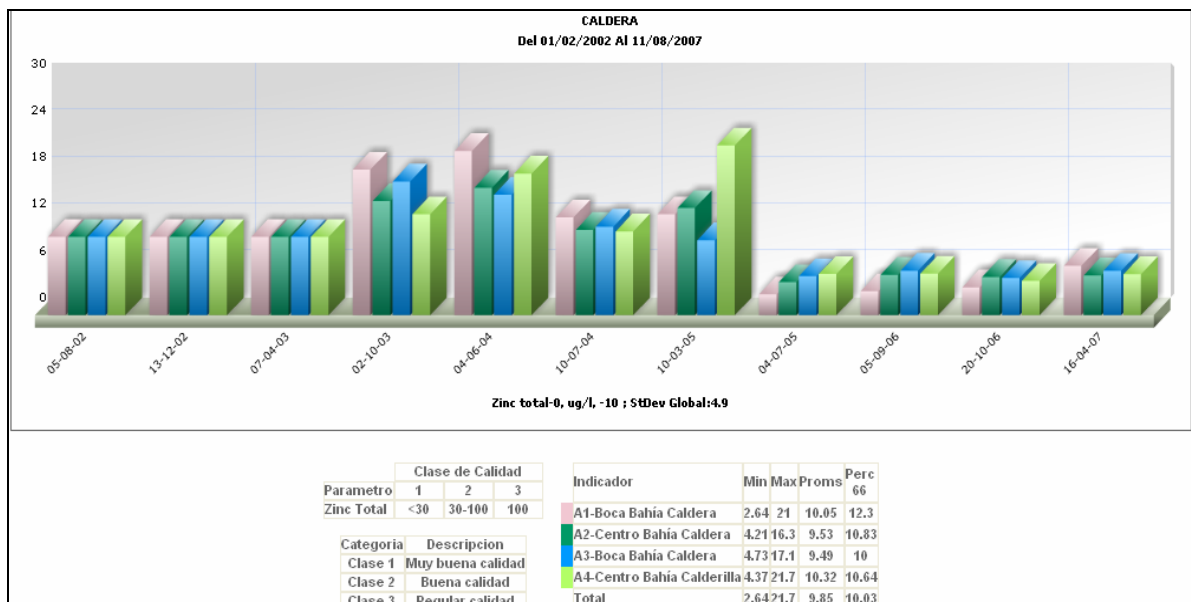


Gráfico N° 2.60 comportamiento ambiental de zinc (ppb) en agua de mar

Para este metal, la calidad de las aguas fue muy buena en la bahía de Caldera. Si bien, los contenidos de zinc en las primeras campañas estuvieron bajo el límite de detección de <10,0 ppb, los resultados posteriores fueron bajos y similares en las cuatro estaciones de muestreo. Los

máximos de concentración fueron detectados para el sector Centro Bahía Calderilla (estación A4) durante la campaña del 2005 con un valor de 21,7 ppb.

#### Amonio en Agua:

Se aprecia en el gráfico N° 2.61, la serie de tiempo para amonio en agua entre los años 2002 y 2007.

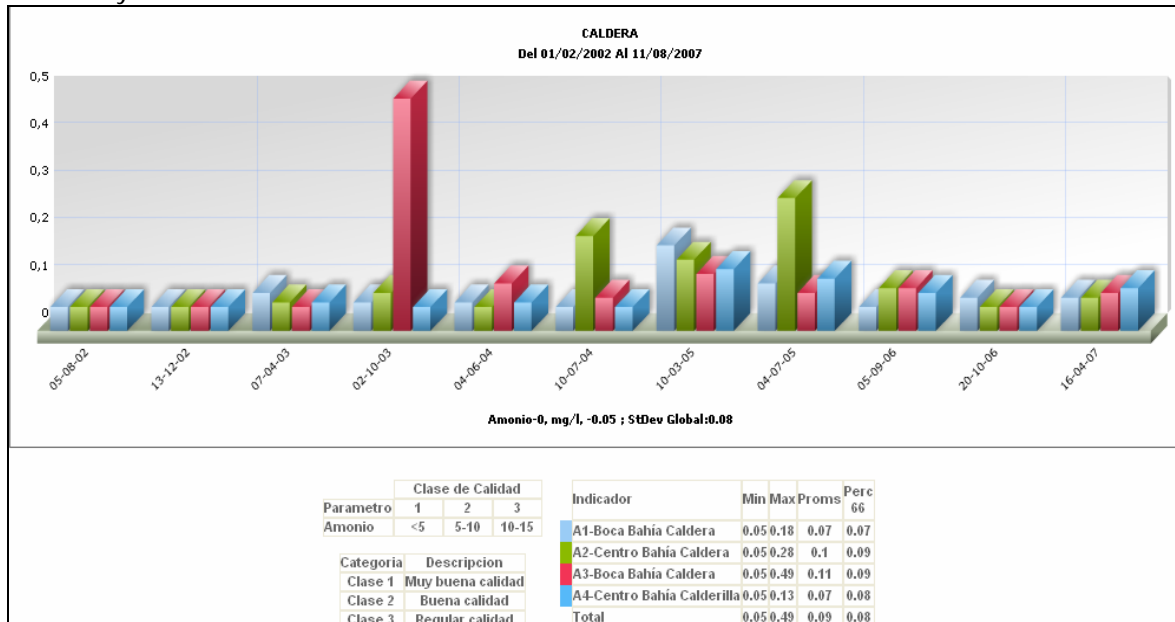


Gráfico N° 2.61 comportamiento ambiental de amonio (ppm) en agua de mar

El contenido máximo para amonio se determinó durante la segunda campaña del 2003 en el sector Boca Bahía Caldera (estación A3) con 0,49 ppm, resultados que son bajos y que en todas las estaciones de muestreo no superan los 0,5 ppb según se aprecia en el gráfico siguiente:

#### Aceites y Grasas en Agua:

El gráfico N° 2.62, refleja la serie de tiempo entre el 2002 y 2007 para aceites y grasas.

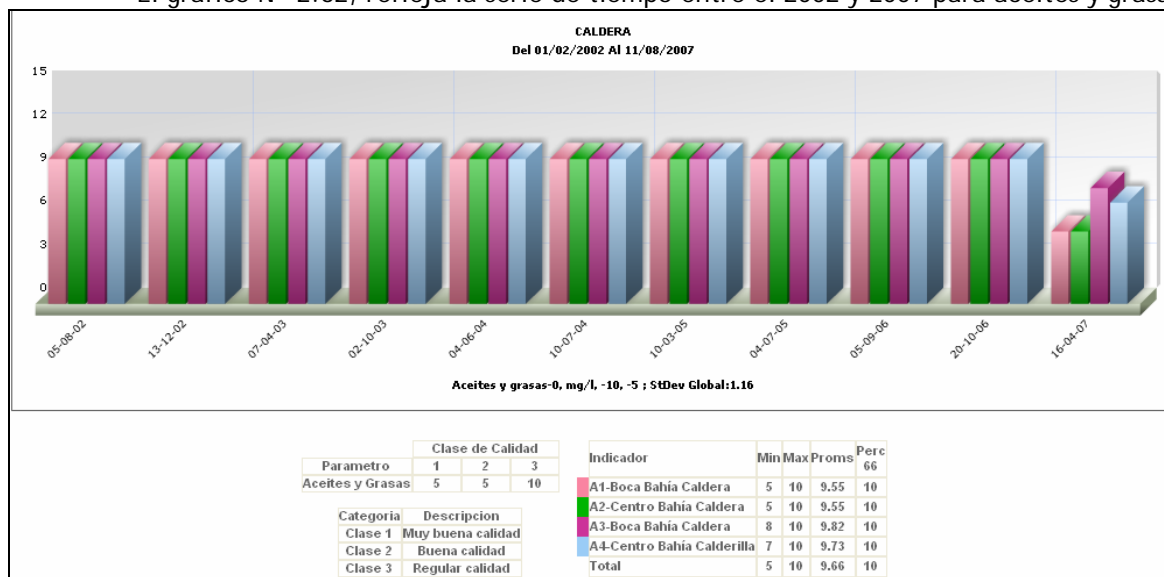


Gráfico N° 2.62 comportamiento ambiental de aceites y grasas (ppm) en agua de mar

Aceites y grasas no fue cuantificable analíticamente hasta el año 2006, ya que los valores obtenidos corresponden al límite de detección utilizado hasta ese año de < 10,0 ppm, destacando que este límite se bajo <5,0 ppm a partir del 2007, así es posible apreciar en el gráfico siguiente que los sectores Boca Bahía Caldera (estación A3) y Centro Bahía Calderilla (estación A4), registraron valores sobre el último límite mencionado con resultados de 7,0 ppm y 8,0 ppm respectivamente.

#### Coliformes Fecales en Agua:

El gráfico N° 2.63, presenta la variación microbiológica en las muestras de agua obtenidas entre los años 2002 y 2007.

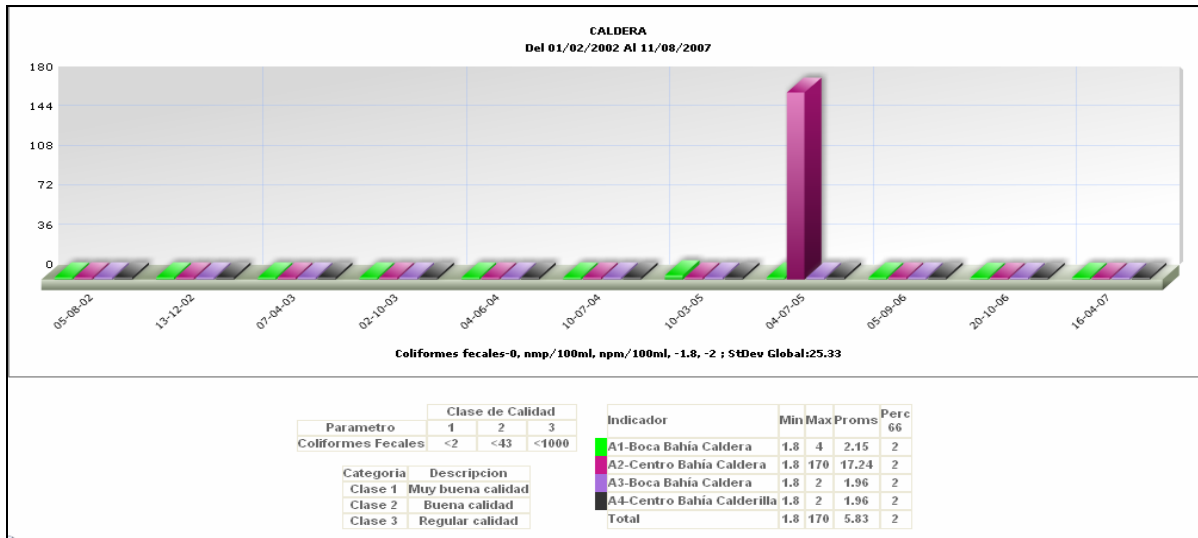


Gráfico N° 2.63 comportamiento ambiental de coliformes fecales (NMP) en agua de mar

Los recuentos de coliformes fecales en la Bahía de Caldera son bajos, ya que la mayoría de las estaciones presentan máximos que no superan los 5 NMP/100mL. El sector Centro Bahía Caldera (estación A2), registró un máximo de 170 NMP / 100mL, durante la campaña efectuada el 2005, situación que no volvió a repetirse, manteniéndose muy bajos los recuentos de coliformes.

#### F.3.- Análisis Muestras de Sedimento:

##### Mercurio en Sedimentos:

El gráfico N° 2.64, presenta la serie de tiempo para mercurio en la matriz sedimentaria entre los años 2002 y 2007.

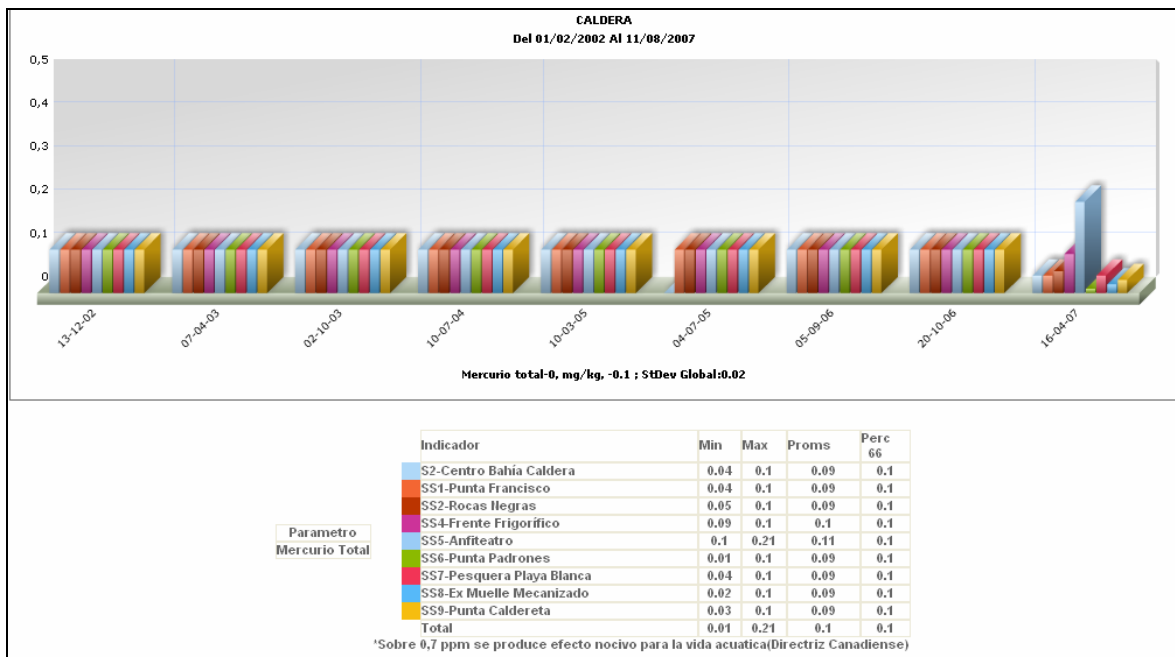


Gráfico N° 2.64 comportamiento ambiental de mercurio (ppm) en sedimentos

Los resultados de mercurio total obtenidos en la rada de Caldera reflejan contenidos que corresponden al límite de detección informado por el laboratorio de < 0,1 ppm, no obstante durante el muestreo efectuado en el 2007, el sector Anfiteatro (estación SS5), presento una concentración de 0,21 ppm, valor que se encuentra bajo el umbral propuesto de 0,7 ppm. Estos resultados permiten catalogar los sedimentos de la bahía como normales (no contaminados) para el mercurio.

#### Cadmio en Sedimentos:

El gráfico N° 2.65 muestra el comportamiento de cadmio en sedimentos en los años 2002 y 2007.

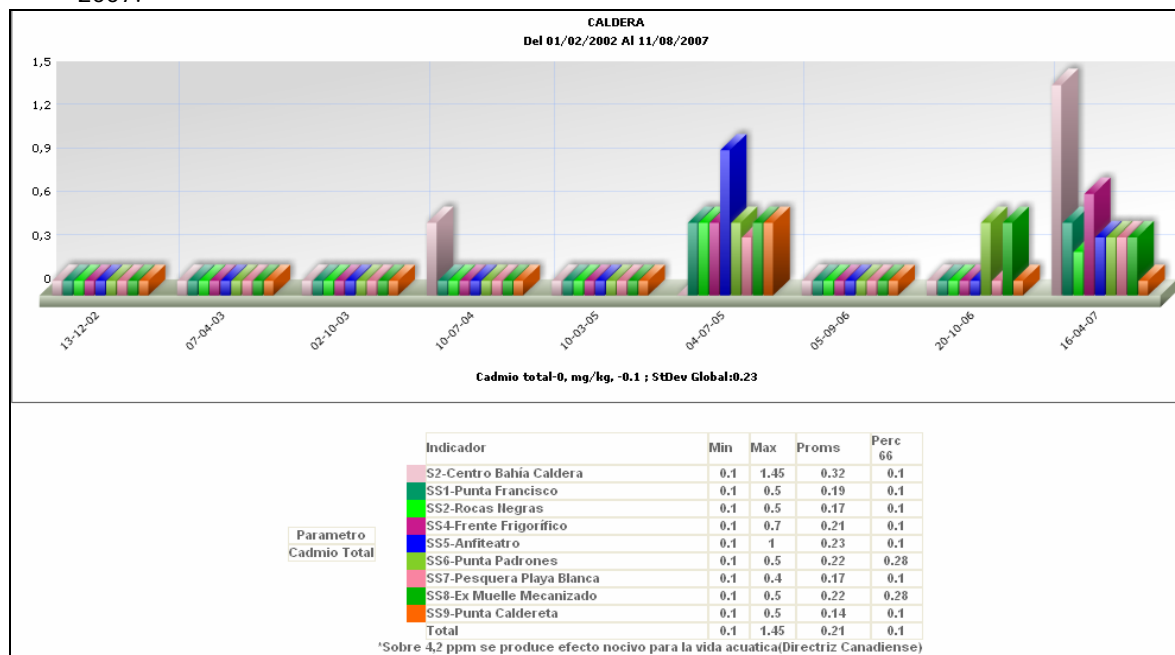


Gráfico N° 2.65 comportamiento ambiental de cadmio (ppm) en sedimentos



Las concentraciones promedio de cadmio están bajo el límite crónico de 4,2 ppm, el valor máximo para este parámetro, aunque menor que el umbral, fue registrado en el muestreo del 2007 en el sector Centro Bahía (estación S2) con 1,45 ppm. Estos resultados permiten catalogar los sedimentos de la bahía como normales (no contaminados) para el cadmio.

#### Cromo en Sedimentos:

El gráfico N° 2.66 refleja la variación de cromo en sedimentos en el período del 2002 al 2007.

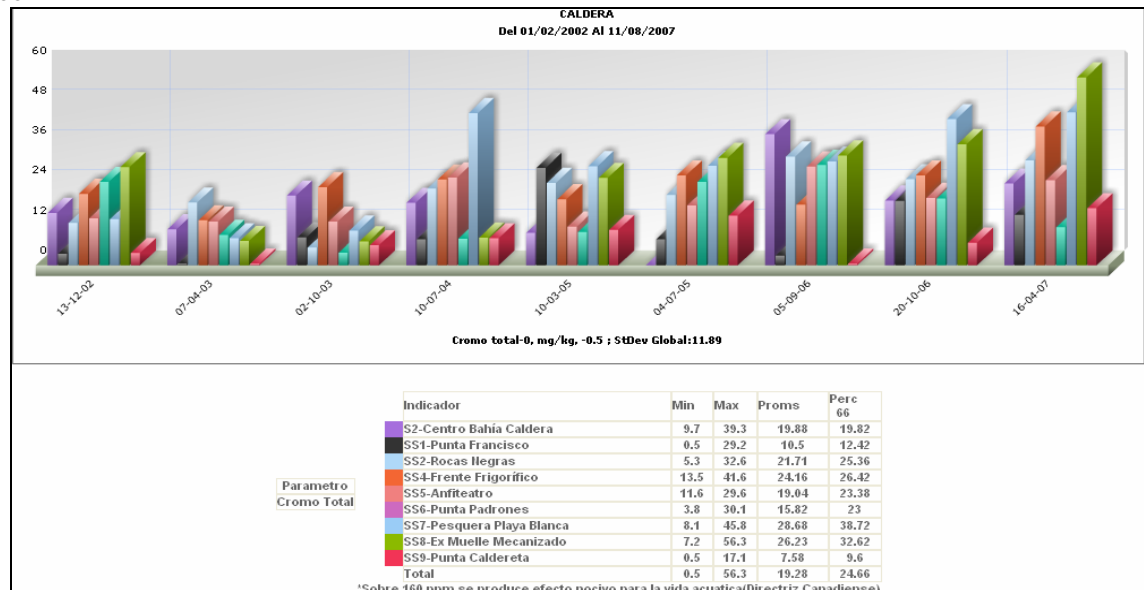


Gráfico N° 2.66 comportamiento ambiental de cromo (ppm) en sedimentos

Los contenidos promedio de cromo, también estuvieron bajo el límite de 160 ppm durante todo el período de muestreo, el máximo de concentración se obtuvo durante el 2007 en el sector Ex Muelle Mecanizado (estación SS8) con 56,3 ppm. Estos resultados permiten catalogar los sedimentos de la bahía como normales (no contaminados) para el cromo.

#### Plomo en Sedimentos:

Se aprecia en el Gráfico N° 2.67, las variaciones de plomo en sedimentos en los años 2002 y 2007.

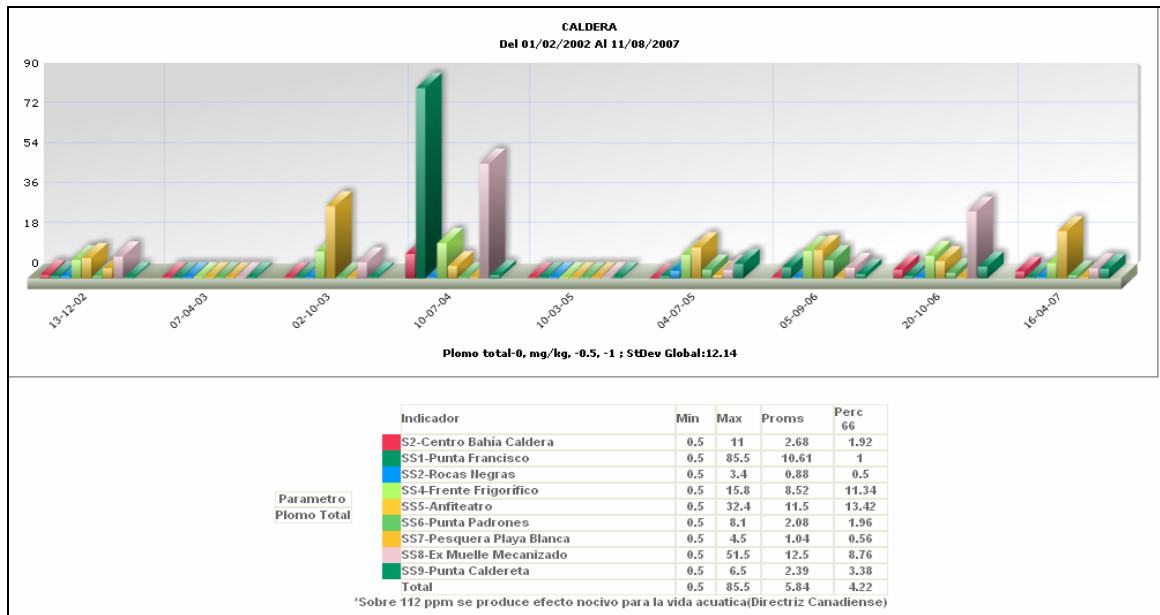


Gráfico N° 2.67 comportamiento ambiental de plomo (ppm) en sedimentos

En general las concentraciones de plomo no han excedido los 45 ppm, considerando que el umbral señalado en la normativa Canadiense establece un valor de 112 ppm, el valor máximo se detectó durante la campaña del 2004 en las estaciones SS1 (Punta Francisco) con 85,5 ppm y en SS8 (Ex Muelle Mecanizado). Estos resultados permiten catalogar los sedimentos de la bahía como normales (no contaminados) para el plomo.

#### Cobre en Sedimentos:

El gráfico N° 2.68, muestra el comportamiento de cobre en los sedimentos entre los años 2002 y 2007.

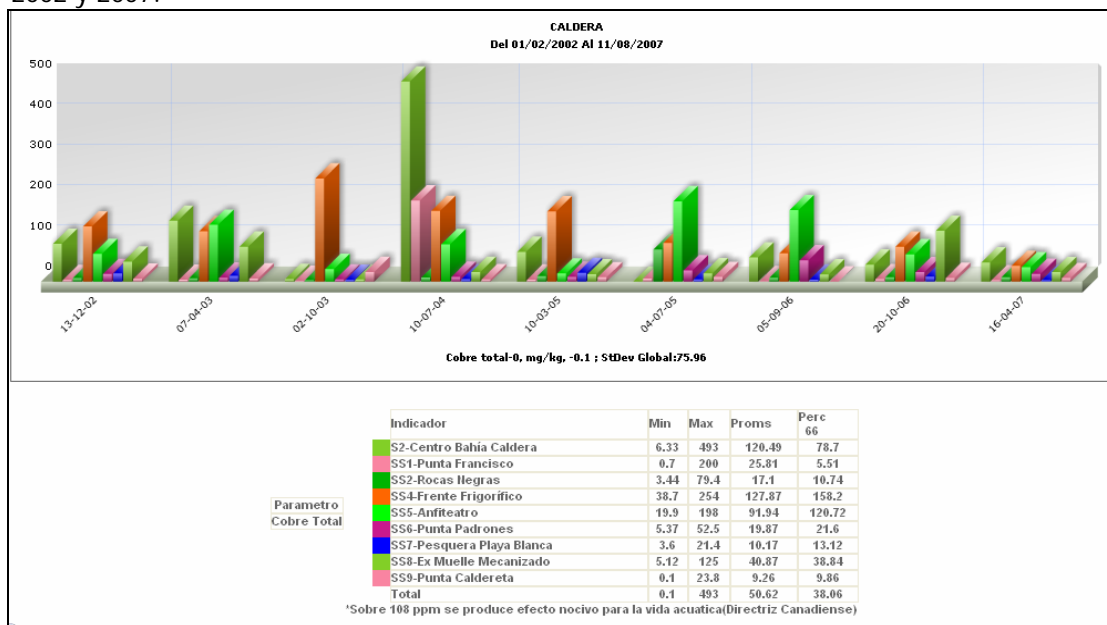


Gráfico N° 2.68 comportamiento ambiental de cobre (ppm) en sedimentos

Solamente en el Centro de Bahía Caldera (estación S2 con 120,49 ppm) y frente al Frigorífico (estación SS4 con 127,87 ppm), se superó el límite para cobre de 108 ppm, evidenciando condiciones de contaminación por cobre en estos sitios.

#### Zinc en Sedimentos:

El gráfico N° 2.69, muestra la serie de tiempo para zinc en sedimentos durante el período 2002 - 2007.

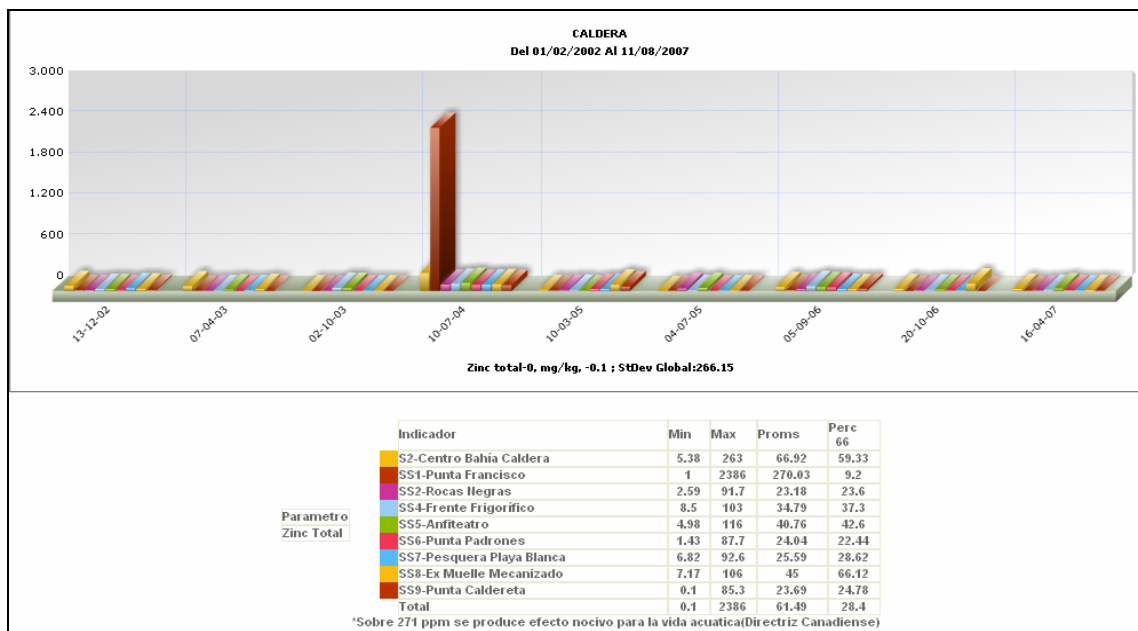


Gráfico N° 2.69 comportamiento ambiental de zinc (ppm) en sedimentos

La bahía posee bajas concentraciones de zinc. Sólo una estación mostró valores cercanos al límite de 271 ppm. Se trató de la estación SS1 (Punta Francisco) con un máximo de 2386 ppm en julio de 2004. Sin embargo esta situación se debe a un evento puntual pudiendo deberse a otros factores distintos a contaminación, ya que los demás monitoreos en esta misma estación las concentraciones siempre fueron muy bajas. La presencia de zinc en las demás estaciones se mantuvo siempre bajo el umbral de 271 ppm. Estos resultados permiten catalogar los sedimentos de la bahía como normales (no contaminados) para el zinc.

#### Fósforo Total en Sedimentos:

Se observa en el gráfico N° 2.70, las variaciones de fósforo total en los fondos sedimentarios durante los años 2002 al 2007.

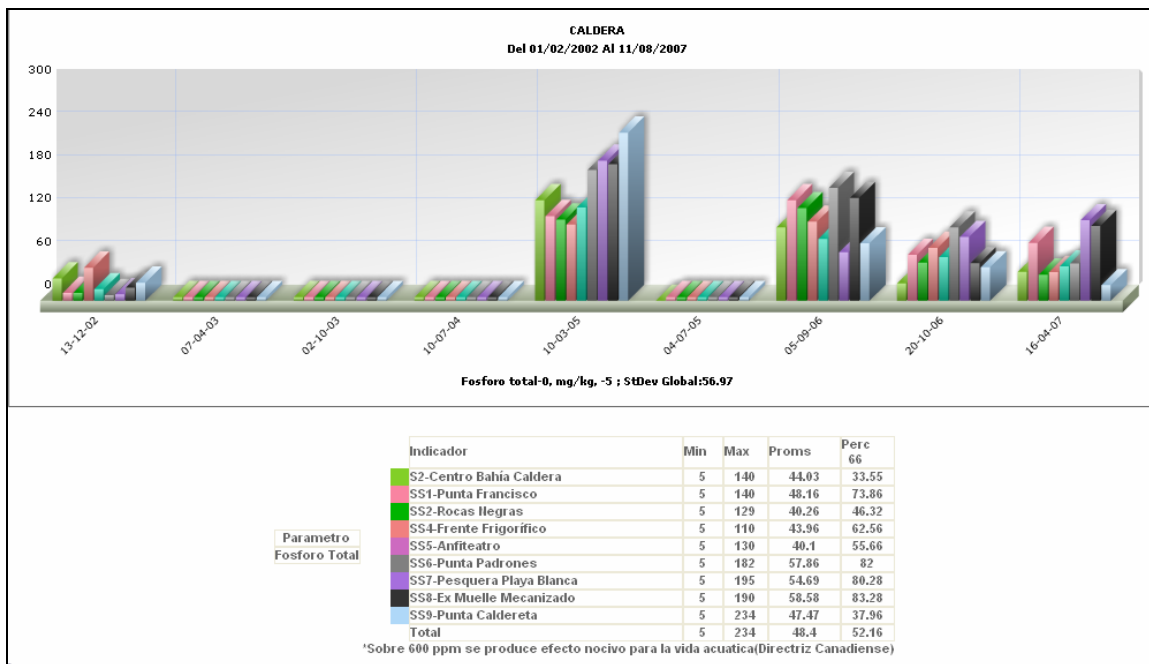


Gráfico N° 2.70 comportamiento ambiental de fósforo (ppm) en sedimentos

Los contenidos de fósforo en los sedimentos de la bahía son bajos, pero deben analizarse conjuntamente con las concentraciones de nitrógeno antes de concluir si existe riesgo de eutrofización en los fondos costeros de Caldera. Todos los valores encontrados están bajo el límite señalado en las directrices internacionales de 600 ppm. Las concentraciones detectadas de este parámetro son variables, las estaciones SS6 (Punta Padrones), SS7 (Pesquera Playa Blanca) y SS8 (Ex Muelle Mecanizado), son las que presentan los contenidos promedio más altos en comparación con las otras estaciones.

#### Nitrógeno Total en Sedimentos:

Se distingue en el gráfico N° 2.71, la variación de nitrógeno total en sedimentos en el período de los años 2002 y 2007.

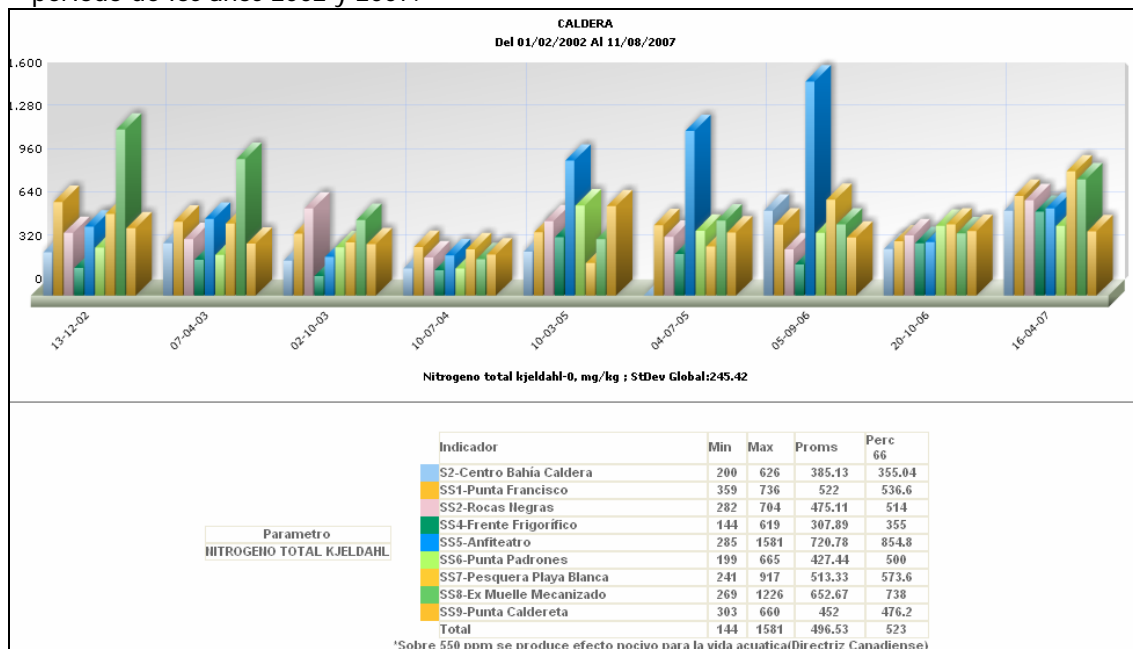


Gráfico N° 2.71 comportamiento ambiental de nitrógeno (ppm) en sedimentos

Al observar el gráfico, se aprecia que en general los contenidos de nitrógeno son altos, sobrepasando las estaciones SS5 (Anfiteatro) y SS8 (Ex Muelle Mecanizado), el límite referencial de 550 ppm, las estaciones señaladas presentaron máximos de concentración de 1581 ppm (2005) y 1226 ppm (2002) respectivamente, las otras estaciones si bien han presentado máximos por sobre el umbral, los contenidos medios fueron bajos.

#### Materia Orgánica en Sedimentos:

El gráfico N° 2.72, muestra la serie de tiempo para materia orgánica en sedimentos durante el período 2002 - 2007.

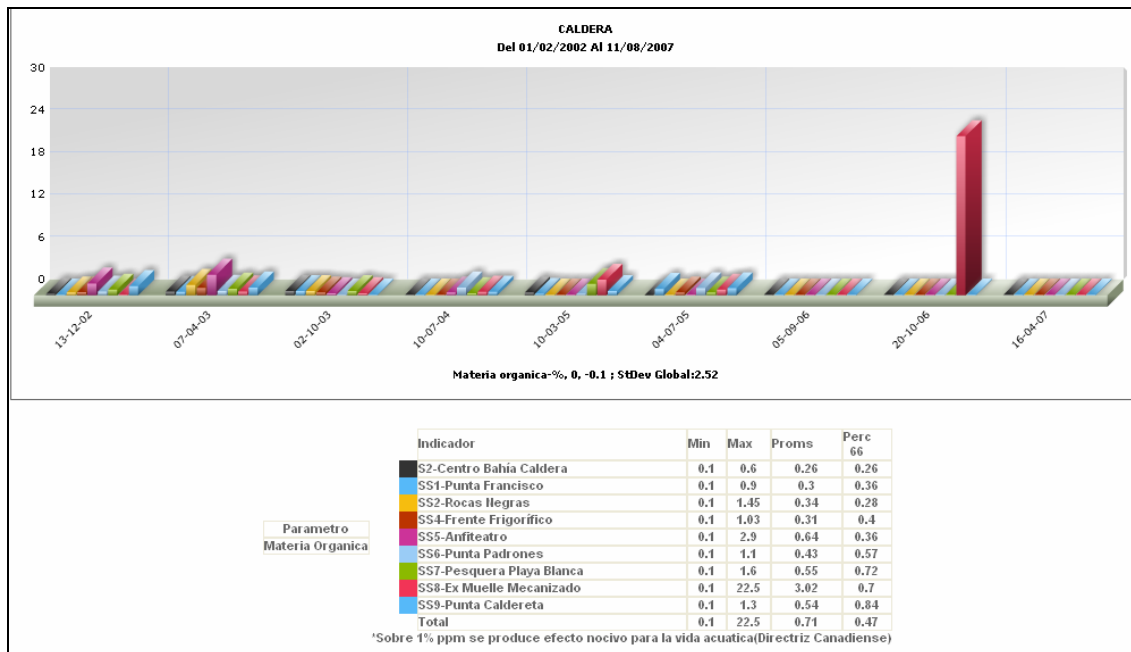


Gráfico N° 2.72 comportamiento ambiental de materia orgánica (%) en sedimentos

Solamente el sector Ex Muelle Mecanizado (estación SS8), mostró valores por sobre el límite de 1% en promedio. El valor de 3,02 % sin embargo fue puntual en el tiempo.

#### F.4.- Clasificación ambiental de la calidad del agua

Los resultados obtenidos en las muestras de agua fueron comparados con los valores límites propuestos en la Guía CONAMA (ver Capítulo 1). Los percentiles obtenidos para cada contaminante permiten calificar cada estación sobre la base de las tres clases propuestas: Clase 1, muy buena calidad; Clase 2, buena calidad y Clase 3, regular calidad. Cada categoría define los usos de que son susceptibles los cuerpos de agua.

En la Tabla siguiente se presenta un resumen de los contenidos químicos analizados en agua y que fueron determinados en la Bahía de Caldera:

Parámetros	A1 (Boca Bahía Caldera)	Centro Bahía Caldera (estación A2)	A3 (Boca Bahía Calderilla)	Centro Bahía Calderilla (estación A4)
Mercurio ppb	No se detectó	No se detectó	No se detectó	No se detectó
Cadmio ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Plomo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad

Cobre ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Zinc ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cromo ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Amonio ppm	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Coliformes Fecales NMP/100ml	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad
Aceites y Grasas ppm	No se detectó	No se detectó	No se detectó	No se detectó

#### F.5.- Clasificación ambiental de la calidad de los sedimentos

En base a la comparación efectuada entre las concentraciones promedio determinadas en cada muestras tomada en los distintos puntos distribuidos en la Bahía de Caldera, y las directrices referenciales propuestas a nivel internacional, es posible determinar en el cuerpo de agua, una condición normal (N), Moderada (M), o Contaminada (C) de los parámetros que identifican a continuación:

Parámetros	S2 (Centro Bahía Caldera)	SS1 (Punta Francisco)	SS2 (Rocas Negras)	SS4 (Frente Frigorífico)	SS5 (Anfiteatro)	SS6 (Punta Padrones)	SS7 (Pesquera Playa Blanca)	SS8 (Ex Muelle Mecanizado)	SS9 (Punta Caldereta)
Mercurio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cadmio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Plomo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cobre ppm	Contaminado	Normal	Normal	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Zinc ppm	Normal	Moderado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cromo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Nitrógeno total ppm	Normal	Moderado	Normal	Normal	Contaminado	Normal	Moderado	Contaminado	Normal
Fósforo Total ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Materia Orgánica %	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Contaminado	Normal

#### F.6.- Discusión de Resultados Obtenidos en Agua y Sedimentos

La bahía de Caldera no ha mostrado concentraciones que hagan suponer un deterioro de su calidad ambiental. No obstante, se detectaron concentraciones moderadas de plomo en agua y de coliformes fecales en agua. Ambos indicadores siempre por debajo de los límites umbrales. En síntesis, la calidad de las aguas de Caldera es buena, apta para el desarrollo de actividades pesqueras.

Los sedimentos reflejan el impacto de las actividades antrópicas desarrolladas en el borde costero de la Bahía de Caldera (Figura N°12), los indicadores demostraron que los aportes de algunos metales pesados como el cobre y en menor medida el zinc, son los que están contribuyendo más a degradar la calidad ambiental en sectores específicos correspondientes como el centro de la Bahía y frente al frigorífico y, en menor escala, la Punta Francisco.

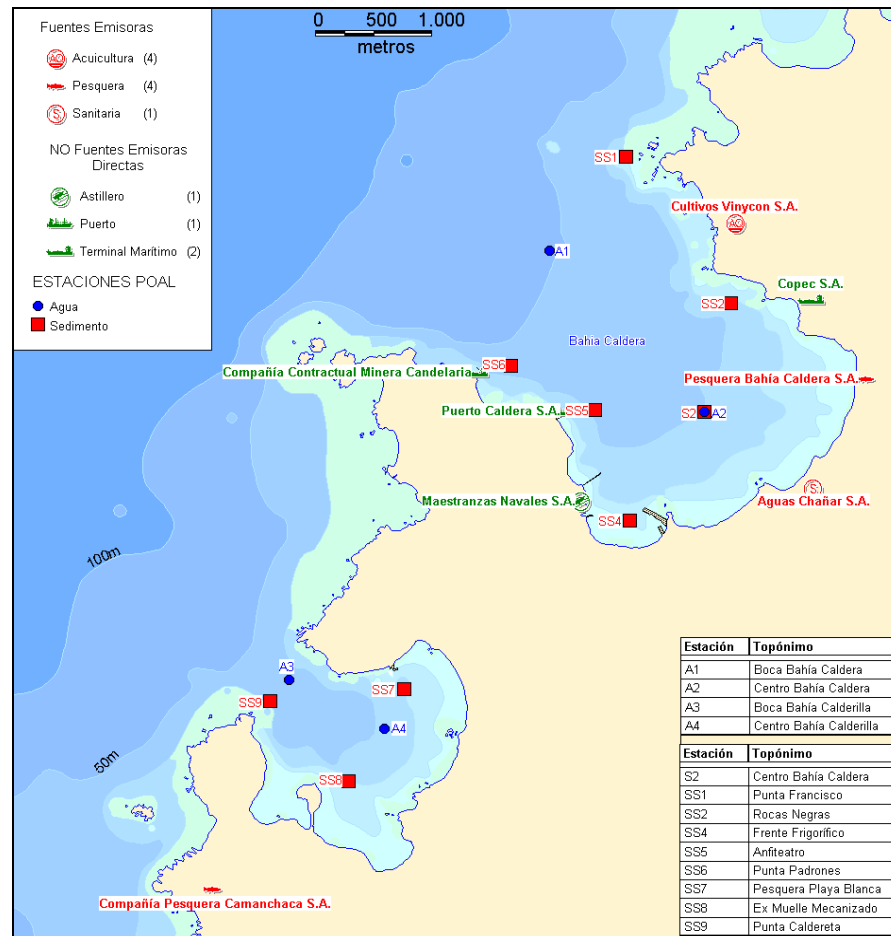


Figura N° 12: Actividades antrópicas desarrolladas en el borde costero de Bahía Caldera

Una situación similar también se detectó en algunos nutrientes principalmente el caso de nitrógeno total, cuyos mayores contenidos están asociados a las actividades de procesamiento de productos pesqueros, las estaciones más intervenidas con nitrógeno fueron Punta Francisco (SS1), Anfiteatro (SS5), Pesquera Playa Blanca (SS7) y Ex Muelle Mecanizado (SS8). Ésta última estación es la que presenta mayor presencia de materia orgánica.

### F.7.- Conclusiones

Los resultados obtenidos del análisis de las muestras de agua tomadas en la Bahía de Caldera entre los años 2002 y 2007, permiten concluir que:

1. Este cuerpo de agua, no está contaminado con metales pesados ya que la mayoría de ellos (cadmio, cobre, zinc y cromo) presentan concentraciones que permiten catalogar la bahía de Caldera como de calidad ambiental muy buena y apta para la conservación de las comunidades acuáticas, es decir, el nivel más exigente en cuanto a calidad de aguas.

2. Se detectaron aportes menores de plomo en los cuatro sectores muestreados, lo que implica un agua de buena calidad que no interviene en el buen desarrollo de las actividades pesqueras aunque podría no ser apta para una adecuada conservación de comunidades acuáticas.
3. Los recuentos microbiológicos dieron cuenta de la ausencia de contaminación de origen fecal en esta agua.

En tanto los resultados de las muestras de sedimentos demostraron que:

1. Los sedimentos de la Bahía de Caldera muestra algunos signos de enriquecimiento por materia orgánica y nitrógeno total, variables asociadas a las descargas de residuos líquidos generados por actividades antrópicas.
2. Se detectaron dos focos con niveles altos de cobre frente al frigorífico (SS4) y en el centro de la Bahía Caldera (S2). Este metal podría originarse en las actividades portuarias desarrolladas en las cercanías de las estaciones mencionadas.
3. Dentro de los nutrientes analizados, nitrógeno total fue detectado por sobre el umbral propuesto en las referencias internacionales de 550 ppm, en los sectores Punta Francisco (SS1), Anfiteatro (SS5), Pesquera Playa Blanca (SS7), contenidos relacionados a las actividades de procesamiento de productos pesqueros.



## BAHÍA DE COQUIMBO



### A) Antecedentes Físicos

La región de Coquimbo se extiende entre los paralelos 29°02' y 32°16' de latitud sur, y desde el meridiano 69°49' de longitud oeste hasta el océano Pacífico. Por lo tanto, limita al oeste con dicho océano; al este, con Argentina, en la Cordillera de los Andes; al norte, con la de Atacama, y al sur, con la de Valparaíso. Presenta el menor ancho del territorio chileno continental, 90 Km, a los 31°37' de latitud sur, medidos entre el paso de la Casa de Piedra y Punta Amolanas.

Los principales rasgos que presenta el relieve de esta región son la existencia de tres importantes valles transversales, que de norte a sur se conocen como los valles de Elqui, Limarí y Choapa, cuya morfología permite el desarrollo de la actividad agrícola, el asentamiento humano principal y la penetración hacia la Cordillera de los Andes.

### B) Antecedentes Demográficos.

La población regional suma 603.210 habitantes según los datos del Censo del 2002 (ver tabla N° 1). Esa cifra implica un incremento regional de 19,6% desde el Censo de 1992. Las comunas que presentaron mayor crecimiento poblacional fueron Coquimbo (32,8%) y La Serena (32,6%), ambas de la provincia de Elqui. En tanto, se redujo la población, en un 16%, en la comuna de Andacollo, también de Elqui.

Tabla N° 1: Crecimiento intercensal 1992-2002 Región de Coquimbo

	Población 1992	Población 2002
Región de Coquimbo	504.387	603.210
La Serena	120.816	160.148
Coquimbo	122.766	163.036
Andacollo	12.246	10.288
La Higuera	3.498	3.721
Paiguano	3.772	4.168
Vicuña	21.660	24.010
Illapel	29.007	30.355
Canela	10.140	9.379
Los Vilos	15.805	17.453
Salamanca	23.126	24.494
Ovalle	84.982	98.089
Combarbalá	14.382	13.483
Monte Patria	28.374	30.276
Punitaqui	8.723	9.539
Río Hurtado	5.090	4.771

Fuente:  
Sistema de

Regional, Mideplan 2005

Infopais;  
Información

**C) Antecedentes Económicos.**

**Minería:** El principal aporte del sector minero tradicional a la economía nacional corresponde a la mediana y pequeña minería, situación que ha empezado a variar con la entrada en funcionamiento de la Planta Los Pelambres, al interior de Los Vilos.

**Energía:** La potencia de energía instalada en 1986 para toda la región fue de 36.540 Kw. que generan 45,8 millones de Kw. /h. La planta más importante es la central hidroeléctrica de Los Molles, al interior de Monte Patria, que en 1986 generó 37 millones de Kw. /h. Existen también plantas termoeléctricas independientes, que no forman parte del Sistema Interconectado Nacional a través del cual la energía eléctrica se mantiene comunicada entre Coquimbo y Chiloé.

**D) Problemas Ambientales.**

La contaminación de ríos, esteros y quebradas, se debe la disposición de residuos mineros (en particular el río Illapel en la cuenca del Choapa, río Hurtado afluente del río Limarí, quebrada de Marquesa en la cuenca baja del río Elqui, quebrada La Hermosa y Los Negritos, en la localidad de Andacollo).

Contaminación de cursos de agua por agroquímicos en sectores de agricultura intensiva (como parronales) y por basurales (con especial énfasis en las comunas de: Monte Patria, río Hurtado, Punitaqui y Combarbalá). Contaminación de aguas costeras por agentes diversos (comunas de La Serena, Coquimbo y Los Vilos). Inadecuado manejo de la extracción industrial de áridos en las principales cuencas (comunas de: La Serena, Monte Patria, Salamanca y Los Vilos).

**E) Principales Empresas de la Región y sus contaminantes**

GM COQUIMBO					
EMPRESA	Nº de Plantas	Nº de Ductos	Naturaleza de Descarga	Tipo Emisario	Principales Contaminantes
Pesquera Procomar Ltda.	1	1	Aguas de Proceso	Descarga Costera	T°, Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Hidrocarburos Volátiles DBO <sub>5</sub> , Arsenico, Cadmio, Cobre, Estaño, Fosforo, Hierro, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, NTK, Sulfuro, Zinc, Fenoles
U. Católica del Norte	1	1	Aguas de Proceso	Descarga Costera	Aceites y Grasas, Fluoruro, Boro, Cloruros.
Pesquera San José S.A.	2	2	Aguas de Descarga	Descarga Borde	pH, Sólidos Suspendidos Totales, DBO <sub>5</sub> , NTK, Sulfuro, T°, Fósforo, Fenoles
Pesquera Ostramar Ltda.	1	1	Aguas de Proceso	Descarga	
Granja Mar S.A.	2	2	Aguas de Proceso	Descarga Borde	pH, Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, DBO <sub>5</sub> , NTK, T°, Detergentes
Cultivos Marinos S.A.	2	2	Aguas de Proceso	Descarga Borde	pH, Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, DBO <sub>5</sub> , NTK, T°, Detergentes.
Pesquera	1	1	Aguas de Proceso		Sólidos Suspendidos Totales,

Camanchaca					Aceites y Grasas, Detergentes
Aguas del Valle S.A.	1	1	Aguas Servidas	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Aluminio, Arsénico,
Aguas del Valle S.A.	1	1	Aguas Servidas	Submarino	Cobre, Fluoruro Manganeseo, Zinc, Fenoles, DBO <sub>5</sub> Cloruros,
Aguas del Valle S.A.	1	1	Aguas Servidas	Descarga Costera	Fosforo, Hierro, NTK, Sulfato, Coliformes Fecales
Consorcio Gral. de Exportadores S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Descarga Costera	

## F) RESULTADOS

A continuación se entregan los resultados obtenidos luego de 6 años de análisis de contaminantes en agua y sedimentos en la Bahía de Coquimbo.

### F.1.- Ubicación Puntos de Muestreo:

Este cuerpo de agua puede ser considerado como protegido, cuenta con dos estaciones de agua y cinco estaciones de sedimentos, las coordenadas geográficas se aprecian en la tabla siguiente y la ubicación de las estaciones se observan en la Figura N° 13.

COQUIMBO				
EST.	LAT. SUR	LONG OESTE	PROF	NOMBRE LOCAL
A4	29°54'18"	71°16'49.8"	12	Faro La Serena
A5	29°54'48"	71°19'30"	8.5	Playa La Changa
S4	29°54'18"	71°16'49.8"	12	Faro La Serena
S5	29°54'48"	71°19'30"	16	Playa La Changa
S6	29°55'57"	71°20'00"	19	Faro Tortuga
SB	29°57'00"	71°20'04"	8	Sector Puerto Coquimbo
SS1	29°54'48"	71°17'17"	12	Playa La Marina

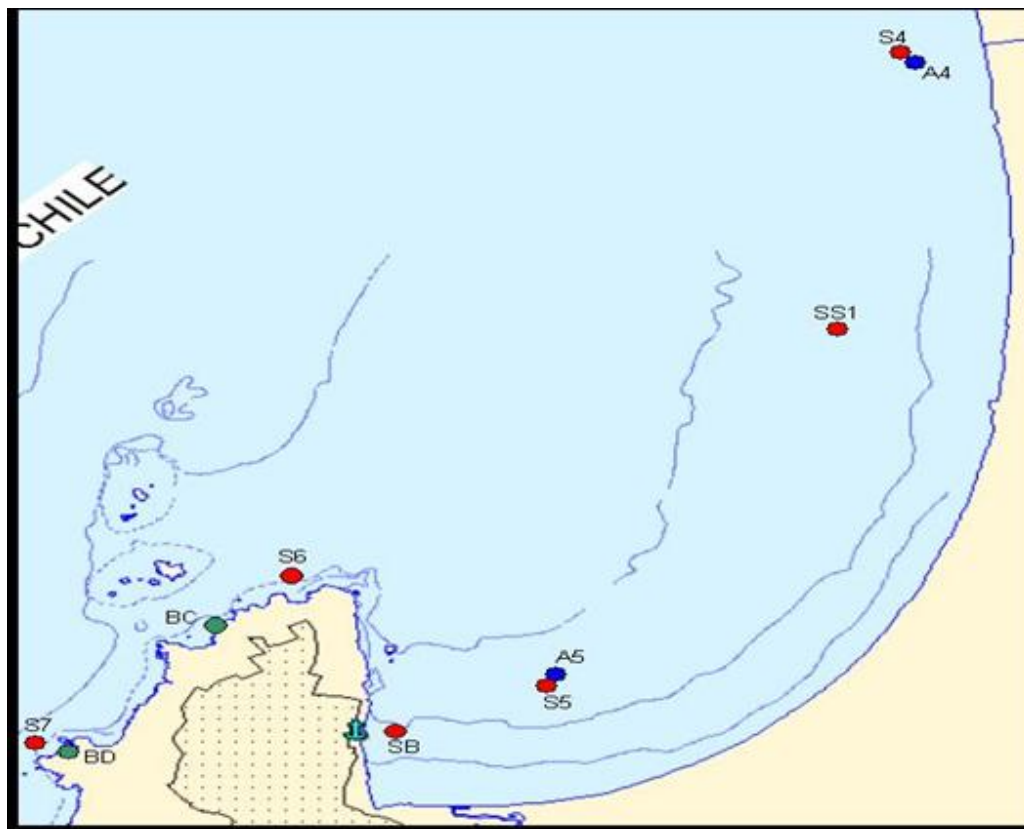


FIGURA N° 13 : Estaciones de muestreo en el cuerpo de agua marino de Coquimbo.

## F.2.- Análisis Muestras de Agua:

## Mercurio Total en Agua:

El gráfico N° 2.73 muestra el conjunto de datos analizados de mercurio en agua, que corresponden a las campañas semestrales realizadas desde el 2002 al 2007.

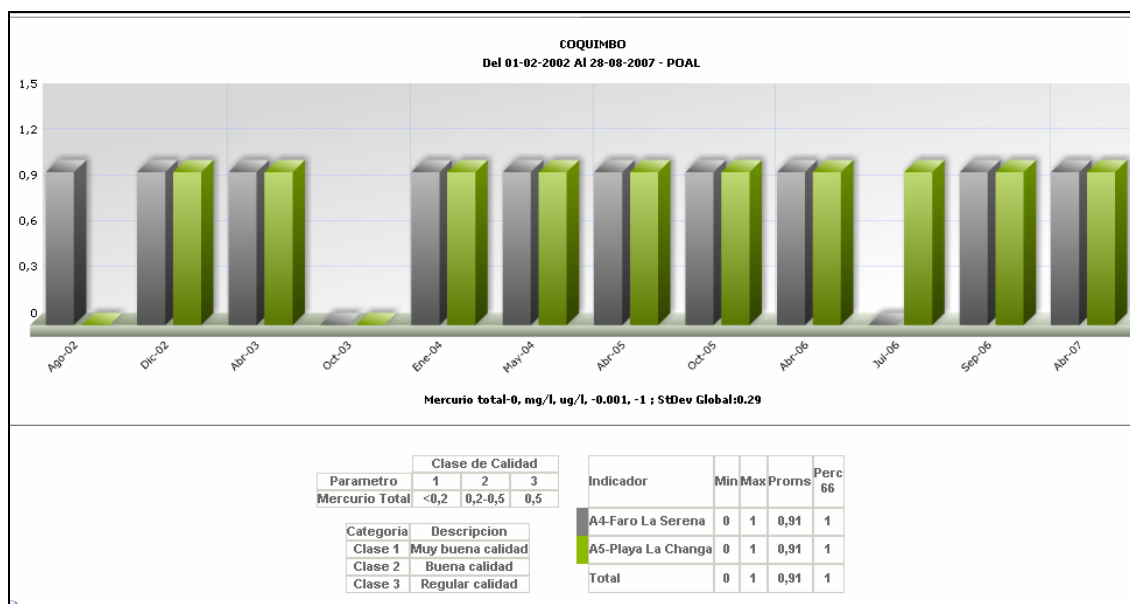


Gráfico N° 2.73 comportamiento ambiental de mercurio (ppb) en agua

Las aguas de la Bahía de Coquimbo indican la ausencia de enriquecimiento por mercurio total, ya que los resultados de este metal están bajo el límite de detección de < 1 ppb.

#### Cromo Total y Plomo Total en Agua:

Los gráficos N° 2.74 y N° 2.75, presentan las variaciones para cromo y plomo en el agua entre los años 2002 y 2007.

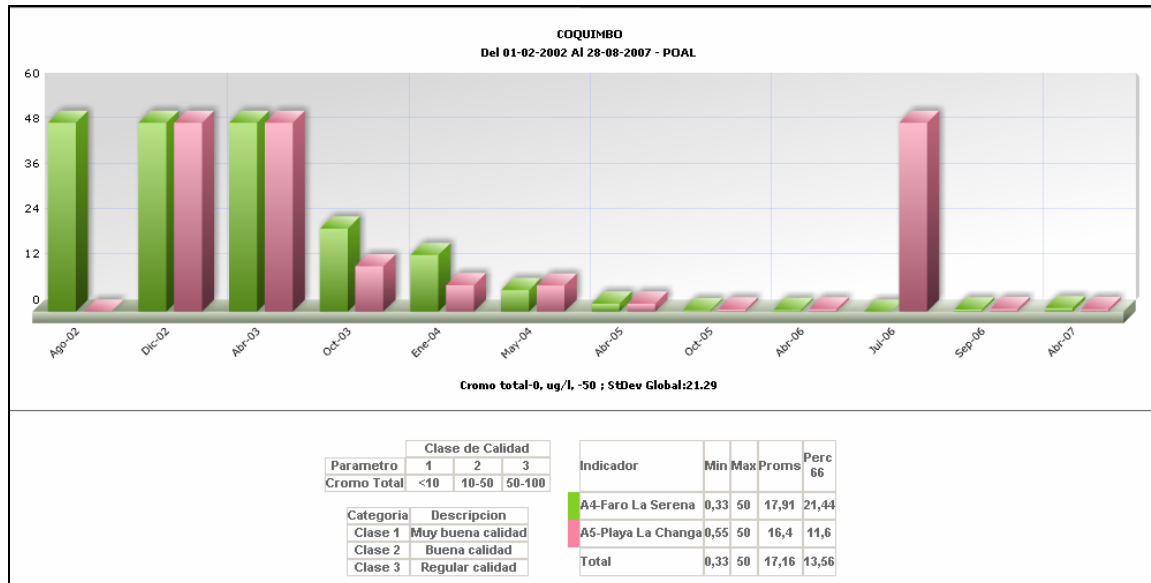


Gráfico N° 2.74 comportamiento ambiental de cromo (ppb) en agua de mar

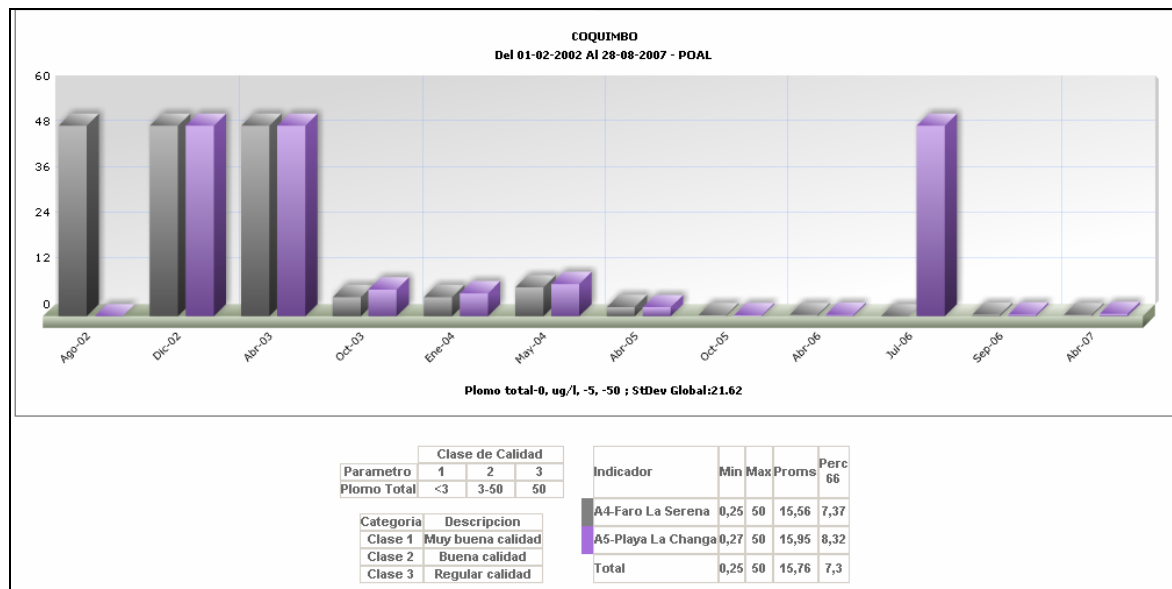


Gráfico N° 2.75 comportamiento ambiental de plomo (ppb) en agua de mar

Los valores máximos detectados en las muestras de agua para el análisis de cromo y plomo, entre el 2002 y la primera campaña del 2003 corresponden al límite de detección informado por el laboratorio (< 50 ppb), el cual fue menor en las campañas siguientes, estos resultados incrementan los percentiles de los resultados en cada estación, lo que implicaría que en ambas estaciones la calidad del agua sólo puede ser catalogada como “buena”, es decir, Clase 2 (Guía CONAMA).

En las campañas siguientes los contenidos de estos metales no superan los 10 ppb, es decir, clase de calidad 1 “muy buena”. Sólo en la estación A5 (Playa La Changa) aumentó la concentración de cromo y plomo durante el muestreo efectuado en el 2006, disminuyendo en la última campaña (abril 2007).

#### Cobre Total y Cadmio Total en Agua:

Los gráficos N° 2.76, N° 2.77 muestran los datos obtenidos para las concentraciones de cobre y cadmio en el período 2002 - 2007.

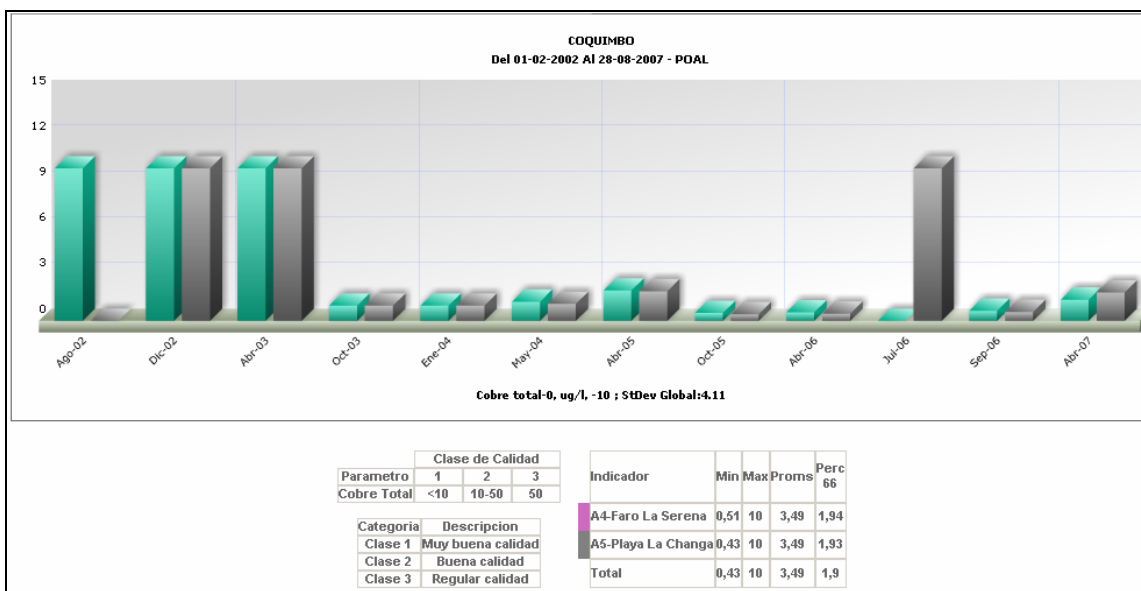


Gráfico N° 2.76 comportamiento ambiental de cobre (ppb) en agua de mar

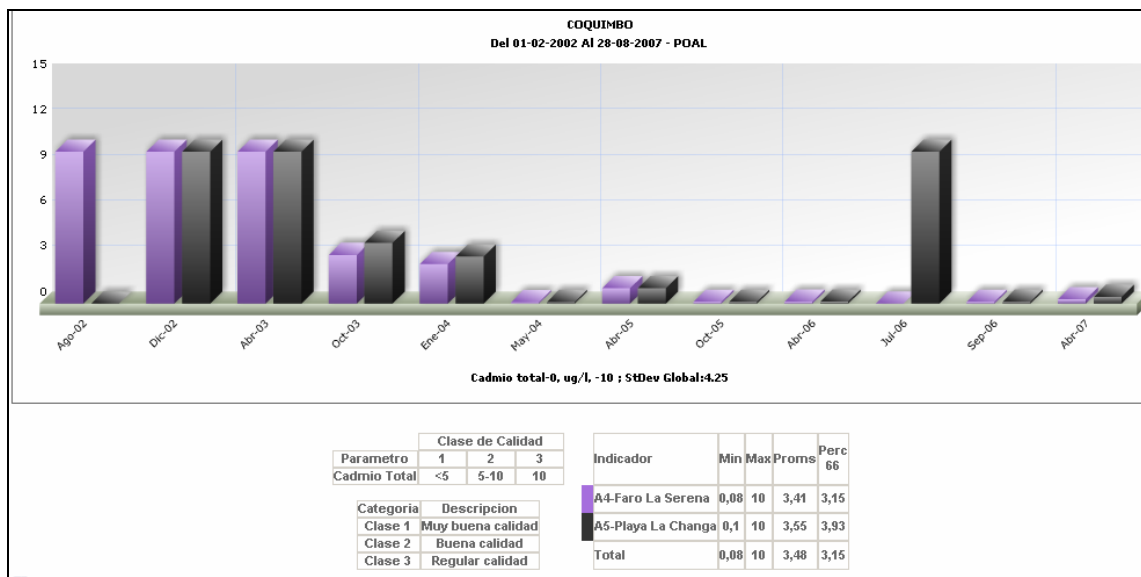


Gráfico N° 2.77 comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua de mar

Las concentraciones de cobre y cadmio también presentan entre el 2002 y parte del 2003, contenidos correspondientes al límite de detección (<10 ppb), sin embargo estos parámetros tienen concentraciones que están bajo el umbral definido por la Guía CONAMA, es decir son aguas de muy buena calidad o de clase 1. La estación A5 (Playa La Changa), mostró contenidos de cobre

y cadmio algo más altos que los detectados durante las primeras campañas, situación que disminuyó en los dos últimos muestreos.

#### Zinc Total en Agua:

El gráfico N° 2.78 refleja la variación de zinc en agua entre el período 2002 y 2007.

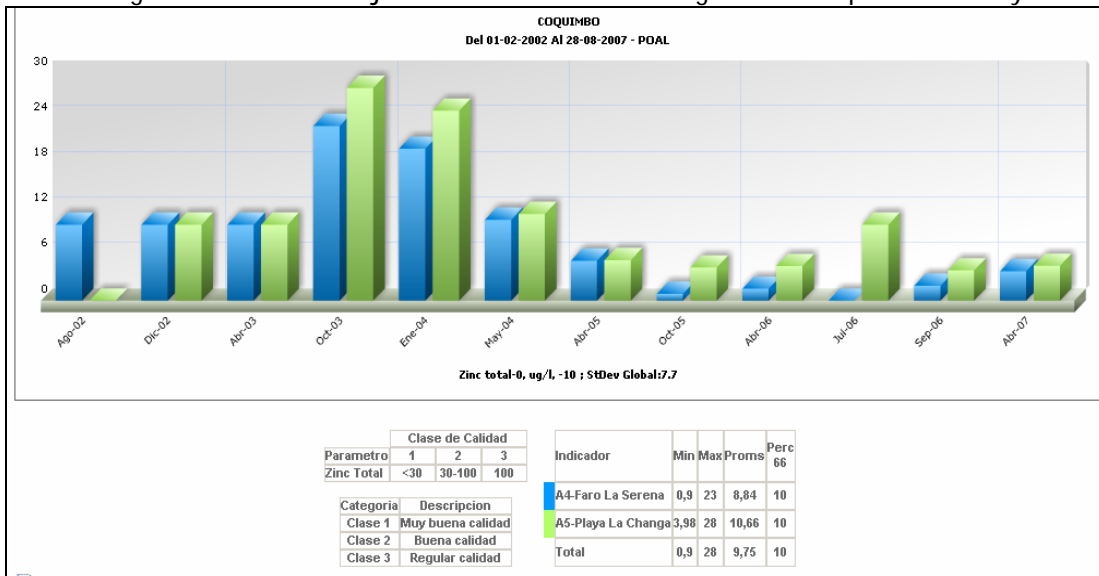


Gráfico N° 2.78 comportamiento ambiental de zinc (ppb) en agua

Los resultados obtenidos de zinc en las muestras de agua no son homogéneos en los monitoreos efectuados, siendo la estación A5 (Playa La Changa), la que registró un máximo de concentración de 28 ppb. A pesar de estos resultados, ellos no son significativos y están bajo el límite establecido para la Clase 1, es decir se trata de aguas de muy buena calidad respecto al zinc.

#### Amonio en Agua:

Se aprecia en el gráfico N° 2.79, la serie de tiempo para amonio en agua entre los años 2002 y 2007.

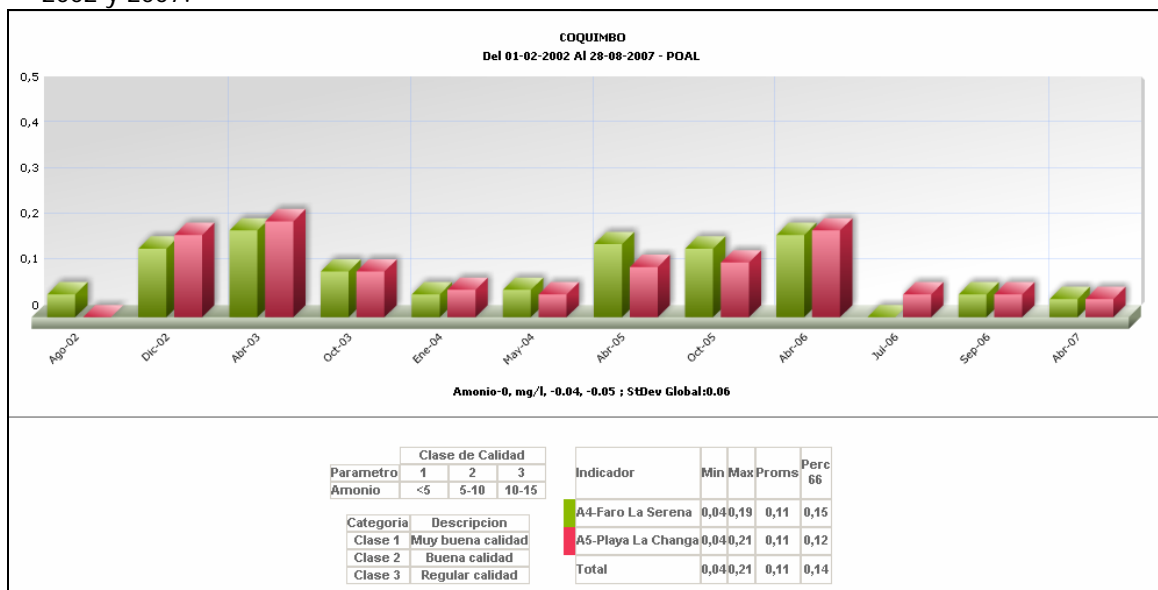


Gráfico N° 2.79 comportamiento ambiental de amonio (ppm) en agua de mar



Las concentraciones de amonio fueron bajas en ambas estaciones, registrándose valores menores a 0.3 ppm. No se superan las 5 ppm por lo que las aguas de ambas estaciones clasificarlas como de muy buena calidad (Clase 1) para amonio.

#### Aceites y Grasas en Agua:

El gráfico N° 2.80, refleja la serie de tiempo entre el 2002 y 2007 para aceites y grasas.

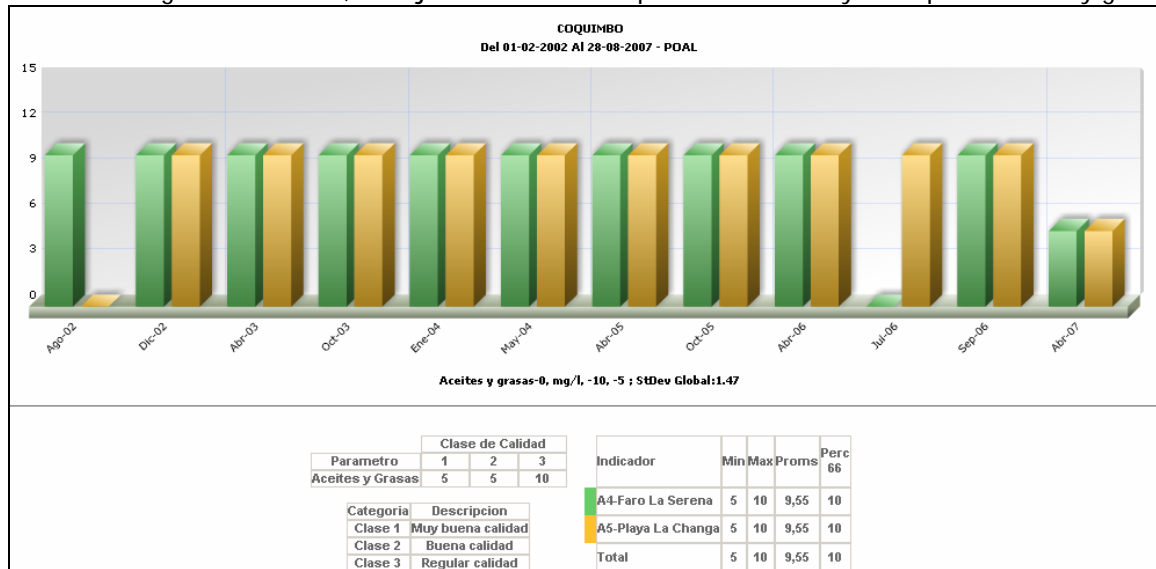


Gráfico N° 2.80 comportamiento ambiental de aceites y grasas (ppm) en agua de mar

No fue posible detectar aceites y grasas en agua. Entre los años 2002 y 2006 el límite de detección del laboratorio fue < 10 ppm. Sólo en la última campaña (abril 2007) este límite disminuyó a < 5 ppm. Con estos resultados no es posible clasificar la calidad de las aguas de Coquimbo respecto de aceites y grasas.

#### Coliformes en Agua:

El gráfico N° 2.81, evidencia la variación de coliformes fecales en el agua durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

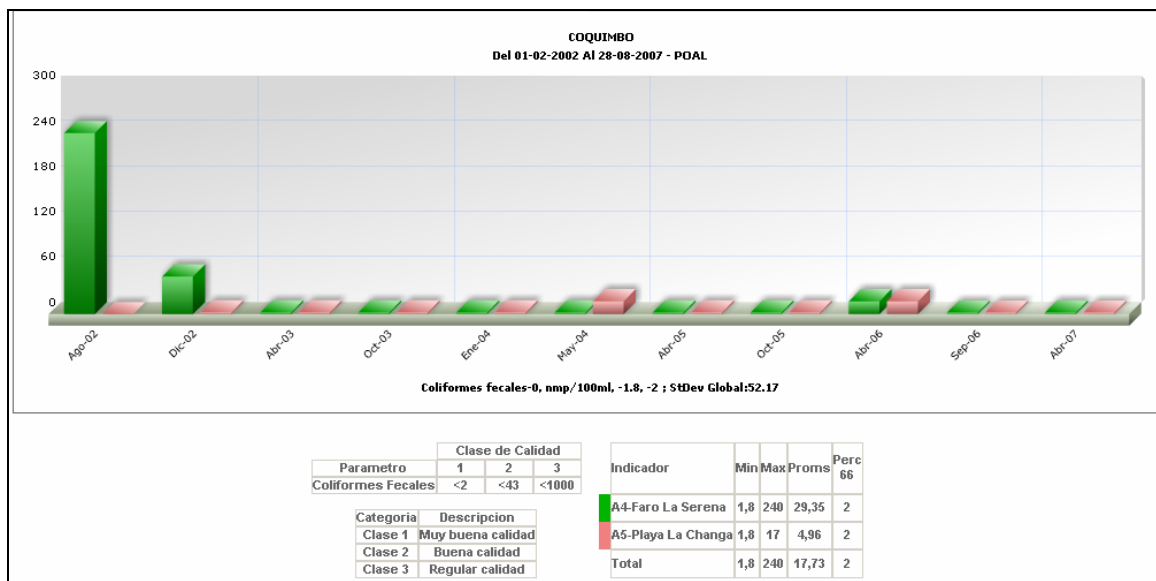


Gráfico N° 2.81 comportamiento ambiental de coliformes fecales (NMP) en agua de mar

Las muestras biológicas para el análisis de coliformes fecales, registraron recuentos que fueron bajos, no constatando signos de contaminación por aguas servidas. El valor más alto se registró durante el primer muestreo del período en la estación Faro La Serena (A4), valor que disminuyó considerablemente los muestreos posteriores. Aun así, las aguas pueden ser clasificadas como de “buena calidad” (Clase 2).

### F.3.- Análisis Muestras de Sedimento:

#### Mercurio Total en Sedimento:

El gráfico N° 2.82, presenta el comportamiento ambiental de mercurio en sedimentos entre los años 2002 y 2007.

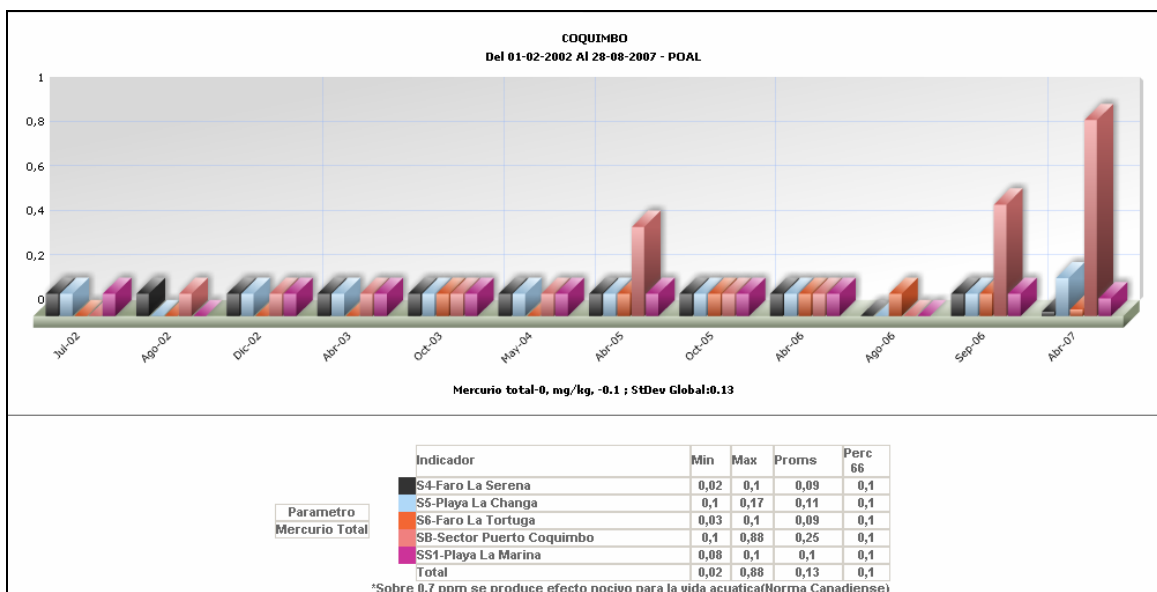


Gráfico N° 2.82 comportamiento ambiental de mercurio (ppm) en sedimentos

Los resultados muestran que no hay contaminación por mercurio en los sedimentos de la bahía de Coquimbo. Los análisis efectuados a las muestras de sedimentos, dan cuenta de que las concentraciones promedio obtenidas están bajo el límite referencial de 0,7 ppm. Sólo la estación SB (Sector Puerto Coquimbo), presenta concentraciones altas, obteniéndose en el muestreo de 2007 una concentración de 0,88 ppm, la cual supera levemente el umbral antes mencionado.

#### Cadmio en Sedimentos:

El gráfico N° 2.83, refleja el comportamiento de cadmio en sedimentos en los años 2002 y 2007.

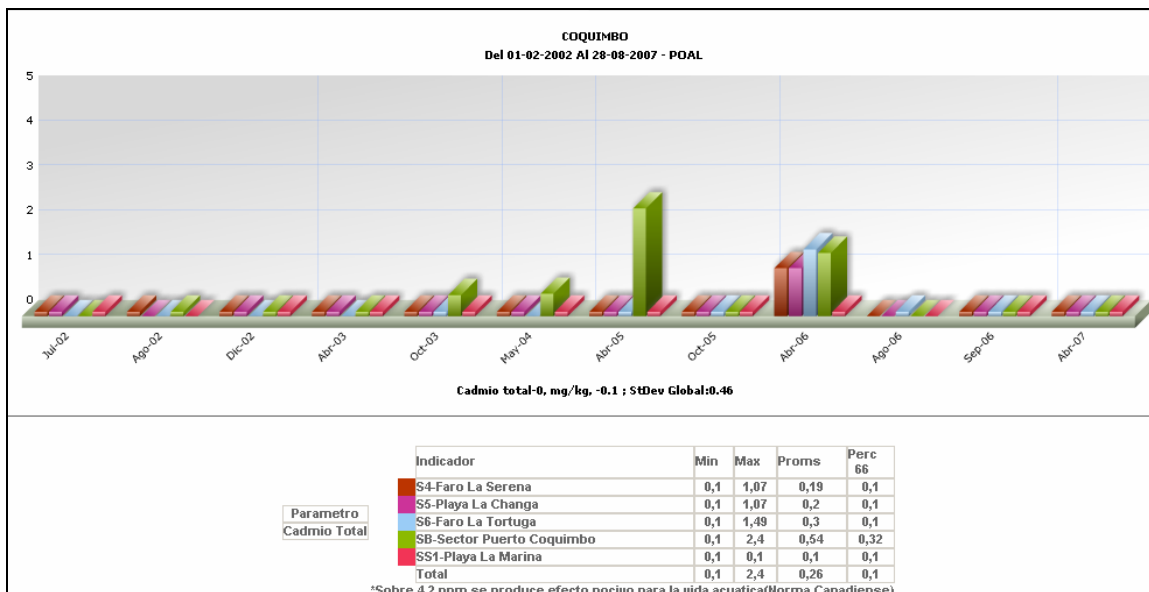


Gráfico N° 2.83 comportamiento ambiental de cadmio (ppm) en sedimentos

Tampoco se encontraron sedimentos contaminados con cadmio en Coquimbo durante el período de muestreo. La mayoría de las concentraciones obtenidas fueron bajas y bajo el umbral. Sólo la estación SB (Sector Puerto Coquimbo), registró un valor de 2,4 ppm el que, en todo caso, está bajo el umbral propuesto de 4,2 ppm.

#### Cromo en Sedimentos:

El gráfico N° 2.84 refleja la variación de cromo en sedimentos en el período del 2002 al 2007.

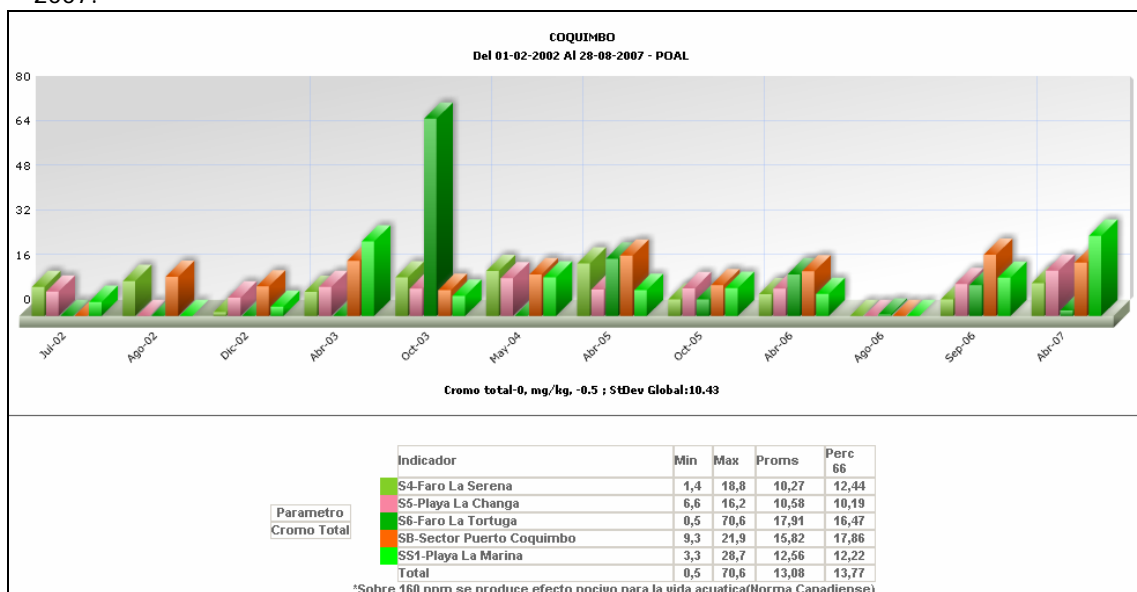


Gráfico N° 2.84 comportamiento ambiental de cromo (ppm) en sedimentos

No se encontraron sedimentos contaminados con cromo en Coquimbo. Si bien hubo variabilidad en los resultados, estos no superan el umbral de 160 ppm propuesto en las directrices canadienses. Los sectores SB (Sector Puerto Coquimbo) y S6 (Faro La Tortuga), registraron las mayores concentraciones promedio, aún así no superan el umbral señalado, por lo tanto las condiciones son “normales” para el cromo.

**Plomo en Sedimentos:**

Se aprecia en el Gráfico N° 2.85, las variaciones de plomo en sedimentos en los años 2002 y 2007.

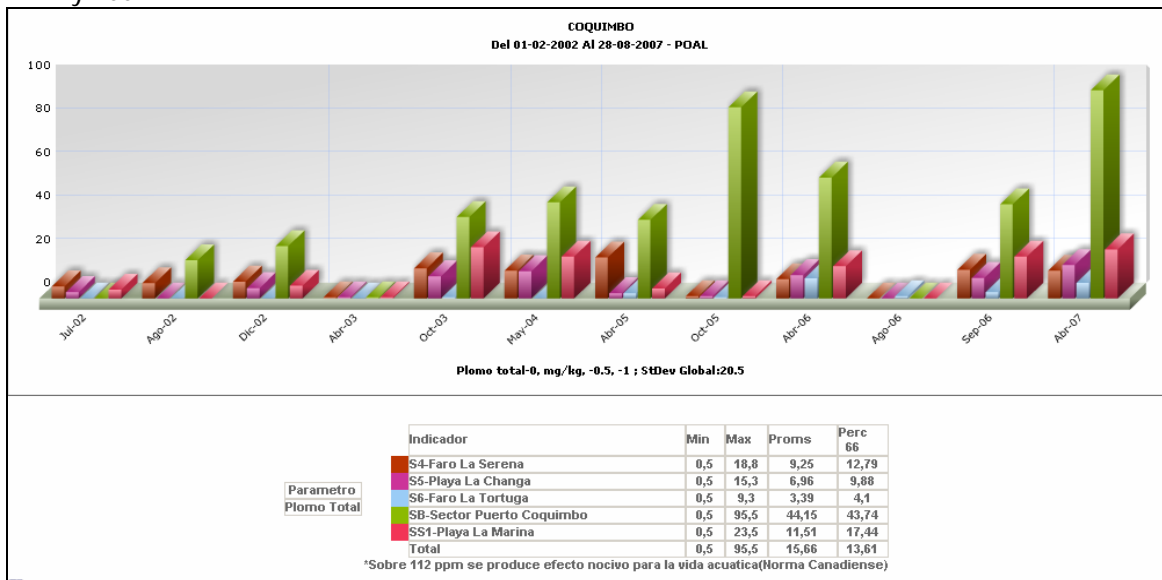


Gráfico N° 2.85 comportamiento ambiental de plomo (ppm) en sedimentos

Los sedimentos de la bahía de Coquimbo contienen concentraciones de plomo catalogadas de “normales”. Todas las estaciones tienen concentraciones bajo el límite referencial de 112 ppm. Aún cuando la estación SB (Sector Puerto) mostró la mayor concentración de plomo, las condiciones no son de un sedimento contaminado.

**Cobre en Sedimentos:**

El gráfico N° 2.86, muestra el comportamiento de cobre en los sedimentos entre los años 2002 y 2007.

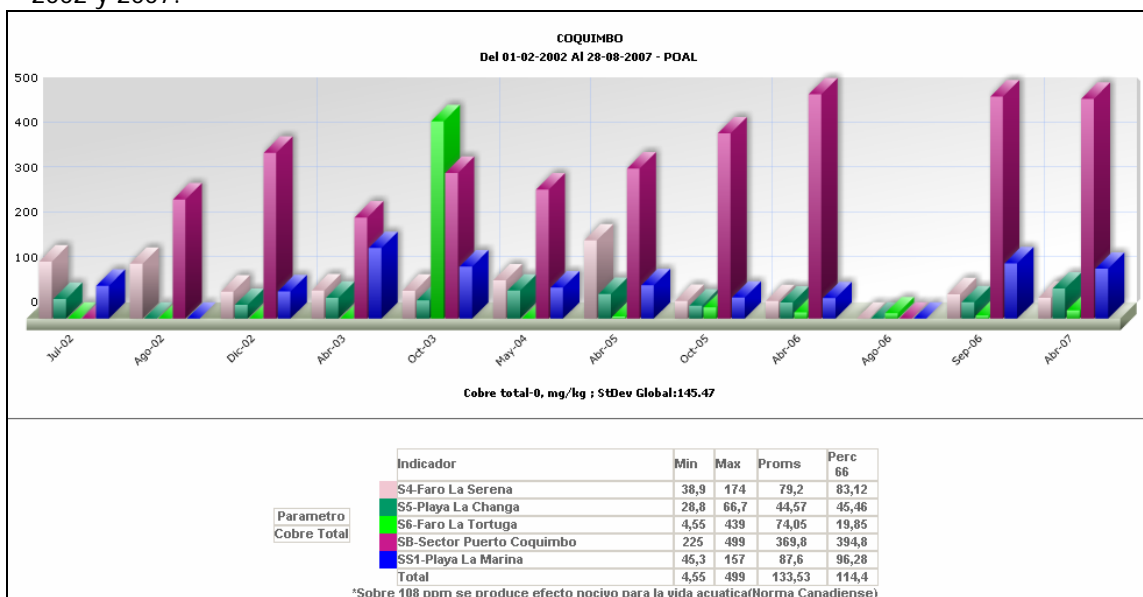


Gráfico N° 2.86 comportamiento ambiental de cobre (ppm) en sedimentos

Contrariamente a lo que ocurre con los otros metales pesados analizados, en los sedimentos de Coquimbo se encontraron valores altos (sedimentos contaminados) en el Sector Puerto

Coquimbo (estación SB). En este sector las concentraciones fueron aumentando hasta superar las 400 ppm hacia los últimos muestreos, superando el umbral respectivo de 108 ppm. Las otras estaciones no mostraron valores importantes, es decir, no se superó el umbral. En síntesis, los sedimentos del sector puerto de Coquimbo se encuentran contaminados con cobre.

#### Zinc Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.87, evidencia la variación de zinc en sedimentos entre los años 2002 y 2007.

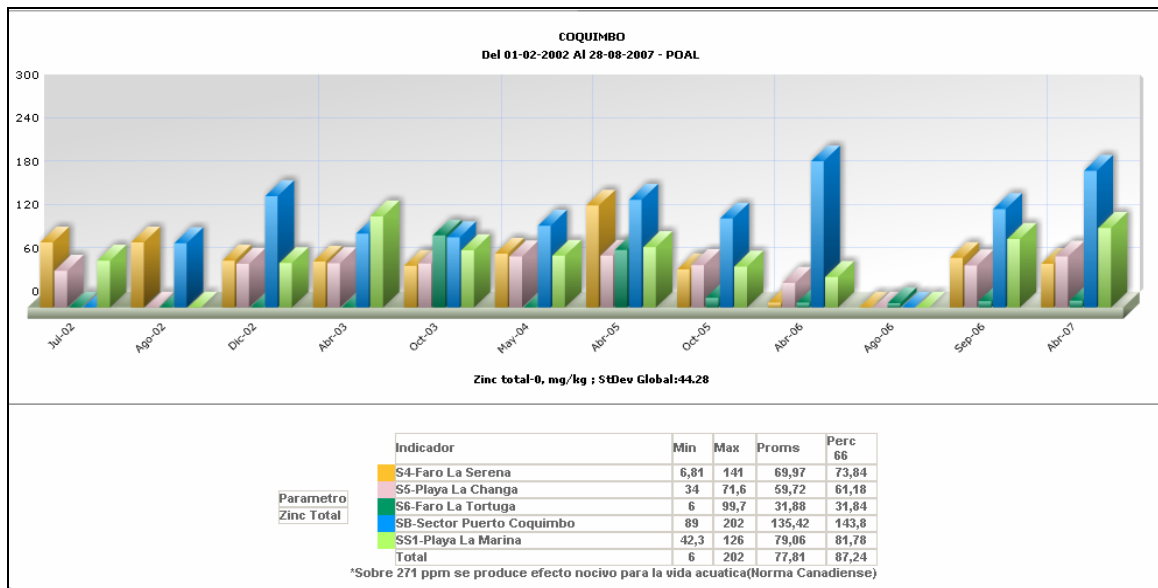


Gráfico N° 2.87 comportamiento ambiental de zinc (ppm) en sedimentos

Los contenidos de zinc en los sedimentos de la bahía de Coquimbo no son altos es decir no muestran niveles de contaminación. No obstante el sector puerto (SB), continúa siendo el sitio que muestra persistentemente las mayores concentraciones de este metal, aunque bajo el umbral internacional de 271 ppm.

#### Fósforo Total en Sedimentos:

Se observa en el gráfico N° 2.88, las variaciones de fósforo total en los fondos sedimentarios durante los años 2002 al 2007.

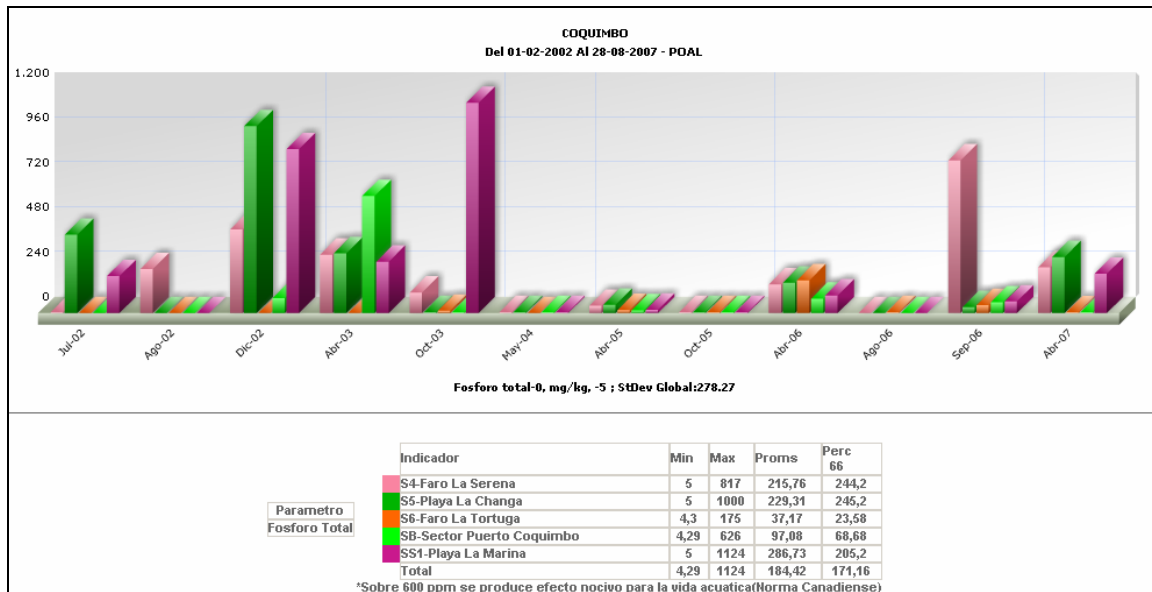


Gráfico N° 2.88 comportamiento ambiental de fósforo (ppm) en sedimentos

Las estaciones S4 (Faro La Serena), S5 (Playa La Changa) y SS1 (Playa La Marina), tienen las concentraciones promedio de fósforo total más altas respecto de las demás estaciones. Estos promedios, aún así, están bajo el umbral de 600 ppm. Debe llamar la atención al impacto que pudiera estar ejerciendo la descarga de aguas servidas del emisario submarino de La Serena. Estos resultados estarían indicando en alguna medida su influencia en el tiempo.

#### Nitrógeno Total en Sedimentos:

Se distingue en el gráfico N° 2.89, la variación de nitrógeno total en sedimentos en el período de los años 2002 y 2007.

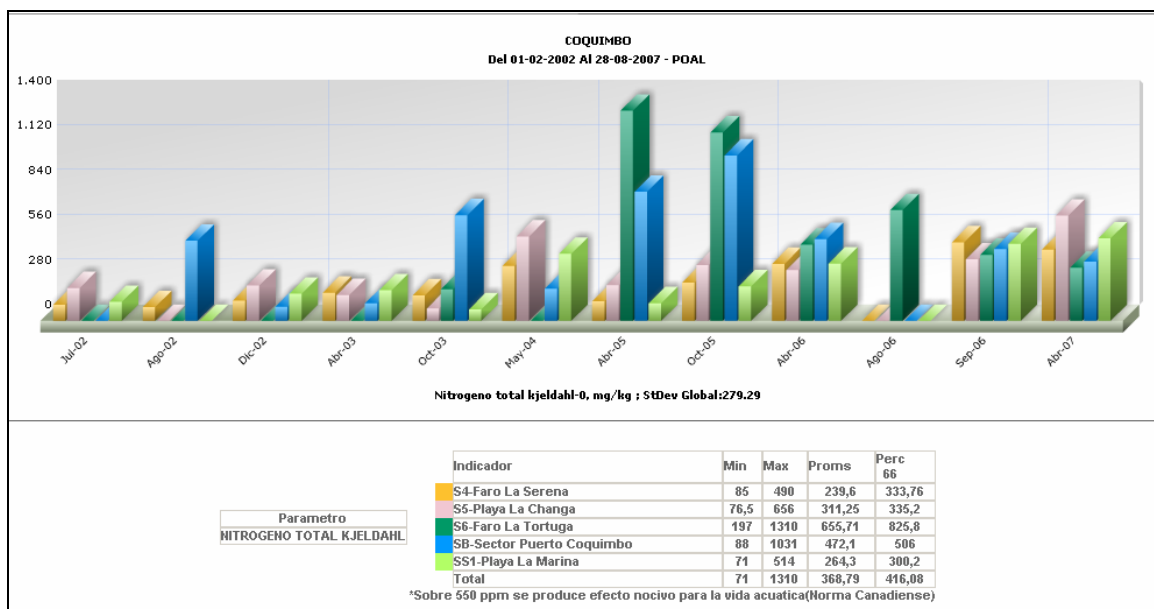


Gráfico N° 2.89 comportamiento ambiental de nitrógeno (ppm) en sedimentos

Las concentraciones de nitrógeno en los sedimentos de Coquimbo son sin duda son altos desde las campañas de 2005 en adelante. Aunque el umbral de 550 ppm no es superado, a

excepción de faro La Tortuga, donde el promedio de concentración supera este valor umbral. Los valores más altos, por sobre este umbral de 550 ppm, se encontraron en el sector puerto Coquimbo (SB) y faro La Tortuga (S6).

#### Materia Orgánica en Sedimentos:

El gráfico N° 2.90, refleja la variación de materia orgánica en sedimentos en el período 2002 y 2007.

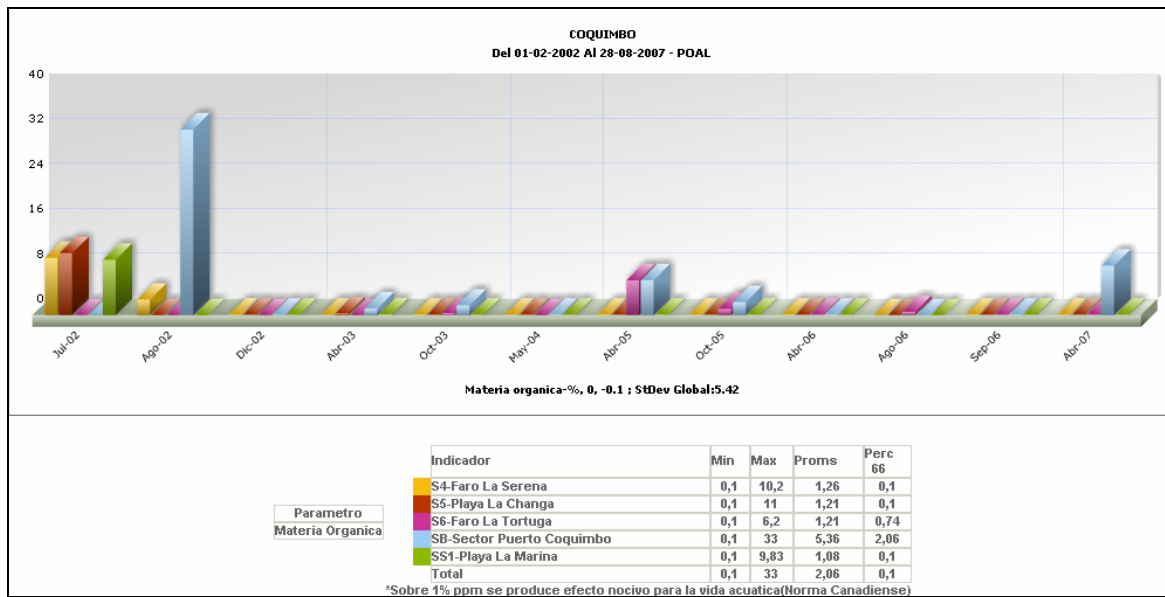


Gráfico N° 2.90 comportamiento ambiental de materia orgánica (%) en sedimentos

En términos de promedios de concentración, los sedimentos de la bahía de Coquimbo se encuentran contaminados. Los contenidos promedio de materia orgánica están por sobre el límite de 1%, siendo el sector puerto (SB) el más intervenido, presentando un valor máximo de 33% durante el muestreo del año 2002.

#### Hidrocarburos Totales en Sedimentos:

El gráfico N° 2.91 indica el comportamiento de hidrocarburos totales en sedimentos en los años 2002 y 2007.

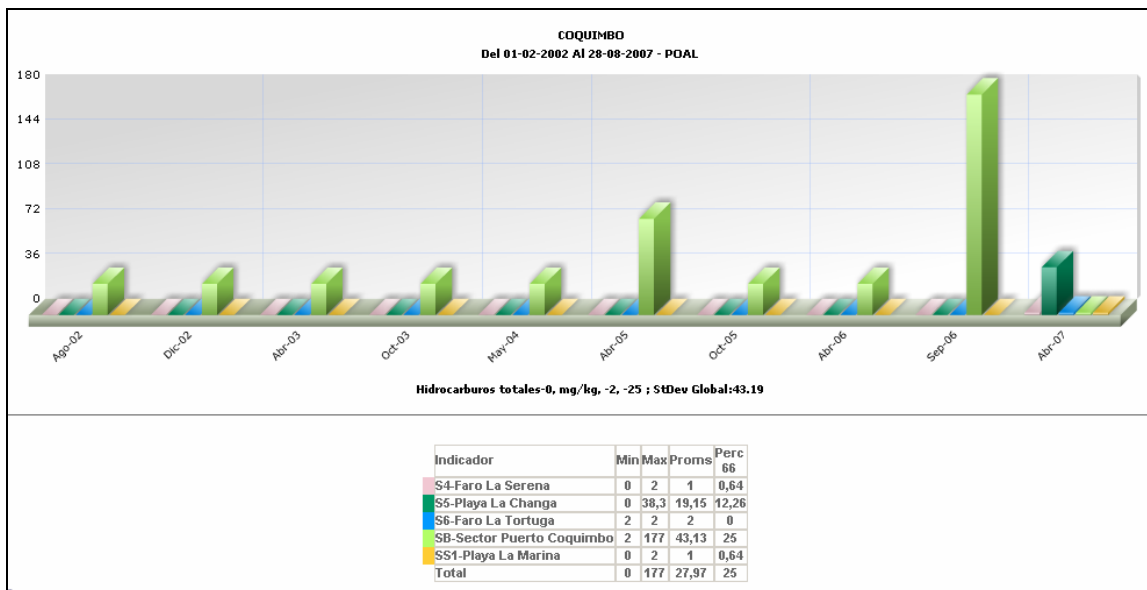


Gráfico N° 2.91 comportamiento ambiental de hidrocarburos totales (ppm) en sedimentos

Si bien no se cuenta con un límite referencial para los contenidos de hidrocarburos totales, la gráfica siguiente muestra que el sector puerto es quién presenta los más altos contenidos de este compuesto.

#### F.4.- Clasificación ambiental de la calidad del agua

La comparación de los percentiles 66 obtenidos de los analitos obtenidos permiten definir la calidad de las aguas de la bahía de Coquimbo en una de las tres categorías propuestas por la Guía Conama. Estas categorías son: Clase 1, aguas de muy buena calidad; Clase 2, aguas de buena calidad y Clase 3, aguas de regular calidad.

A continuación, en la siguiente tabla resumen, se aplica esta clasificación de acuerdo a los resultados obtenidos en la vigilancia ambiental, tras 6 años de monitoreo de la calidad de las aguas de la Bahía de Coquimbo.

Parámetros	A4 (Faro La Serena)	A5 (Playa La Changa)
Mercurio ppb	No se detectó	No se detectó
Cadmio ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Plomo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad
Cobre ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Zinc ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cromo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad
Amonio ppm	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Coliformes Fecales NMP/100ml	Buena Calidad	Buena Calidad
Aceites y Grasas ppm	No se detectó	No se detectó



### F.5.- Clasificación ambiental de la calidad de los sedimentos

En base a la comparación efectuada entre las concentraciones promedio determinadas en cada muestra tomada en los distintos puntos distribuidos en la Bahía de Coquimbo, y las directrices referenciales propuestas a nivel internacional, es posible determinar en el cuerpo de agua, una condición normal (N), Moderada (M), o Contaminada (C) de los parámetros que identifican a continuación:

Parámetros	S4 (Faro la Serena)	S5 (Playa La Changa)	S6 (Faro Tortuga)	SB (Sector Puerto Coquimbo)	SS1 (Playa La Marina)
Mercurio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cadmio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Plomo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cobre ppm	Normal	Normal	Normal	Contaminado	Normal
Zinc ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cromo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Hidrocarburos Totales ppm	Normal	Normal	Normal	Moderado	Normal
Nitrógeno total ppm	Normal	Normal	Contaminado	Normal	Normal
Fósforo Total ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Materia Orgánica %	Contaminado	Contaminado	Contaminado	Contaminado	Contaminado

### F.6.- Discusión de Resultados Obtenidos en Agua y Sedimentos

En la Figura N °14, se observan las estaciones de muestreo de POAL, junto con las empresas presentes en el sector que descargan sus residuos líquidos en la Bahía de Coquimbo:

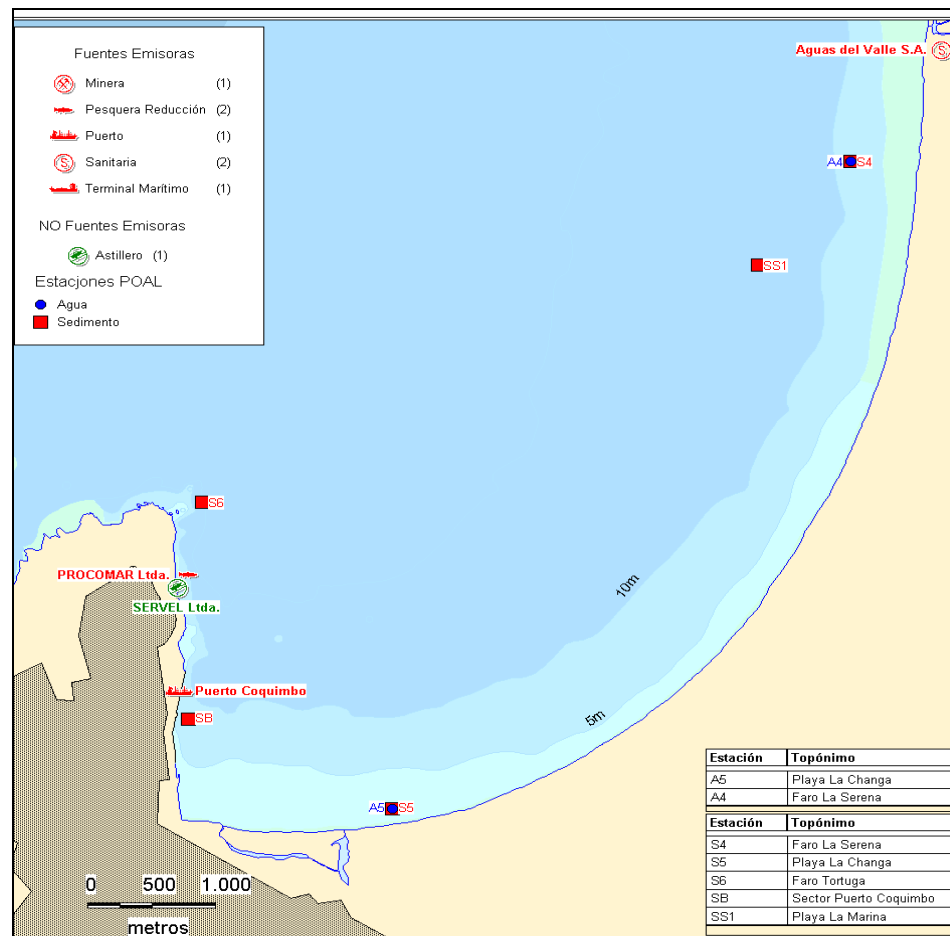


Figura N° 14: Estaciones POAL y Empresas en la Bahía de Coquimbo

La contaminación por metales pesados en agua de mar no es un problema relevante en la Bahía de Coquimbo. Solamente cromo y plomo presentaron niveles Clase 2 considerándose aguas de buena calidad.

Las aguas de la bahía de Coquimbo se encuentran libres de contaminación de origen fecal. No se detectó coliformes fecales.

Dentro del grupo de las sustancias orgánicas, los aceites y grasas no fueron detectadas analíticamente durante las campañas de muestreo.

Respecto a los sedimentos, el Sector Puerto Coquimbo (estación SB), es comparativamente el más contaminado, debido a la presencia de cobre, hidrocarburos totales y materia orgánica. Esto se explica por la presencia de un Astillero en el Noreste de la Península y las Instalaciones Portuarias.

Por otro lado, la elevada acumulación de materia orgánica en el sedimento, presentes en todos los sectores de muestreo, podrían deberse al aporte de estas materias por parte del Sector Pesquero.

En cuanto a la Empresa Sanitaria, no se evidencian resultados que indiquen un impacto negativo en el sector, ya que tanto en agua, como en sedimentos de la Estación Norte, los

parámetros indicadores de contaminación por aguas servidas, se encuentran bajo lo establecido en el marco referencial. Estos hallazgos estarían indicando que el emisario submarino de La Serena funcionaría bien, aunque debe mantenerse esta vigilancia dado los niveles crecientes que se observan en materia orgánica.

#### **F.7.- Conclusiones**

Los resultados obtenidos en agua y sedimentos en los sectores estudiados dan cuenta de:

1. Que la matriz acuosa de este cuerpo de agua muestra prácticamente una ausencia de sustancias químicas como metales pesados y otros tipos de indicadores como aceites y grasas y coliformes fecales, si bien estas agua no pueden ser calificadas como prístinas, los niveles detectados no son indicativos de la ocurrencia de procesos de contaminación severos. La condición actual determinada durante la última campaña evidencia los efectos de actividades antrópicas en el borde costero, sin embargo el impacto sobre las aguas costeras es leve.
2. El sector Puerto es el que se encuentra más intervenido, desde el punto de vista de calidad ambiental. Se verificó que este lugar tiene altos contenidos de cobre, hidrocarburos totales y materia orgánica asociados probablemente la presencia de un Astillero en el Noreste de la Península y también por las Instalaciones Portuarias. Debe establecerse con claridad la relación causa - efecto en este cuerpo de agua.
3. Todas las estaciones de sedimentos registraron valores altos de materia orgánica, lo que está relacionado con la presencia de descargas de residuos líquidos domésticos y actividad marítima.
4. En general se puede señalar que en los sedimentos marinos de la Bahía de Coquimbo no se aprecian condiciones de deterioro ambiental.

## BAHÍA DE VALPARAÍSO



## II.2.6.- BAHÍA DE VALPARAISO.

### A) Antecedentes Físicos

La Región de Valparaíso se extiende desde los 32° 10' hasta aproximadamente los 34° 10' de latitud sur. Posee una superficie de 16.304 km<sup>2</sup>, que equivalen al 2,1% de la superficie total del país, descontado el territorio antártico chileno.

En la región de Valparaíso se inicia, por el norte, la llamada Zona Central de Chile, que se extiende hacia el sur hasta, aproximadamente, el río Biobío, en la región del mismo nombre.

La superficie total de esta región es de 16.396,1 Km<sup>2</sup>, lo que representa el 2,0% del total del país. El relieve es muy complejo, puesto que las unidades físicas orográficas que caracterizan al país aún no se perfilan con claridad. Si bien la Cordillera de los Andes es alta e imponente en esta región, lo mismo la Cordillera de la Costa, y las Planicies Litorales presentan un amplio desarrollo, el Valle Longitudinal o Depresión Intermedia no aparece, siendo reemplazado por una serie de cuencas tectónicas localizadas en el pie occidental del cordón andino (Figura N° 15 Mapa Físico Región de Valparaíso).

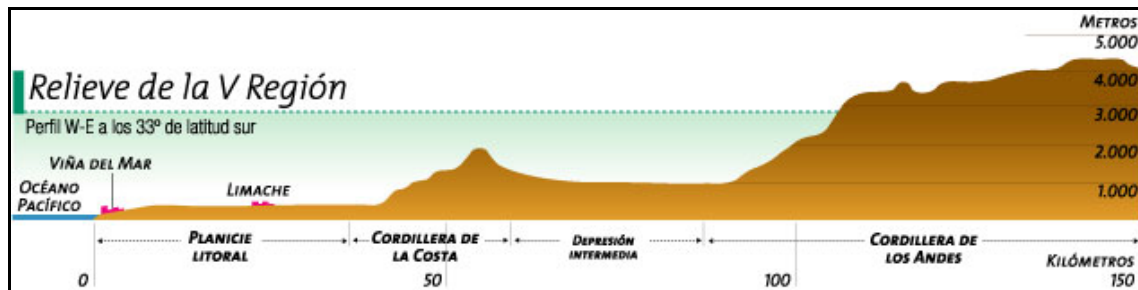


Figura N° 15: Mapa físico Región de Valparaíso

La región de Valparaíso posee un clima templado de tipo mediterráneo con matices de semiaridez hacia el norte del río Aconcagua, húmedo o costero en el litoral, y aumento de precipitaciones hacia el sur y el interior.

### B) Antecedentes Demográficos.

La región tiene una subdivisión político-administrativa en correspondencia con sus características geográficas, lo que permite distinguir claramente zonas provinciales con importantes diferencias en sus dinámicas económicas productivas y vocación del territorio, así como de sus dinámicas de poblamiento.

Así la región de Valparaíso esta organizada en 7 provincias (San Antonio, Isla de Pascua, Petorca, San Felipe de Aconcagua, Quillota, Los Andes y Valparaíso) y 38 comunas, la capital regional es la ciudad de Valparaíso.

De acuerdo al censo del año 2002 la Región de Valparaíso presenta una población de 1.539.852 personas, lo que significa un incremento intercensal de un 11,2% y una tasa de crecimiento anual de 1,1 %, tasa levemente inferior al promedio nacional de 1,2%.

Tabla N° 1: Crecimiento intercensal 1992-2002 Región de Valparaíso.

	Población 1992	Población 2002
Región de Valparaíso	1.384.336	1.539.852

Valparaíso	282.840	275.982
Casablanca	16.590	21.874
Concón		32.273
Juan Fernández	488	633
Puchuncaví	10.661	12.954
Quilpué	104.203	128.578
Quintero	17.796	21.174
Villa Alemana	71.672	95.623
Viña del Mar	304.203	286.931
Isla de Pascua	2.764	3.791
Los Andes	49.747	60.198
Calle Larga	9.860	10.393
Rinconada	5.765	6.692
San Esteban	12.153	14.400
La Ligua	27.322	31.987
Cabildo	17.520	18.916
Papudo	3.896	4.608
Petorca	9.273	9.440
Zapallar	4.554	5.659
Quillota	67.007	75.916
Calera	45.776	49.503
Hijuelas	13.938	16.014
La Cruz	10.771	12.851
Limache	34.962	39.219
Nogales	18.669	21.633
Olmué	12.603	14.105
San Antonio	78.158	87.205
Algarrobo	5.968	8.601
Cartagena	11.906	16.875
El Quisco	6.097	9.467
El Tabo	4.513	7.028
Santo Domingo	6.218	7.418
San Felipe	54.591	64.126
Catemu	11.295	12.112
Llaillay	20.276	21.644
Panquehue	5.900	6.567
Putendo	12.806	14.649
Santa María	11.575	12.813

### C) Antecedentes Económicos.

**Industria:** La industria manufacturera es el sector más importante a nivel regional, que además ubica a la Región de Valparaíso en el tercer lugar a nivel país dentro de este sector.

En la comuna de Casablanca, en la ruta 68, se encuentra la fábrica de Chiletabacos, principal productora del tabaco nacional. En la comuna Concón se encuentra la planta de Coca-Cola Embonor S.A. que produce y distribuye bebidas de fantasía. En cuanto a los derivados del petróleo, en Concón se encuentra la Refinería de Concón, de propiedad de ENAP; con una producción de combustibles superior a las 3 millones



de toneladas, responsable ésta última de explicar más del 50% de las cargas industriales que genera la V Región.

**Minería:** Actualmente el sector minero de la región de Valparaíso no es de los más importantes en el contexto interregional, Los yacimientos regionales son: la División Andina de CODELCO, en Los Andes, con cerca de 218 mil toneladas de concentrado de cobre, cuenta con una mina subterránea Río Blanco y una a rajo abierto Sur Sur; El Soldado de la Disputada de Las Condes, en la comuna de Nogales, con más de 70 mil toneladas de concentrado de cobre.

**Pesca:** El desarrollo de la producción pesquera se basa principalmente en la captura de merluza, congrio, jurel, sardina y corvina. Luego están los crustáceos como el camarón y las variedades que ofrecen las islas que dependen administrativamente de Valparaíso. De acuerdo con cifras del año 2000 de SERNAPESCA, la principal captura artesanal fue la merluza común (13.071 toneladas) y la de la pesca industrial, la anchoveta (21.388 toneladas), seguida también de la merluza común (19.387 toneladas).

La actividad pesquera ha dado origen a la existencia de numerosas industrias artesanales y otras con mayor cantidad de operarios que se dedican al procesamiento industrial del pescado. Lo mismo ocurre con la recolección de algas y otros productos del mar. La actividad pesquera tiene un buen apoyo científico a través de las carreras profesionales vinculadas al mar que existen en las universidades de la región.

#### D) Problemas Ambientales.

Dado que este río constituye la principal fuente de provisión de agua para las diversas actividades económicas, pudiera pensarse en un elevado grado de contaminación producto de ellas. No obstante, la inversión en saneamiento ambiental realizada por ESVAL S.A. en la región, a través de sistemas de alcantarillado, plantas de tratamiento y emisarios submarinos, significa que actualmente cerca de 90% del río Aconcagua y restantes cursos de agua y playas de la región están descontaminadas, siendo aptas para el riego y bebida animal, lo que posibilita un mayor desarrollo turístico, con el consiguiente beneficio directo al crecimiento económico.

En cuanto a los suelos, hay factores de origen antrópico que amenazan la calidad de éstos en toda la región, como es el avance de la desertificación, una creciente extracción de áridos, y la expansión de las ciudades, lo que ha derivado en que suelos de buena calidad y alta productividad sean ocupados por actividades industriales, comerciales o habitacionales.

#### E) Principales Problemas Ambientales de la Región y sus Contaminantes.

GM VALPARAISO					
EMPRESA	Nº de Plantas	Nº de Ductos	Naturaleza de Descarga	Tipo Emisario	Principales Contaminantes
Cultivos S.R.C.	1	1	ril	submarino	Aceites y Grasas, Demanda Biológica de Oxígeno, Estaño, Fósforo, Boro, Cloruros, Sulfato
Hotel Maitencillo	1	1	ril (aguas servida y aguas de lavado en general)	desc. Orilla	Temperatura, Demanda Biológica de Oxígeno, Plomo, Hierro, Estaño, Manganeseo, Coliformes Feclaes, Pentaclorofenol, Sulfato.

Sindicato Pescadores Maitencillo	1	1	aguas servidas	des. Orilla	
Codelco (Ventanas)	1	1	ril	submarino	Aceites y Grasas, Aluminio, Arsénico, Demanda Biológica de Oxígeno, Fluoruro, Níquel, Selenio, Sólidos Suspendidos Totales.
Ilustre Municipalidad Puchuncavi	1	1	sin info		
AES GENER S.A.	1	1	aguas de enfriamientos	submarino	Temperatura, Sólidos Suspendidos totales, fósforo, NTK, Zinc, Detergentes, Pentaclorofenol, Coliformes Fecales, Arsénico, Níquel, Cloruros, Sulfato, Cadmio, Boro, Aluminio.
Pesquera Quintero	1	1	ril	submarino	Sólidos Suspendidos Totales, Hidrocarburos volátiles. totales, y Fijos, Arsénico, Cobre, Fluoruro, Mercurio, Zinc, Índice de Fenol, Sulfuro, Molibdeno, Aceites y Grasas, Estaño, Detergentes, NTK, Xileno, Temperatura, Demanda Biológica de Oxígeno, Boro, Cloruros, Fosforo, Hierro, Sulfato, Plomo, Tolueno, Triclorometano.
ENAP	1	1	ril	submarino	Sólidos Suspendidos Totales, Hidrocarburos volátiles y totales, Arsénico, Cobre, Fluoruro, Mercurio, Zinc, Índice de Fenol, Sulfuro, Molibdeno, Aceites y Grasas, Estaño, Detergentes, NTK, Xileno, Temperatura, Demanda Biológica de Oxígeno, Boro, Cloruros, Fosforo, Hierro, Sulfato.
ESVAL	1	1	aguas servidas	submarino	Ph, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, Aceites y Grasas, Hidrocarburos Totales y Volátiles, Demanda Biológica de Oxígeno, Aluminio, Boro, Fosforo, Molibdeno, Índice de Fenol, Coliformes Fecales.



## F) RESULTADOS

A continuación se entregan los resultados obtenidos luego de 6 años de análisis de contaminantes en agua y sedimentos en la Bahía de Valparaíso.

### F.1.- Ubicación Puntos de Muestreo:

La Bahía de Valparaíso tiene 2 estaciones de muestreo de agua y 11 estaciones de muestreo de sedimentos, cuyas coordenadas geográficas y topónimos respectivos son los siguientes:

VALPARAISO				
EST.	LAT. SUR	LONG OESTE	PROF	NOMBRE LOCAL
A4	33°02'00"	71°36'55.8"	10	Bellavista
A6	33°00'54"	71°33'40"	6	Desembocadura Marga-Marga
S Dique	33°01'50.4"	71°37'30"	13	Sector Dique
S1	33°01'15"	71°34'24"	7	Torpederas
S2	33°01'05"	71°38'13"	10	Caleta Membrillo
S3	33°01'54"	71°37'24"	12	Poza Abrigo
S5	33°01'36.6"	71°33'24"	10	Escuela Industrial
S6	33°00'54"	71°33'48"	6	Desembocadura Marga-Marga
S7	33°01'36"	71°33'24"	9	Muelle Vergara
S8	33°00'06"	71°33'7.8"	10	Playa Los Marineros
S9	32°57'18"	71°33'05"	20	Montemar
S10	32°59'25.8"	71°33'24"	10	Punta Osses
SB	33°02'27.2"	71°36'54"	10	Bellavista

Según la conformación topográfica del borde costero, este cuerpo de agua es clasificado en la categoría de protegido. En la Figura N° 15 se representa la distribución de los puntos de muestreo del cuerpo de agua.

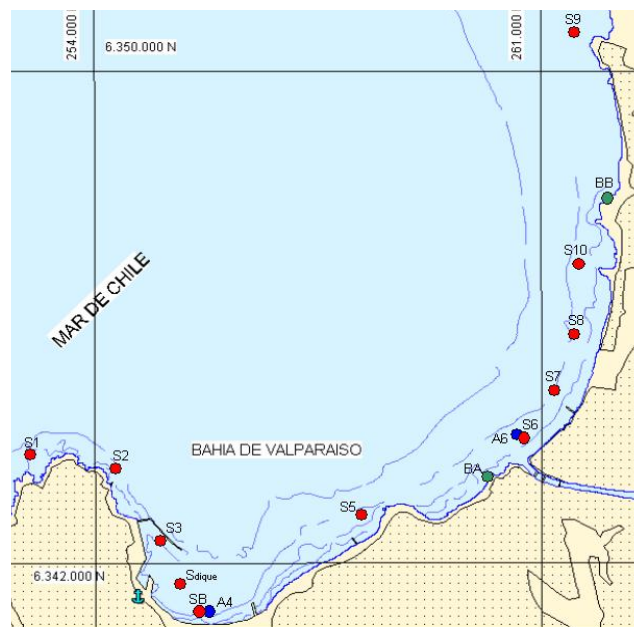


FIGURA N° 15 : Estaciones de muestreo en distribuidas en la Bahía de Valparaíso.

## F.2.- Análisis Muestras de Agua:

## Mercurio Total en Agua:

Los datos analizados corresponden a las campañas semestrales realizadas desde el 2002 al 2007 en la matriz de agua y se aprecian en el gráfico N° 2.92.

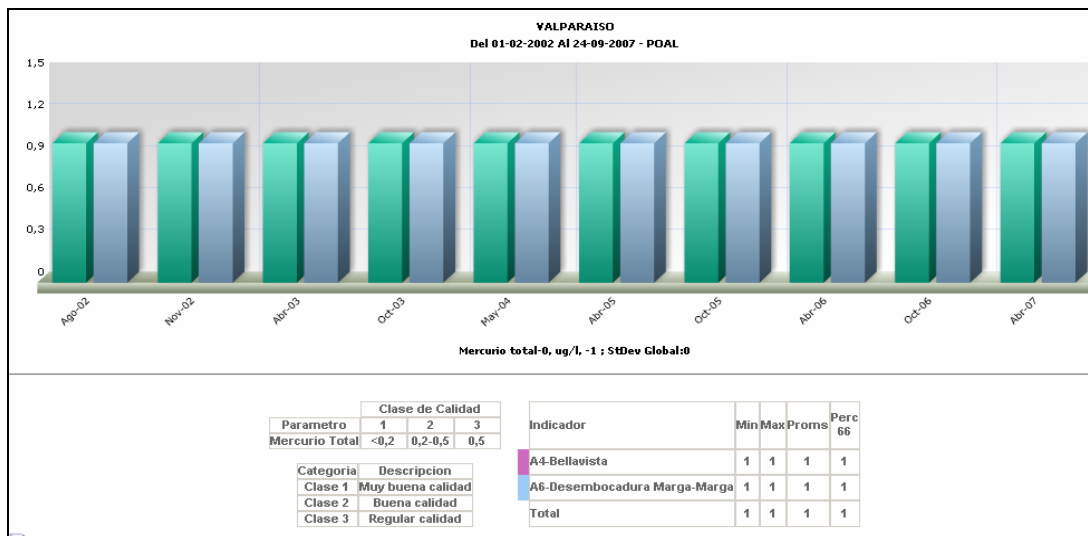


Gráfico N° 2.92 comportamiento ambiental de mercurio (ppb) en agua de mar

No se detectó mercurio en las aguas de la bahía de Valparaíso en ninguna de las campañas de muestreo. Los contenidos que se indican en el gráfico 2.92 corresponden al límite de detección de < 1 ppb.

## Plomo Total y Cromo Total en Agua:

Los gráficos N°2.93 y N°2.94 muestran las variaciones de plomo y cromo en las dos estaciones de agua de mar de la Bahía de Valparaíso obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

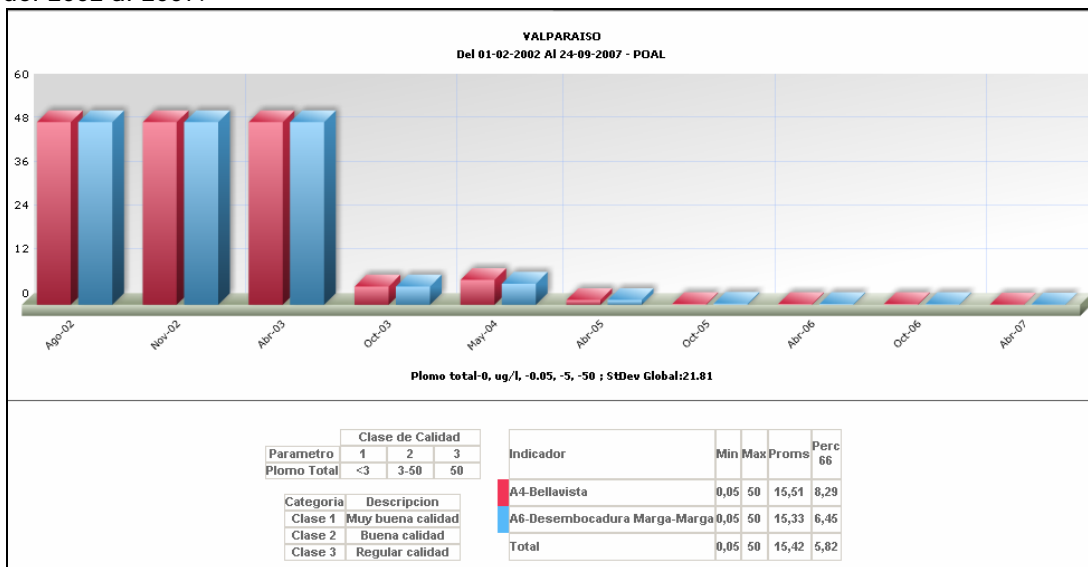


Gráfico N° 2.93 comportamiento ambiental de plomo (ppb) en agua de mar

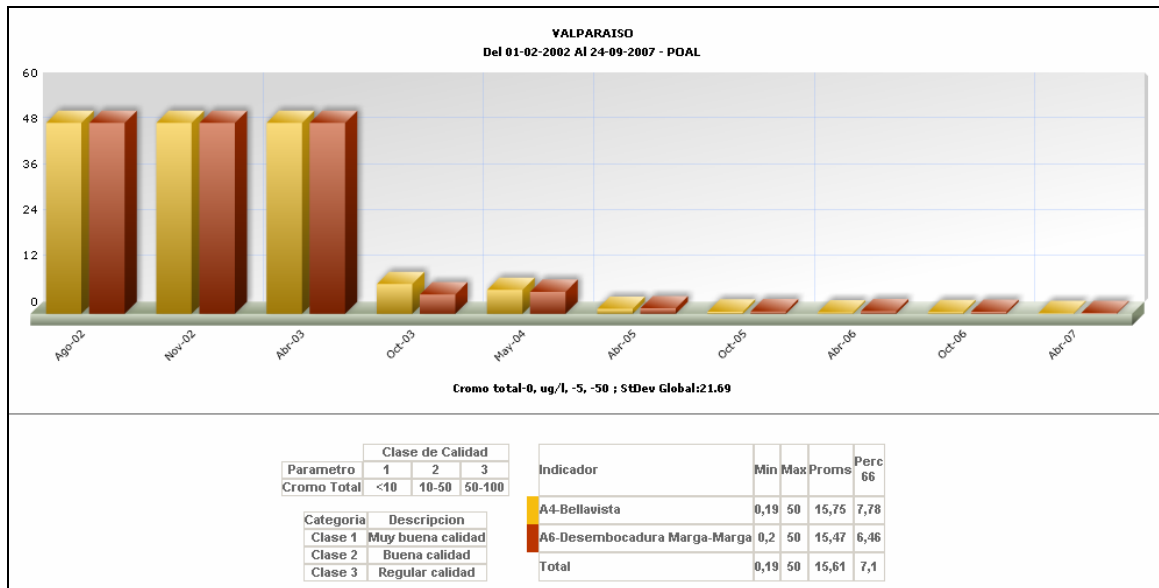


Gráfico N° 2.94 comportamiento ambiental de cromo (ppb) en agua de mar

Las muestras de agua analizadas para determinar contenidos de plomo y cromo muestran valores que no exceden los 12 ppb. Así, ambas estaciones quedan clasificadas en la Clase 2 correspondiente a una “buena calidad” para plomo y en la Clase 1 “muy buena calidad” para cromo, de acuerdo a la Guía CONAMA. Debe consignarse que las concentraciones detectadas los primeros muestreos entre el 2002 y primer semestre del 2003, corresponden al límite de detección informado por el laboratorio de < 50 ppb.

#### Cadmio Total y Cobre Total En Agua:

Los gráficos N°2.95 y N°2.96 muestran las variaciones de cadmio y cobre en las dos estaciones de agua de mar de la Bahía de Valparaíso obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

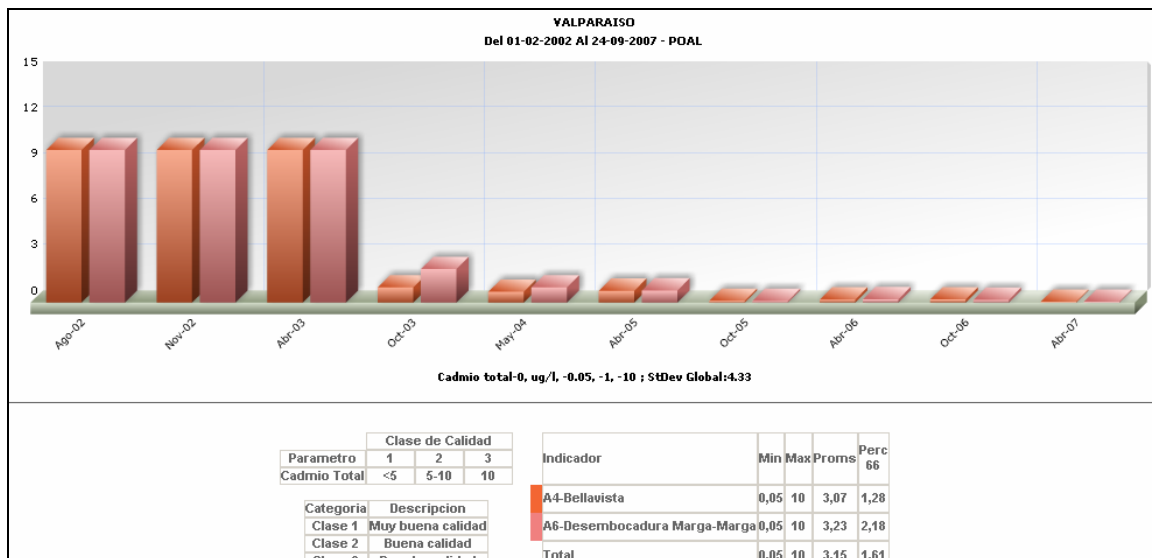


Gráfico N° 2.95 comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua de mar

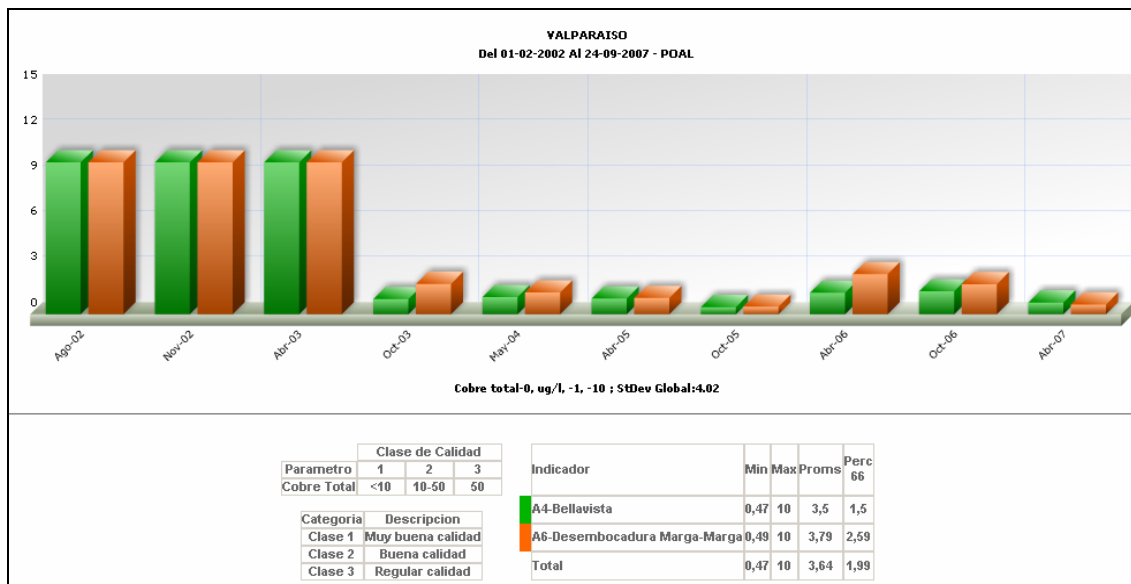


Gráfico N° 2.96 comportamiento ambiental de cobre (ppb) en agua de mar

Tanto las concentraciones de cadmio como de cobre permiten clasificar ambas estaciones en la Clase 1 “muy buena calidad”. Ambos metales se encontraron por debajo del límite de detección < 10 ppb entre los años 2002 y primer semestre de 2003. Posteriormente se mejoró la tecnología analítica, disminuyendo el límite de detección. Aun así, las concentraciones estuvieron por debajo de los valores umbrales, lo que ratifica la clasificación señalada.

#### Zinc Total en Agua:

El gráfico N° 2.97 muestra las variaciones de zinc en las dos estaciones de agua de mar de la Bahía de Valparaíso obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

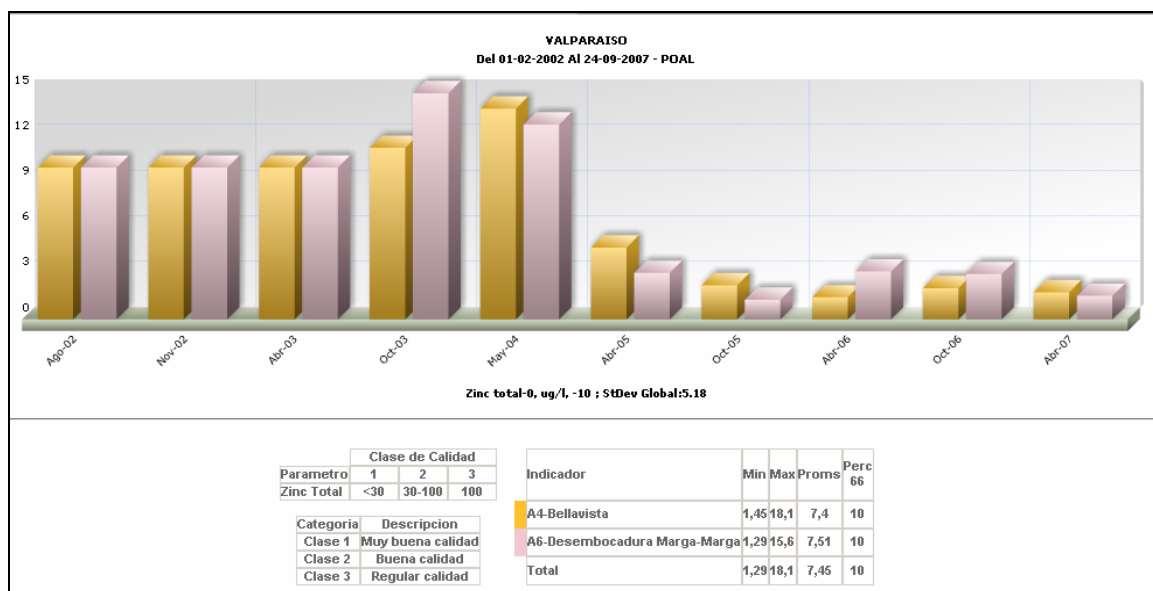


Gráfico N° 2.97 comportamiento ambiental de zinc (ppb) en agua de mar

Si bien se detectaron concentraciones de zinc más altas en los muestreos efectuados entre el 2002 y el año 2004, en comparación a los obtenidos los últimos años, estos valores permiten calificar ambas estaciones en la Clase 1 “aguas de muy buena calidad”.

**Amonio en Agua:**

El gráfico N° 2.98 muestra el comportamiento de las concentraciones de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en las dos estaciones de agua de mar de la Bahía de Valparaíso obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

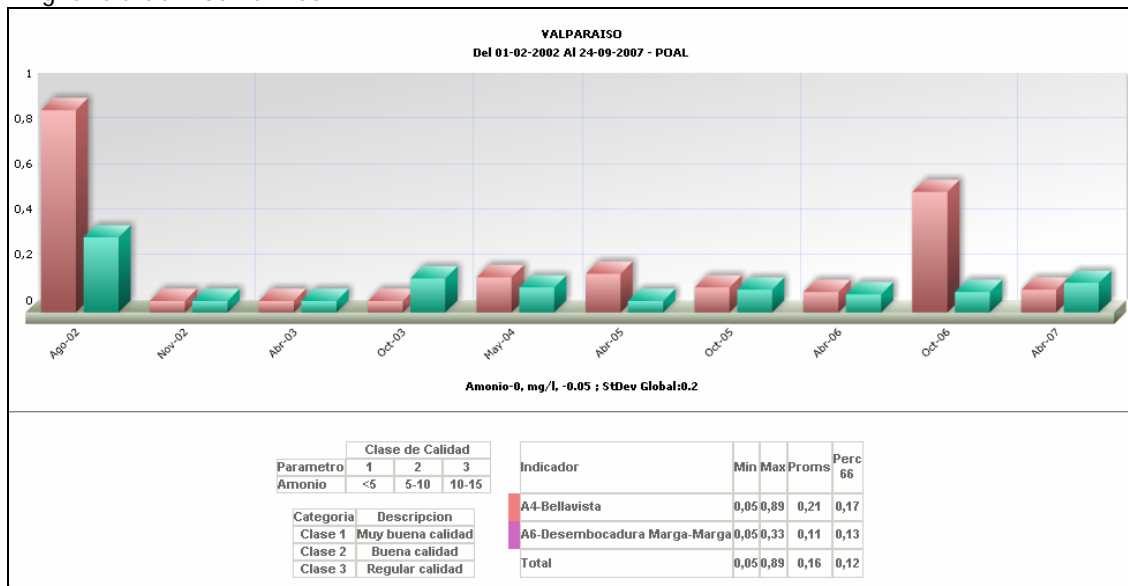


Gráfico N° 2.98 comportamiento ambiental del Amonio en agua (ppm)

Los contenidos de amonio fueron bajos y no superaron los 0,9 ppm, siendo la estación A4 (Bellavista), la que presentó los mayores concentraciones de éste parámetro, no obstante, están por debajo del valor umbral (< 5 ppm) lo que implica que ambas estaciones poseen aguas de “muy buena calidad” respecto al amonio.

**Aceites y Grasas en Agua de Mar:**

El gráfico N° 2.99 muestra el comportamiento de las concentraciones de aceites y grasas en las dos estaciones (Bellavista y Marga Marga) obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

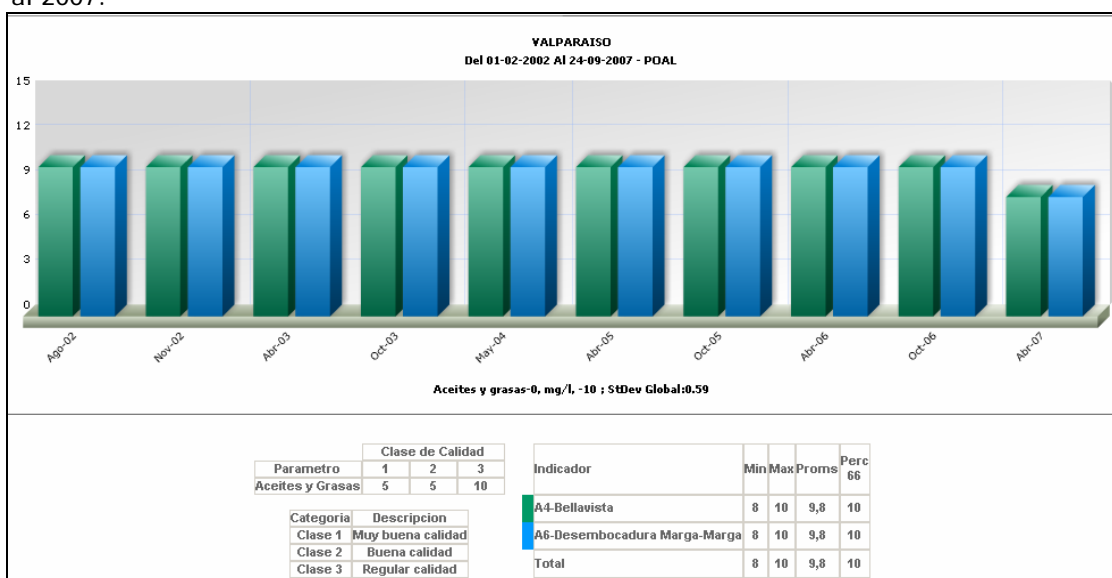


Gráfico 2.99 comportamiento ambiental de Aceites y Grasas ppm en agua de mar

La ocurrencia de aceites y grasas no reviste importancia desde el punto de vista ambiental, ya que los valores informados por el laboratorio corresponden al límite de detección del instrumental.

#### Coliformes Fecales en Agua de Mar:

El gráfico N°2.100 muestra el comportamiento de los recuentos microbiológicos de coniformes fecales en las dos estaciones (Bellavista y Marga Marga) obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

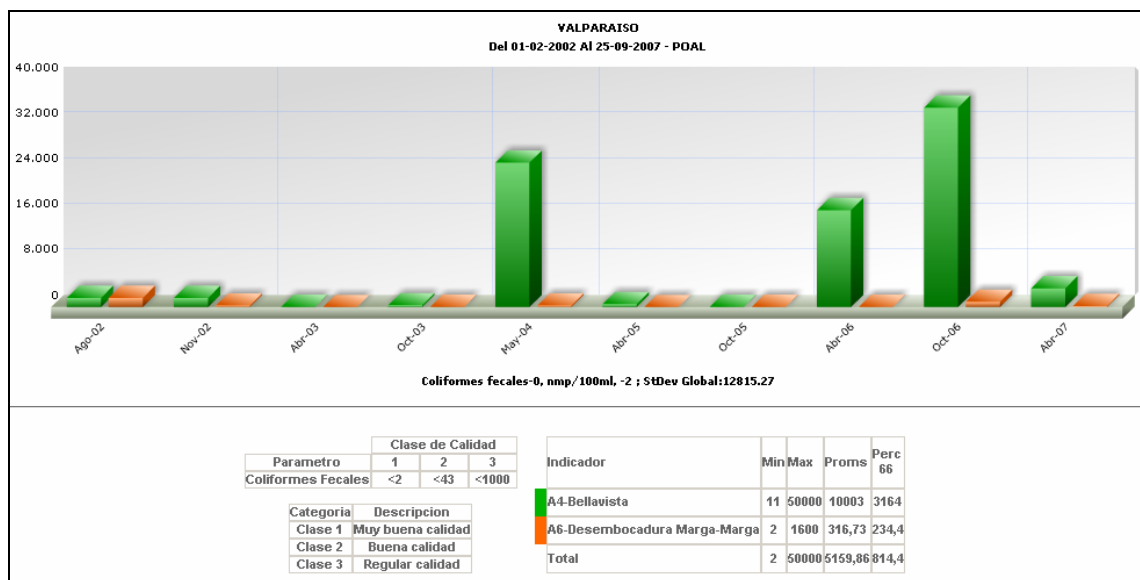


Gráfico N° 2.100 comportamiento ambiental de Coliformes fecales NMP/100 mL en agua de mar

Los recuentos de coliformes fecales muestran evidencias de fenómenos esporádicos pero importantes de contaminación fecal (aguas servidas). En Bellavista (estación A4) en más de una oportunidad se detectaron cargas fecales importantes, con máximos superiores a 50.000 NMP/100 mL, clasificación Clase 3 “aguas de regular calidad” e incluso de mala calidad, al ser más de 50 veces el umbral aceptable más alto de < a 1000 NMP /100 mL. El valor más alto se detectó el segundo semestre de 2006. En la desembocadura del estero Marga Marga se encontraron recuentos menores pero el análisis del percentil clasifica estas aguas de la bahía en la Clase 3 “aguas de regular calidad”.

Estos hallazgos deben llamar la atención toda vez que la empresa sanitaria local ha saneado la bahía con costosos proyectos de tratamiento de aguas residuales y descargas al mar a través de emisarios submarinos, por lo que debiera estudiarse la relación causa-efecto de éste problema ambiental.

### F.3.- Análisis Muestras de Sedimento:

#### Mercurio total en Sedimentos:

El gráfico N°2.101 muestra el comportamiento de las concentraciones de mercurio en sedimento obtenidas en 11 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007 en la bahía de Valparaíso.

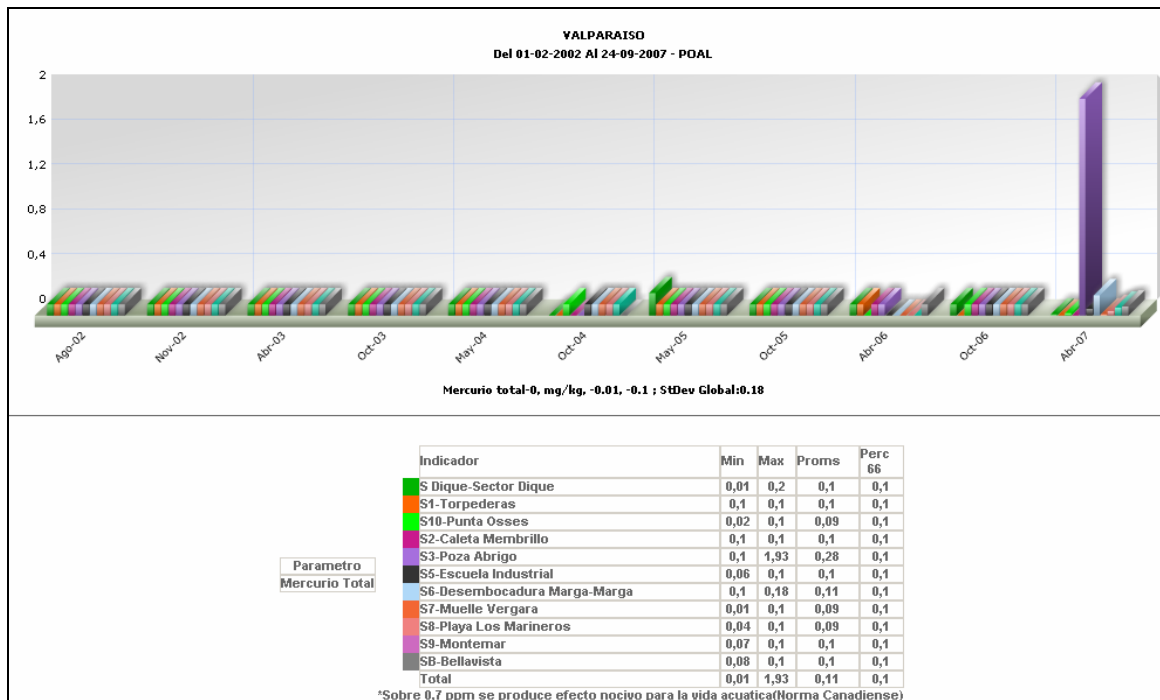
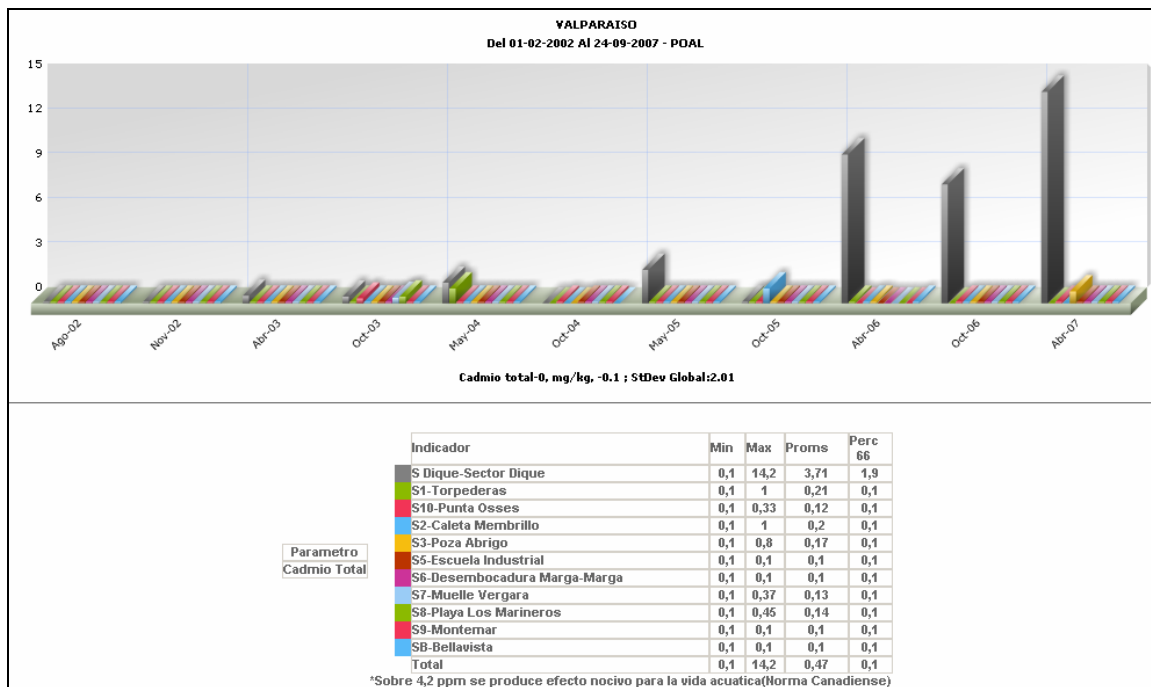


Gráfico N° 2.101 comportamiento ambiental de mercurio (ppm) en sedimentos

Las muestras de sedimento, registraron concentraciones altas de mercurio con máximo de 1,93 ppm en la Poza abrigo (S3) durante el último muestreo (2007). Este valor excede en casi 3 veces el umbral referencial de 0,7 ppm. Sin embargo, en muestreos anteriores nunca aparecieron concentraciones altas. Las demás estaciones presentan valores bajo el umbral señalado.

#### Cadmio total en Sedimentos:

El gráfico N°2.102 muestra el comportamiento de las concentraciones de mercurio en sedimento obtenidas en 11 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007 en la bahía de Valparaíso.



**Gráfico N° 2.102 comportamiento ambiental de cadmio (ppm) en sedimentos**

Los resultados muestran que no hay contaminación por cadmio en los sedimentos de la bahía de Valparaíso, a excepción de la zona del Dique seco. Los análisis efectuados a las muestras de sedimentos, dan cuenta de que las concentraciones promedios obtenidas están todas bajo el límite referencial de 4,2 ppm. Sólo la estación SDique (Sector del Dique), presenta un pick que supera en más de tres veces el valor umbral, valor que se encontró en el último muestreo (14,2 ppm en abril 2007).

#### **Cromo total en Sedimentos:**

El gráfico N°2.103 muestra el comportamiento de las concentraciones de cromo en sedimentos obtenidas en 11 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007 en la bahía de Valparaíso.



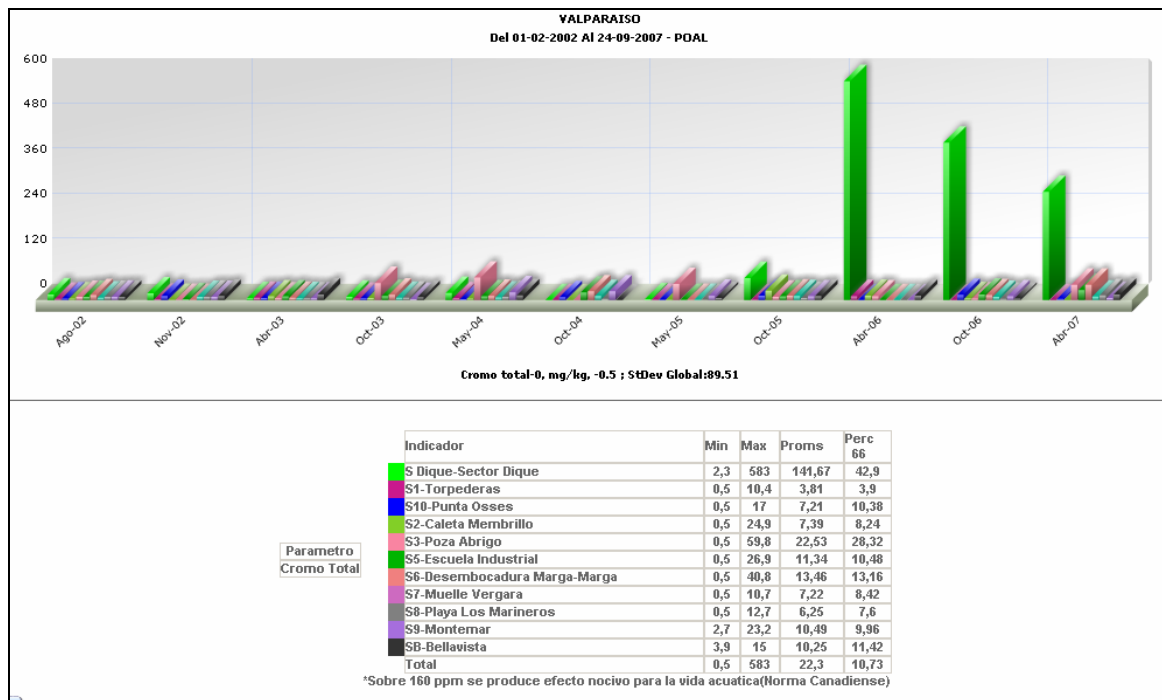


Gráfico N° 2.103 comportamiento ambiental de Cromo total (ppm) en sedimentos

En las últimas tres campañas de vigilancia los sedimentos se encontraron contaminados por cromo en la estación del dique (estación SDique) con un máximo de 583 ppm, estos es, más de 5 veces el valor umbral, hecho registrado en abril de 2006 y disminuyendo escasamente hacia abril de 2007. Estas concentraciones están por sobre el umbral de 160 ppm. Las demás estaciones mantuvieron buenas condiciones de calidad de los sedimentos en cuanto al metal pesado cromo.

#### Plomo Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.104 muestra el comportamiento de las concentraciones de plomo en sedimentos obtenidas en 11 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007 en la bahía de Valparaíso.

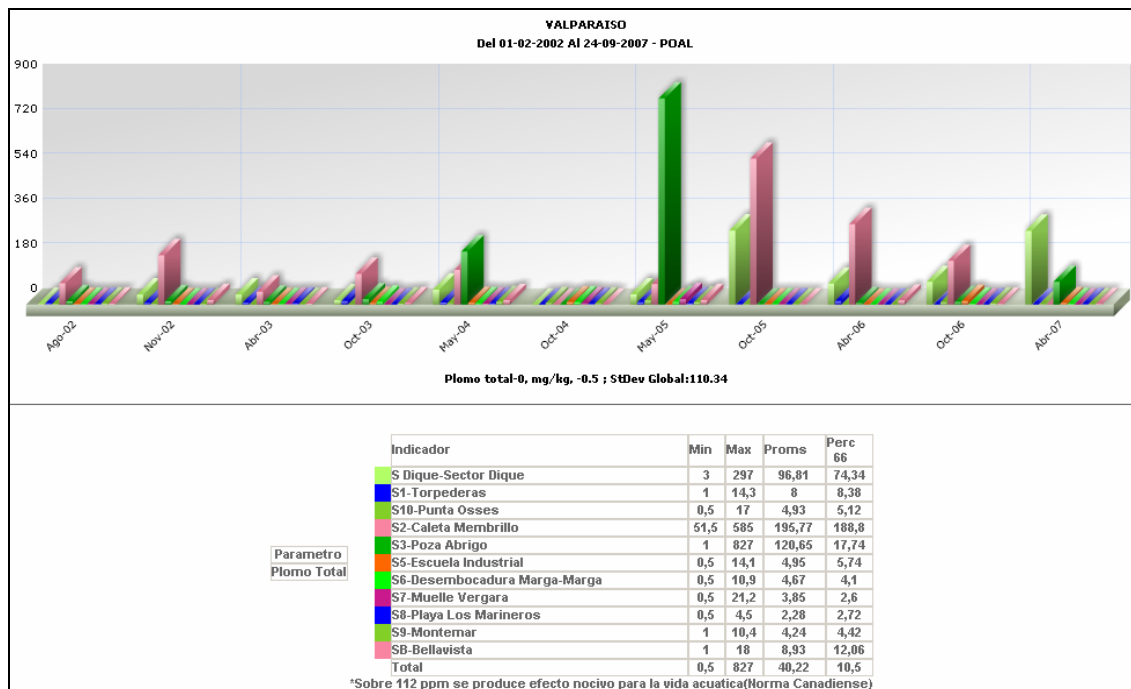


Gráfico 2.104 Comportamiento ambiental de plomo total (ppm) en sedimentos

Similar a lo ocurrido con el cromo, las concentraciones de plomo están por sobre el valor referencial de 112 ppm hacia la segunda mitad del período de vigilancia. Las estaciones más contaminadas son la estación Dique (SDique) Caleta El Membrillo (S2) y Poza de Abrigo (S3), siendo esta última la que registró el contenido más alto, de 827 ppm, es decir 8 veces el valor límite. Con estos antecedentes, los sedimentos de la bahía de Valparaíso manifiestan sedimentos contaminados en correspondencia a los sitios de mayor actividad portuaria y, probablemente, de descargas directas al mar (Las Torpederas).

#### Cobre Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.105 muestra el comportamiento de las concentraciones de cobre en sedimentos obtenidas en 11 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia ambiental costera del 2002 al 2007 en la bahía de Valparaíso.

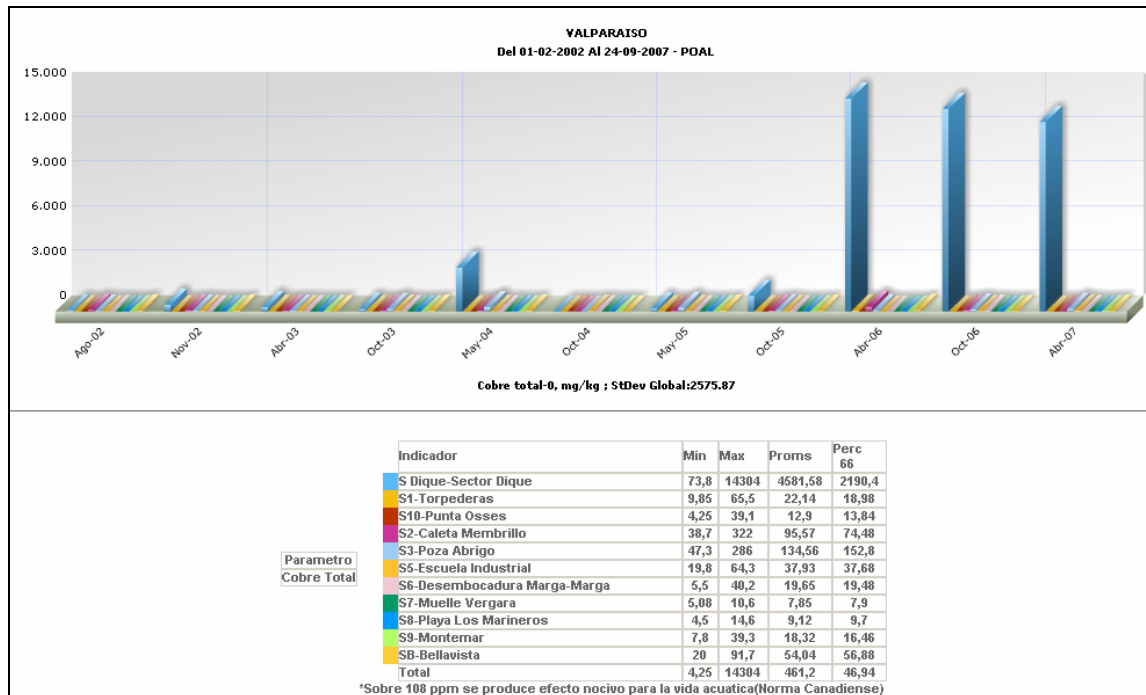


Gráfico 2.105 Comportamiento ambiental de cobre total (ppm) en sedimentos

La estación SDique (Sector Dique) registró contenidos muy elevados de cobre en sedimentos. El máximo valor encontrado es cercano a 14.300 ppm lo que significa 14 g de cobre por cada kilogramo de sedimento. Las estaciones restantes no registraron contaminación por cobre.

#### Zinc Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.106 muestra el comportamiento de las concentraciones de zinc en sedimentos obtenidas en 11 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia ambiental costera del 2002 al 2007 en la bahía de Valparaíso.

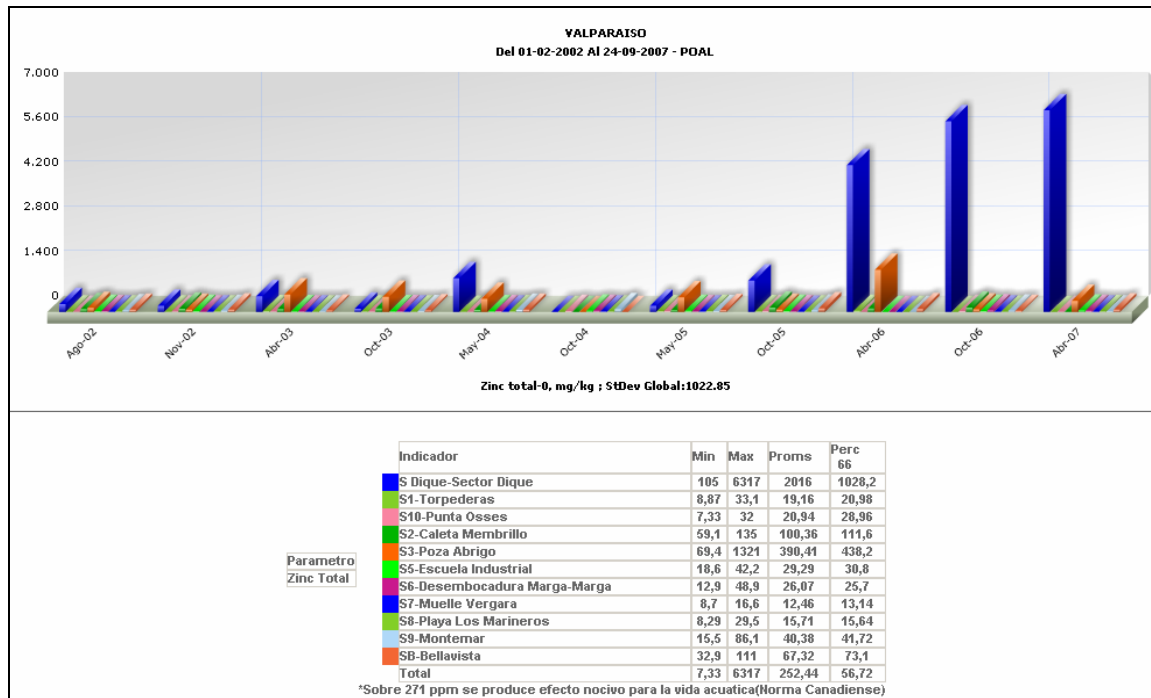


Gráfico 2.106 comportamiento ambiental de zinc total (ppm) en sedimentos

El Zinc también estuvo presente en forma importante en los sedimentos del sector Dique y Poza de Abrigo, precisamente donde se concentra la actividad portuaria de la bahía de Valparaíso. La primera registró en una oportunidad (abril 2007) valores mayores a 6.300 ppm (promedio 2.016 ppm). La segunda superó las 1.300 ppm también en una oportunidad (abril 2006). Si tomamos en cuenta que el valor referencial para el zinc es de 271 ppm, claramente los sedimentos de la zona portuaria deben ser considerados como “contaminados” con este metal pesado.

#### Fósforo Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.107 muestra el comportamiento del fósforo total en sedimentos, muestras obtenidas en 11 estaciones durante las campañas de vigilancia ambiental costera del 2002 al 2007 en la bahía de Valparaíso.

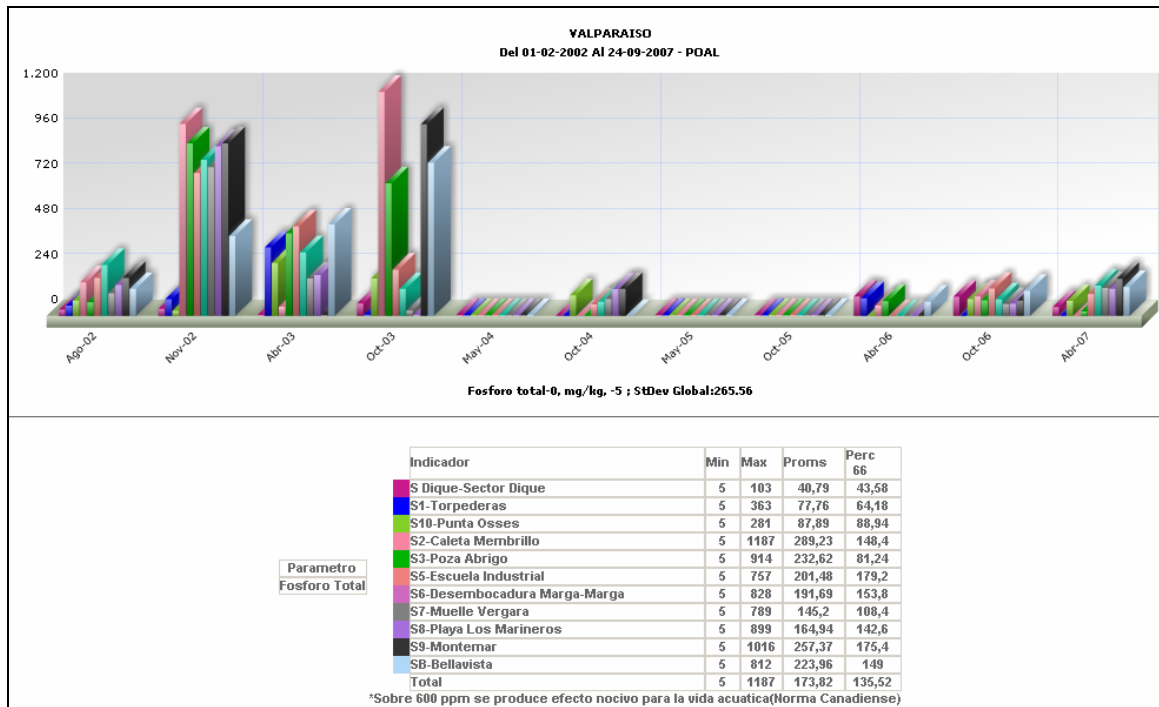


Gráfico 2.107 comportamiento ambiental de fósforo total (ppm) en sedimentos

Entre los años 2002 y 2003 se detectaron las mayores concentraciones de fósforo total en la mayoría de las estaciones de sedimento, con máximos que incluso superaron el umbral de calidad para este parámetro de 600 ppm. La situación cambió a partir del año 2004, decreciendo en las campañas siguientes, obteniéndose valores bajo el criterio de calidad para este parámetro de 600 ppm.

#### Nitrógeno Total Kjeldahl en Sedimentos

El gráfico N° 2.108 muestra el comportamiento de nitrógeno total en sedimentos, obtenido en 11 estaciones durante las campañas de vigilancia ambiental costera del 2002 al 2007 en la bahía de Valparaíso.

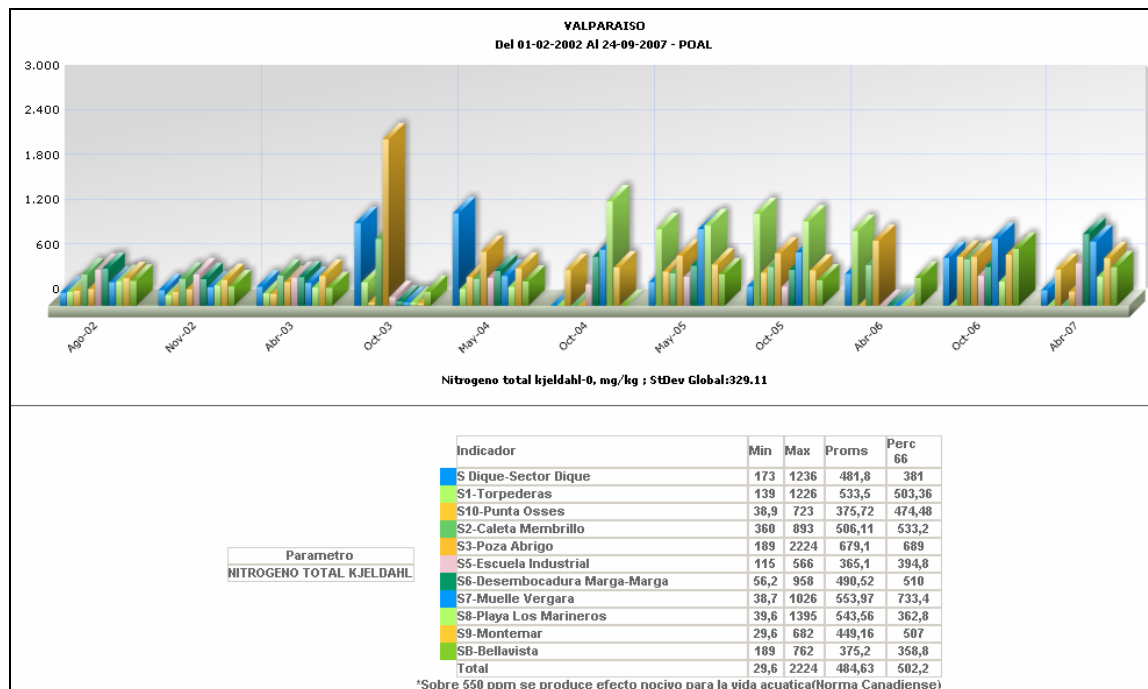


Gráfico 2.108 comportamiento ambiental de nitrógeno total kjeldahl (ppm) en sedimentos

La poza de abrigo presenta los índices más altos de nitrógeno en sedimentos de todas las estaciones bajo estudio. Como muestra el gráfico, el sedimento de las estaciones S3 (Poza Abrigo) y S7 (Muelle Vergara) muestran altos contenidos de nitrógeno, superando su promedio el umbral crónico propuesto de 550 ppm. En general las estaciones restantes mantienen una condición de contaminación moderada en la Bahía de Valparaíso, no obstante presentar valores muy altos de manera puntual, como el sector Dique, Playa Torpederas, Playa Los Marineros, por nombrar las mayores concentraciones.

Se puede concluir entonces que los sedimentos de la bahía de Valparaíso se encuentran contaminados con descargas orgánicas con un aporte de nitrógeno importante distribuido a lo largo del sublitoral.

#### Materia Orgánica en Sedimentos:

El gráfico N° 2.109 muestra el comportamiento de la materia orgánica en sedimentos, obtenido en las campañas de vigilancia ambiental costera del 2002 al 2007 en la bahía de Valparaíso.

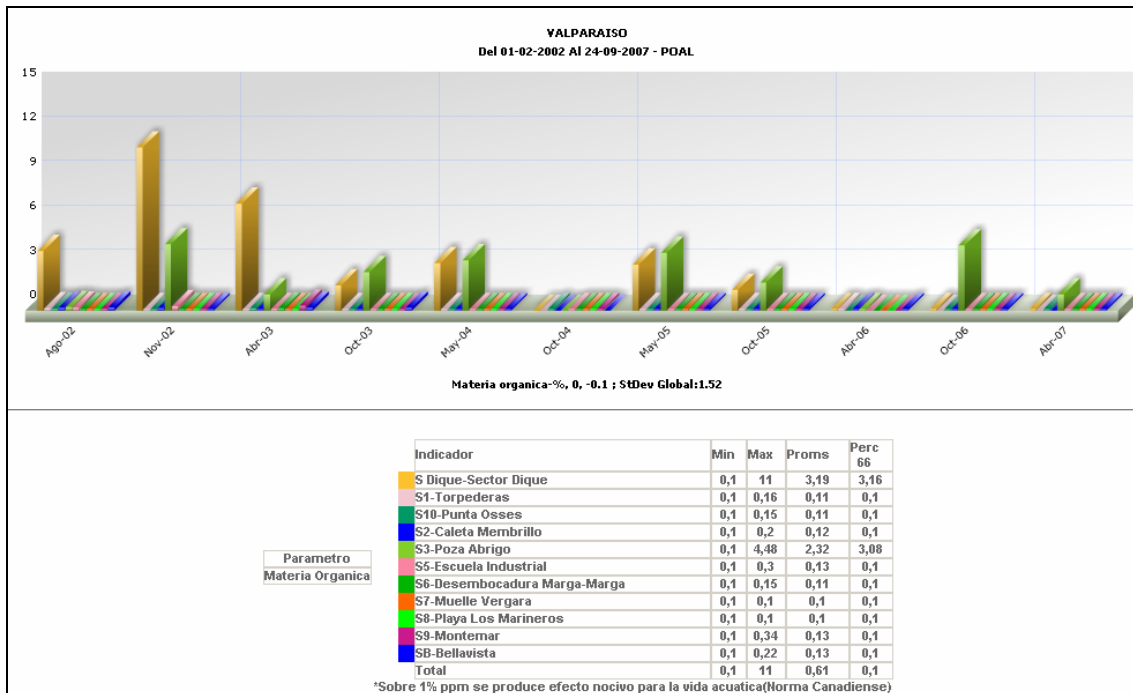


Gráfico 2.109 comportamiento ambiental de materia orgánica (%) en sedimentos

Únicamente la estación S3 (Poza Abrigo), presentó una acumulación de materia orgánica en sedimentos por sobre el umbral referencial propuesto para este compuesto de 1%. No hay presencia importante de materia orgánica que pudiera tener significancia ambiental para las condiciones ambientales de los sedimentos.

#### Hidrocarburos Totales en Sedimentos:

El gráfico N° 2.110 muestra el comportamiento de la hidrocarburos en sedimentos, obtenido en las campañas de vigilancia ambiental costera del 2002 al 2007 en la bahía de Valparaíso.

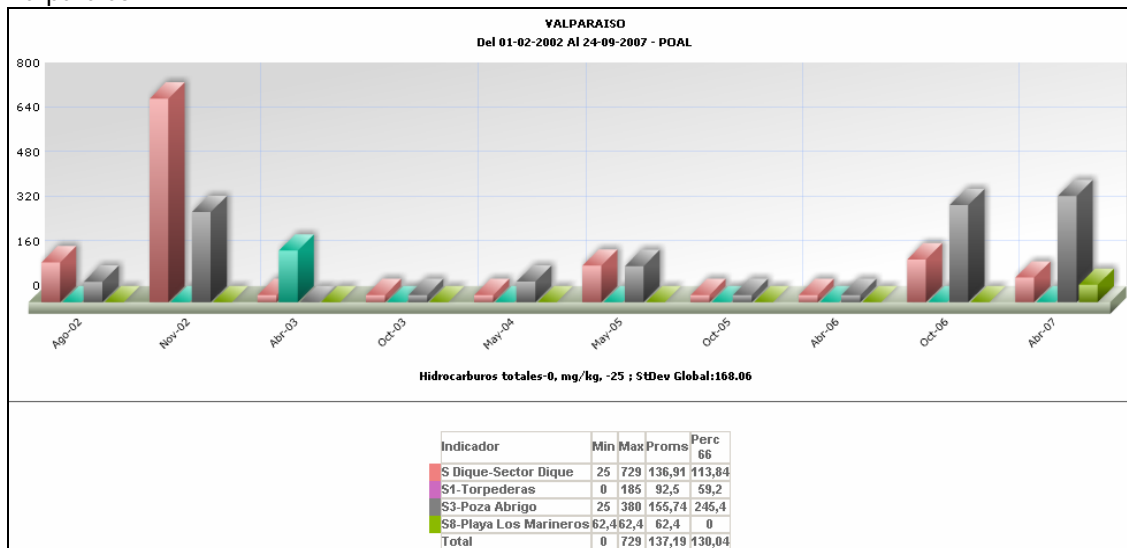


Gráfico 2.110 comportamiento ambiental de hidrocarburos totales (ppm) en sedimentos

Las estaciones S Dique (Sector Dique) y S3 (Poza Abrigo) son las que han mostrado las concentraciones más altas de toda el área muestreada, entregando una evidencia más del impacto que significa la actividad portuaria de Valparaíso.

#### F.4.- Clasificación ambiental de la calidad del agua

La comparación de los percentiles 66 obtenidos de los analitos obtenidos permiten definir la calidad de las aguas de la bahía de Valparaíso en una de las tres categorías propuestas por la Guía Conama. Estas categorías son: Clase 1, aguas de muy buena calidad; Clase 2, aguas de buena calidad y Clase 3, aguas de regular calidad.

A continuación, en la siguiente tabla resumen, se aplica esta clasificación de acuerdo a los resultados obtenidos en la vigilancia ambiental, tras 6 años de monitoreo de la calidad de las aguas de la bahía de Valparaíso.

Parámetros	A4 (Bellavista)	A6 (Desembocadura Marga-Marga)
Mercurio ppb	No se detecta	No se detecta
Cadmio ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Plomo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad
Cobre ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Zinc ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cromo ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Amonio ppm	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Coliformes Fecales NMP/100ml	Mala Calidad	Regular Calidad
Aceites y Grasas ppm	No se detecta	No se detecta

#### F.5.- Clasificación ambiental de la calidad de los sedimentos

En base a la comparación efectuada entre las concentraciones promedio determinadas en cada muestra tomada en los distintos puntos distribuidos en la Bahía de Valparaíso y las directrices referenciales propuestas a nivel internacional, es posible determinar en el cuerpo de agua, una condición normal (N), Moderada (M), o Contaminada (C) de los parámetros que identifican a continuación:

Parámetros	SDique (Sector Dique)	S1 (Torpederas)	S2 (Caleta Membreillo)	S3 (Poza Abrigo)	S5 (Escuela Industrial)	S6 (Desem. Marga Marga)	S7 (Muelle Vergara)	S8 (Playa Los Marineros)	S9 (Monte mar)	S10 (Punta Osses)	SB (Bella vista)
Mercurio ppm	Normal	Normal	Normal	Moderado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cadmio ppm	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Plomo ppm	Contaminado	Normal	Contaminado	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cobre ppm	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Zinc ppm	Contaminado	Normal	Normal	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal



Cromo ppm	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Nitrógeno total ppm	Modera do	Modera do	Modera do	Modera do	Modera do	Modera do	Contami nado	Contami nado	Modera do	Modera do	Modera do
Fósforo Total ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Materia Orgánica %	Modera do	Normal	Normal	Contami nado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

#### F.6.- Discusión de Resultados Obtenidos en Agua y Sedimentos

En la Figura N° 16, se aprecian las actividades económicas que se desarrollan en el borde costero de la Bahía de Valparaíso, y que están cercanas a las estaciones que se miden en P.O.A.L.

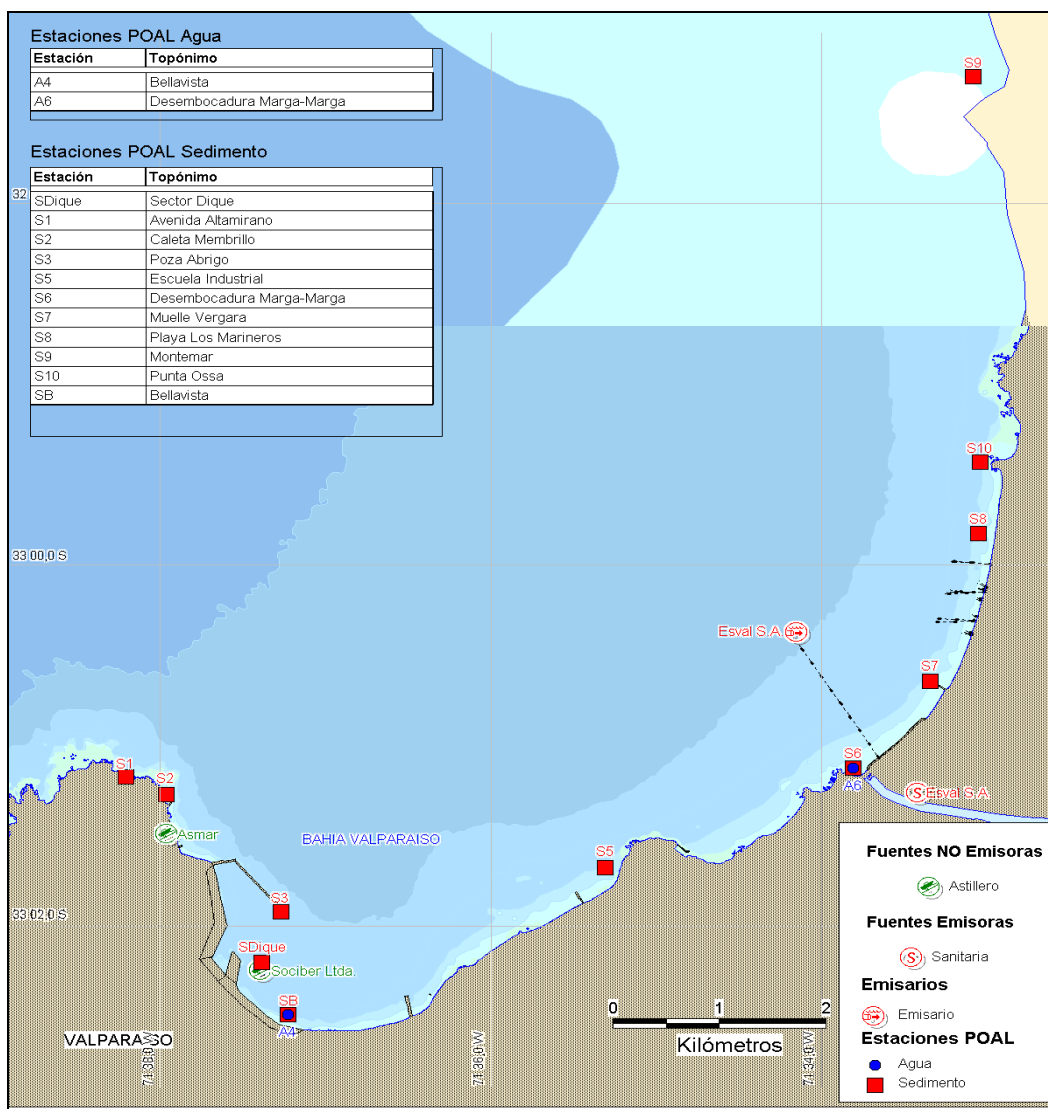


Figura N° 16: Actividades antrópicas desarrolladas en el borde costero de Bahía Valparaíso

Se ha podido detectar en las aguas de la bahía de Valparaíso una baja calidad microbiológica pero particularmente una muy mala calidad de los sedimentos, los que muestran fuerte contaminación por metales pesados, hidrocarburos y materia orgánica.

La estación Bellavista (A4), mostró los mayores contenidos de coliformes fecales, especialmente durante la campaña del 2006, afectando directamente la calidad microbiológica del agua de mar. En tanto los niveles de plomo en agua clasifican la bahía sólo en la Clase 2, agua de buena calidad.

Los sedimentos muestran un fuerte deterioro ambiental, tal como lo corroboran los altos contenidos de metales pesados (cadmio, cromo, plomo, cobre y zinc) principalmente en el Sector del Dique y Poza Abrigo, en este último sector los metales más críticos fueron plomo y zinc, ambos sectores están en un área de gran actividad portuaria, donde se efectúan procesos de reparación y mantención de embarcaciones.

Los sedimentos de la bahía muestran el aporte histórico de aguas residuales que fueron vertidas al mar directamente durante años sin tratamiento. Los contenidos de nutrientes detectadas durante estos 6 años de vigilancia ambiental son la demostración de lo anterior. La mayoría de los sectores monitoreados tienen una condición moderada de nitrógeno que si bien no genera un efecto nocivo podrían ocurrir procesos a futuro en donde se generen zonas anóxicas que afecten la vida acuática.

Las zonas más afectadas por contenidos de nitrógeno corresponden a Poza Abrigo, Escuela Industrial, Desembocadura Marga Marga y Muelle Vergara, provenientes de los aportes generados por descargas de aguas servidas ilegales que no están conectadas al sistema de alcantarillado, además de las actividades de faenamiento de pescado que se efectúa en las caletas de pescadores.

#### **F.7.- Conclusiones**

Los análisis de agua en los sectores de Bellavista y Desembocadura Marga Marga, permiten concluir que:

1. El sector de Bellavista es el que presenta concentraciones más altas de coliformes fecales. Lo anterior se debe a descargas de aguas servidas no conectadas al sistema de alcantarillado, es decir, se trataría de descargas ilegales. Esto genera una alta actividad microbiológica en el sector.
2. Marga Marga por otra parte, si bien presenta una calidad ambiental regular, los recuentos de coliformes son mucho menores a los detectados en Bellavista.
3. Los otros parámetros, metales pesados, aceite y grasas e hidrocarburos, no mostraron valores significativos que pudieran indicar un impacto sobre las aguas de la bahía.

En tanto los resultados obtenidos en sedimentos indican las reales condiciones de impacto ambiental que ha soportado la bahía de Valparaíso como consecuencia de una actividad portuaria creciente y sostenida. El análisis de contaminantes realizados en los sedimentos de la bahía de Valparaíso permiten concluir lo siguiente:

4. Los sedimentos presentaron signos evidentes de contaminación por metales pesados focalizada en el Sector del Dique y la Poza de Abrigo. Las mayores concentraciones de metales pesados ocurren allí donde se concentra la actividad portuaria y de astilleros. Los sedimentos están contaminados por cadmio, cromo, zinc, plomo y cobre, alcanzando este último concentraciones superiores a 14 kg de cobre por tonelada de sedimento (14.300 ppm) siendo el valor límite sólo de 108 g por tonelada de sedimento.
5. La sobrecarga orgánica de los fondos estuvo asociada a sectores en donde se realizan faenas pesqueras artesanales (caleta de pescadores), como así también a sectores en donde existen descargas de residuos líquidos domésticos o aportes provenientes de las descargas de aguas-lluvias.
6. A los procesos de contaminación metalogénica y orgánica, también se agrega en el sector portuario el aporte de hidrocarburos provenientes de la actividad naviera, siendo los sectores más afectados Poza Abrigo y Dique, detectándose en ellos altos niveles de este tipo de compuestos.

## BAHÍA DE QUINTERO



## II.2.7.- BAHÍA DE QUINTERO

A continuación se entregan los resultados obtenidos luego de 6 años de análisis de contaminantes en agua y sedimentos en la Bahía de Quintero.

### A.- Ubicación Puntos de Muestreo:

La Bahía de Quintero tiene 4 estaciones de muestreo de agua y 9 estaciones de muestreo de sedimentos, cuyas coordenadas geográficas y topónimos respectivos son los siguientes:

QUINTERO				
EST.	LAT. SUR	LONG OESTE	PROF	NOMBRE LOCAL
A4	32°44'36.6"	71°29'28"	<20	Caleta Ventana
A5	32°45'50.4"	71°29'25"	13	Muelle ENAP (RPC)
A6	32°46'24.6"	71°31'08"	<20	Caleta Quintero
A10	32°45'30.6"	71°30'55"	48	Superboyta (RPC)
S3	32°46'37.2"	71°30'56"	10	El Bato
S4	32°46'31.8"	71°30'22"	15	Rocas de Loncura
S5	32°45'52"	71°29'29"	11	Muelle ENAP (RPC)
S6	32°44'55.8"	71°29'22"	12	Lado Sur Muelle Ventanas
S7	32°44'36.6"	71°29'28"	9	Caleta Ventanas
S8	32°44'27"	71°29'18"	20	Punta Ventanilla
SA	32°46'09"	71°31'15"	20	Rocas Estrella
SB	32°46'36.6"	71°31'20"	5	Caleta Quintero
SS1	32°45'15"	71°29'24"	20	Centro Norte

Según la conformación topográfica del borde costero, este cuerpo de agua es clasificado en la categoría de protegido. En la Figura N°17 se representa la distribución de los puntos de muestreo del cuerpo de agua.

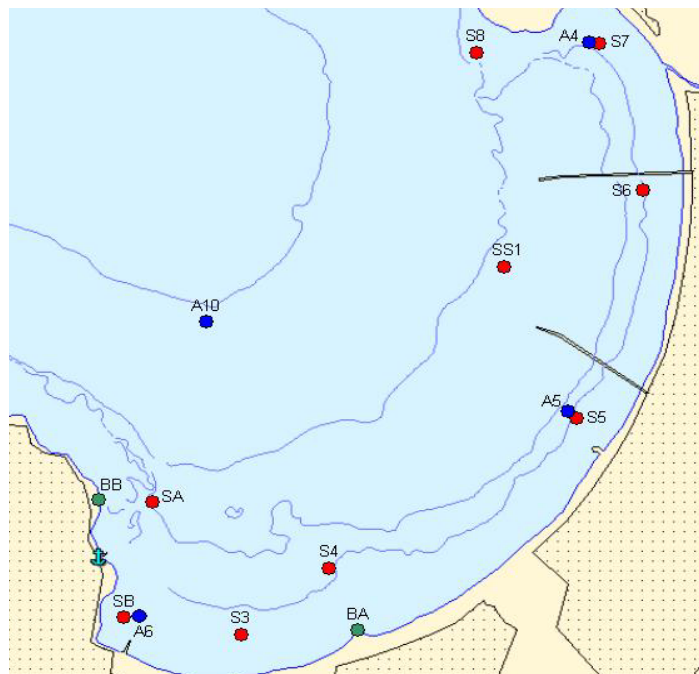


FIGURA N° 17: Estaciones de muestreo en distribuidas en la Bahía de Quintero.

## B.- Análisis Muestras de Agua:

### Mercurio Total en Agua:

Los datos analizados corresponden a las campañas semestrales realizadas desde el 2002 al 2007, y se aprecian en el gráfico N° 2.111.

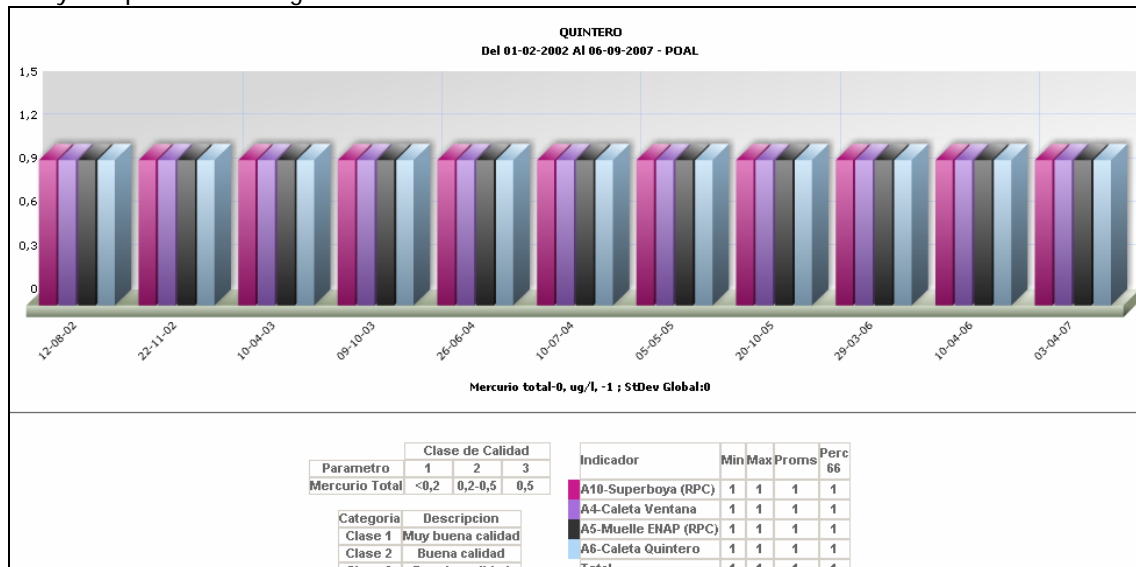


Gráfico N° 2.111 Comportamiento ambiental de mercurio (ppb) en agua de mar

No se detectó mercurio en agua de mar en la bahía de Quintero. El valor observado corresponde al límite de detección de < 1 ppb.

### Plomo Total y Cromo Total en Agua:

Los gráficos N°2.112 y N°2.113 muestran las variaciones de plomo y cromo en las dos estaciones de agua de mar de la Bahía de Quintero obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

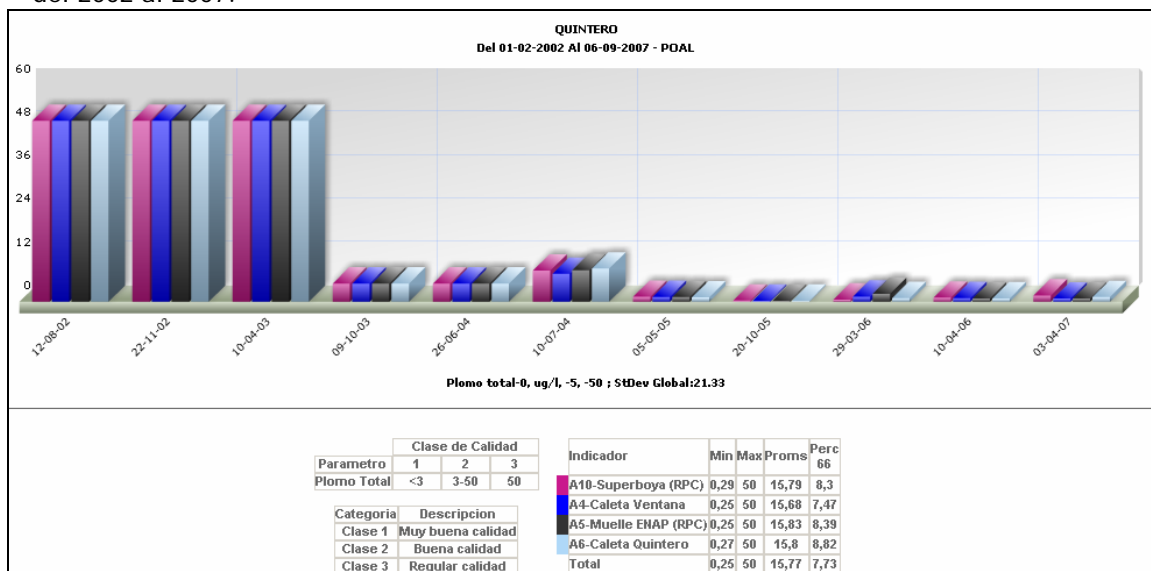


Gráfico N° 2.112 Comportamiento ambiental de plomo (ppb) en agua



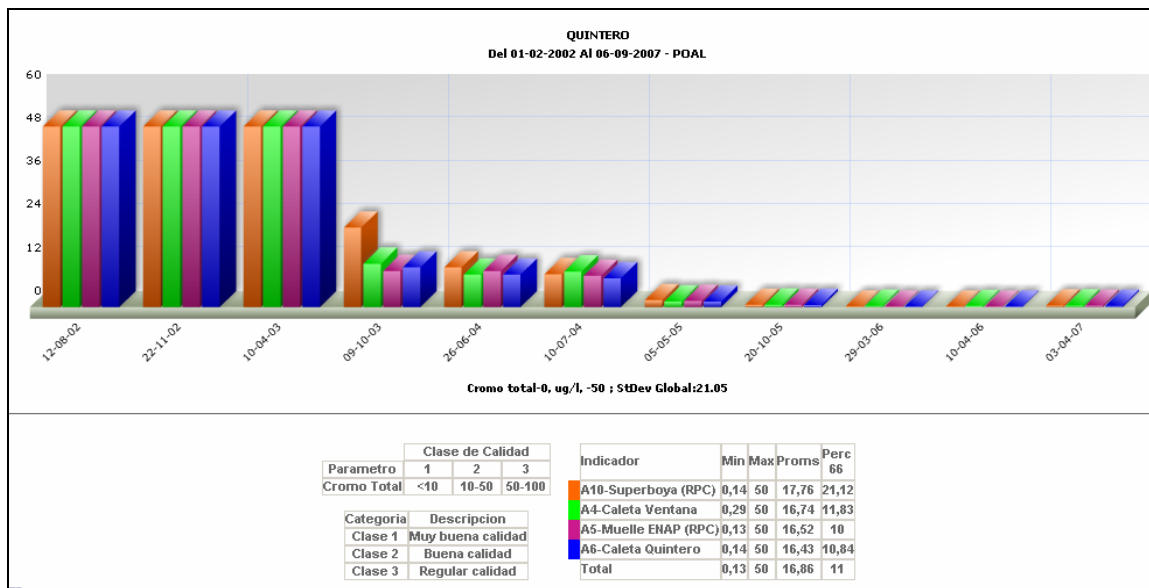


Gráfico N° 2.113 Comportamiento ambiental de cromo (ppb) en agua

Los contenidos de plomo y cromo en agua de mar siempre se mantuvieron bajos. Entre 2002 y parte de 2003 fueron inferiores al límite de detección (< 50 ppb). Los años siguientes, mejoró la técnica de análisis y continuaron siendo bajos, pudiendo clasificarse las aguas como de muy buena calidad (Clase 1) respecto a estos metales pesados. Sin embargo, de acuerdo al criterio conservador que se está aplicando, y dado que los límites de detección fueron más altos durante las tres primeras campañas, estos valores se consideran en los cálculos de los promedios clasificándose estas aguas por lo tanto sólo como de “buena calidad”.

#### Cadmio Total y Cobre Total En Agua:

Los gráficos N°2.114 y N°2.115 muestran las variaciones de cadmio y cobre en las cuatro estaciones de agua de mar de la Bahía de Quintero obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

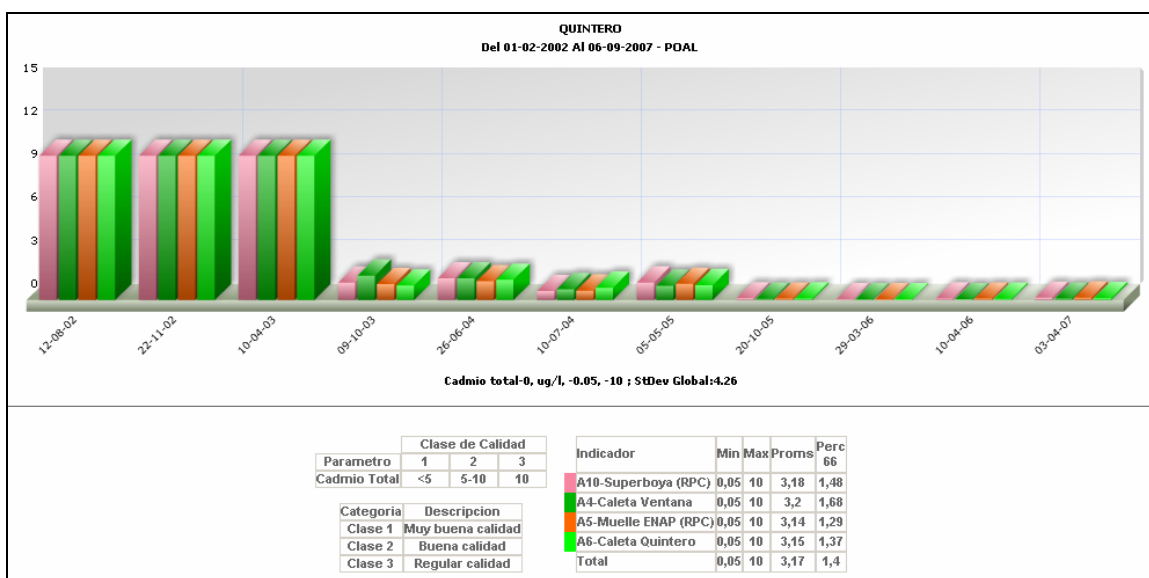


Gráfico N° 2.114 Comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua de mar

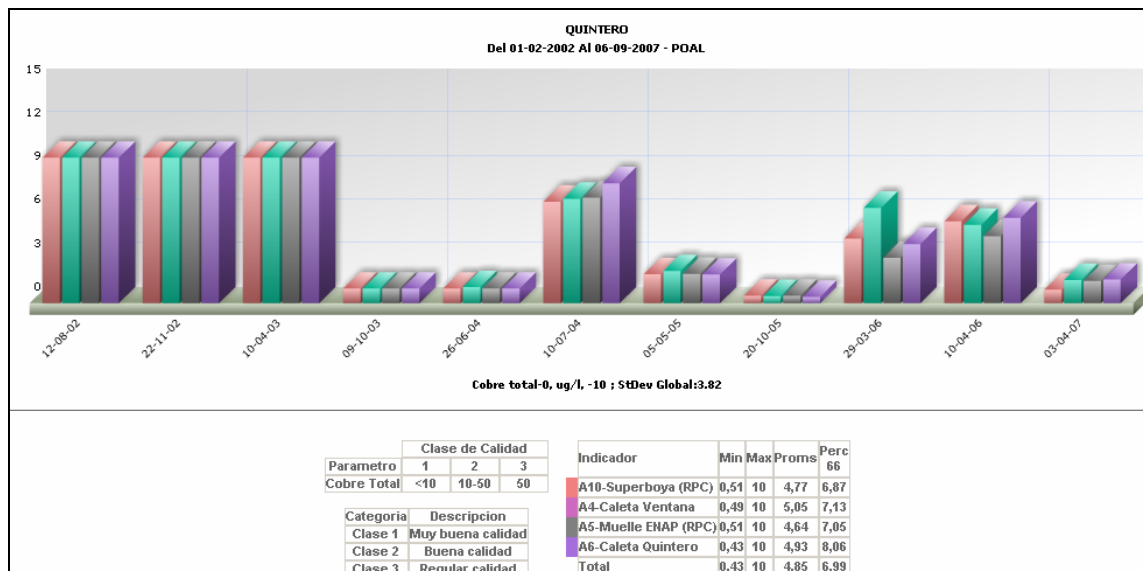


Gráfico N° 2.115 Comportamiento ambiental de cobre (ppb) en agua de mar

Similar a lo ocurrido con plomo y cromo, las concentraciones de cobre y cadmio no superaron los límites de detección entre los años 2002 y 2003. Posteriormente, éstas fueron bajas por lo que las aguas de Quintero pueden clasificarse como de “muy buena calidad” (Clase de calidad 1) respecto a cadmio y cobre.

#### Zinc Total en Agua:

El gráfico N°2.116 muestra las variaciones de zinc en las cuatro estaciones de agua de mar de la Bahía de Quintero obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

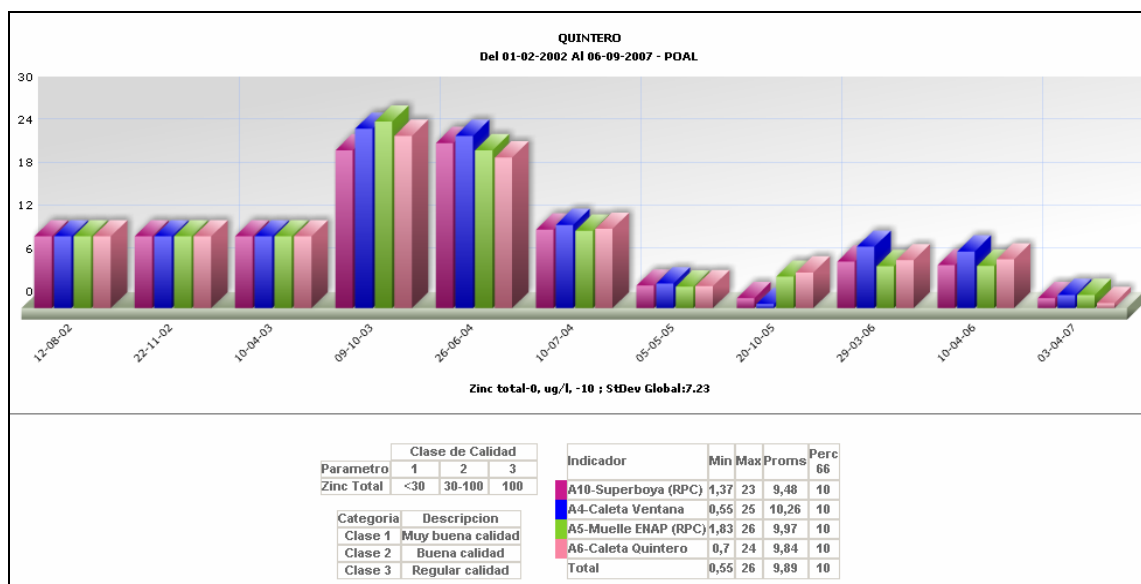


Gráfico N° 2.116 Comportamiento ambiental de zinc (ppb) en agua de mar

Las concentraciones de zinc encontradas permiten clasificar las aguas costeras de Quintero como de “muy buena calidad”. Los valores fueron bajos y siempre fueron inferiores al límite de la categoría más exigente (< 30 ppb). Los más altos se encontraron en la segunda campaña del 2003 y primera del 2004 en todas las estaciones, para disminuir las campañas posteriores.



**Amonio en Agua:**

El gráfico N°2.117 muestra el comportamiento de las concentraciones de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en las cuatro estaciones de agua de mar de la Bahía de Quintero obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

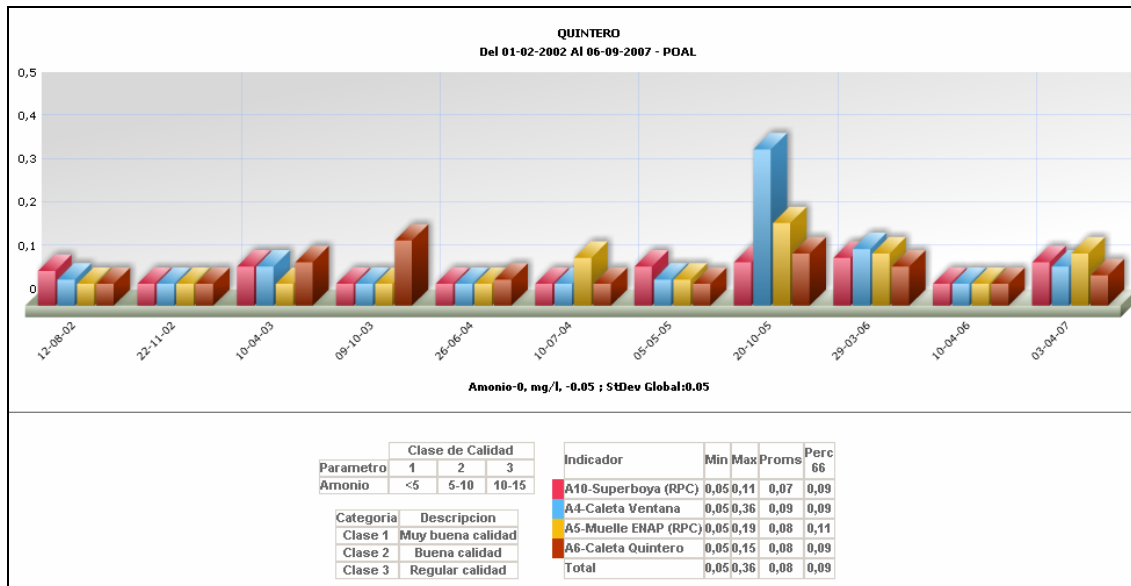


Gráfico N° 2.117 Comportamiento ambiental de amonio (ppm) en agua de mar

Las bajas magnitudes de amonio en las muestras de agua, muestran aguas de una clase de calidad muy buena. El valor más alto se registró en la estación A4 (Caleta Ventana) con 0.36 ppm (bajo el valor más exigente) durante la campaña del 2005.

**Aceites y Grasas en Agua de Mar:**

El gráfico N°2.118 muestra el comportamiento de las concentraciones de aceites y grasas en las cuatro estaciones de la bahía de Quintero obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

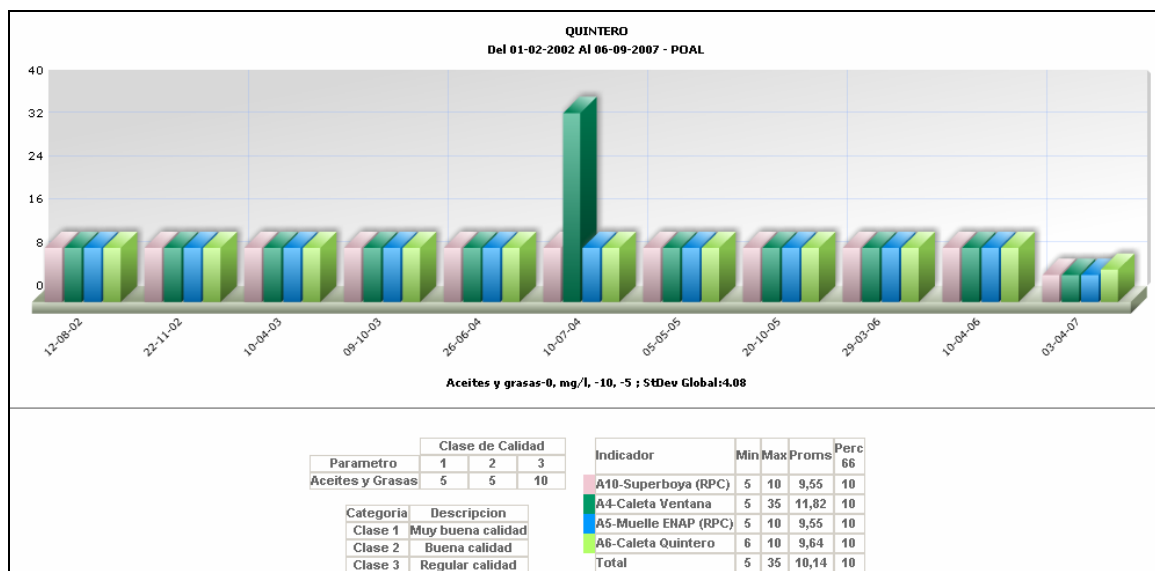


Gráfico N° 2.118 Comportamiento ambiental de aceites y grasas (ppm) en agua de mar

La mayoría de las veces las concentraciones de aceites y grasas estuvieron bajo los límites de detección. Sólo la estación A4 (Caleta Ventana), presentó un valor de 35 ppm, que excede lo señalado en la Guías CONAMA para la Clase 3, sin embargo este valor no volvió a aparecer y los muestreos siguientes las concentraciones estuvieron bajo el límite de detección. Con estos resultados, las aguas costeras de Quintero pueden clasificarse como de buena calidad para aceites y grasas.

#### Coliformes Fecales en Agua de Mar:

El gráfico N°2.119 muestra el comportamiento de los recuentos microbiológicos de coliformes fecales en las cuatro estaciones de agua de mar en Quintero obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

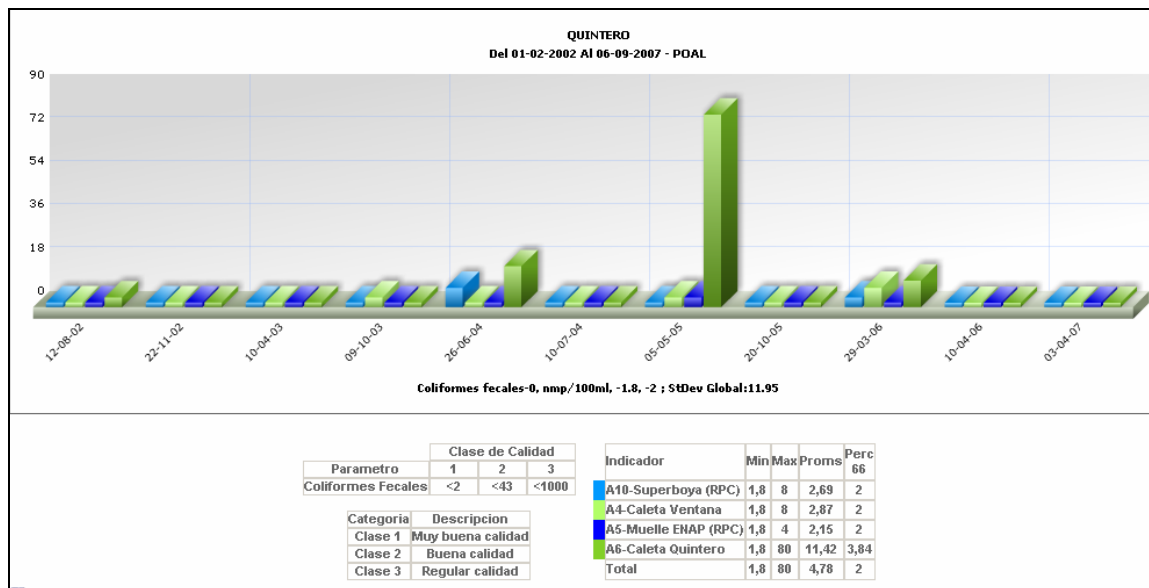


Gráfico N° 2.119 Comportamiento ambiental de Coliformes fecales (NMP/100ML) en agua

La estación A6 (Caleta Quintero) en el año 2005, fue la única que evidenció un valor de coliformes fecales mayor respecto de las otras estaciones, el cuál disminuyó las campañas siguientes.

#### C.- Análisis Muestras de Sedimento:

##### Mercurio total en Sedimentos:

El gráfico N°2.120 muestra el comportamiento de las concentraciones de mercurio en sedimento obtenidas en 9 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007 en la bahía de Quintero.

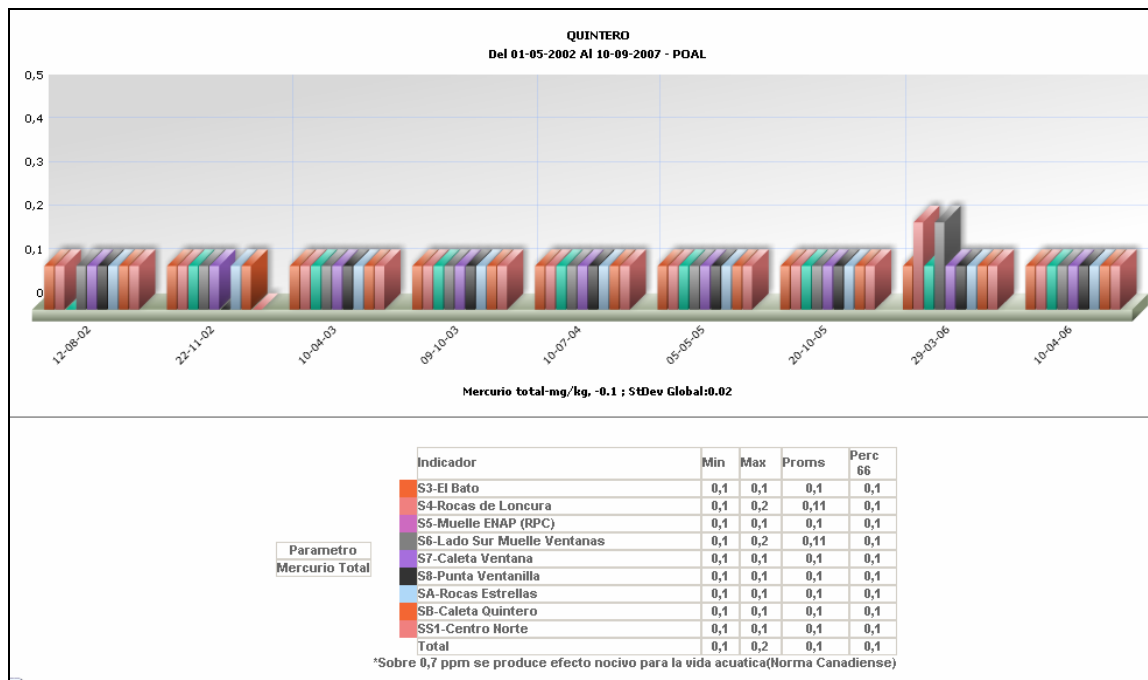


Gráfico N° 2.120 Comportamiento ambiental de mercurio total (ppm) en sedimentos

Los resultados de mercurio analizados en las muestras de sedimentos, dan cuenta de una condición normal, ya que los valores obtenidos están bajo el umbral señalado por la referencia canadiense de 0,7 ppm. En general los resultados obtenidos correspondieron al límite de detección del instrumental correspondiente a 0,01 ppm a excepción de dos estaciones sólo en la campaña de marzo 2006, valores que en todo caso, no superaron el umbral.

#### Cadmio total en Sedimentos:

El gráfico N°2.121 muestra el comportamiento de las concentraciones de cadmio en sedimento obtenidas en 9 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007 en la bahía de Quintero.

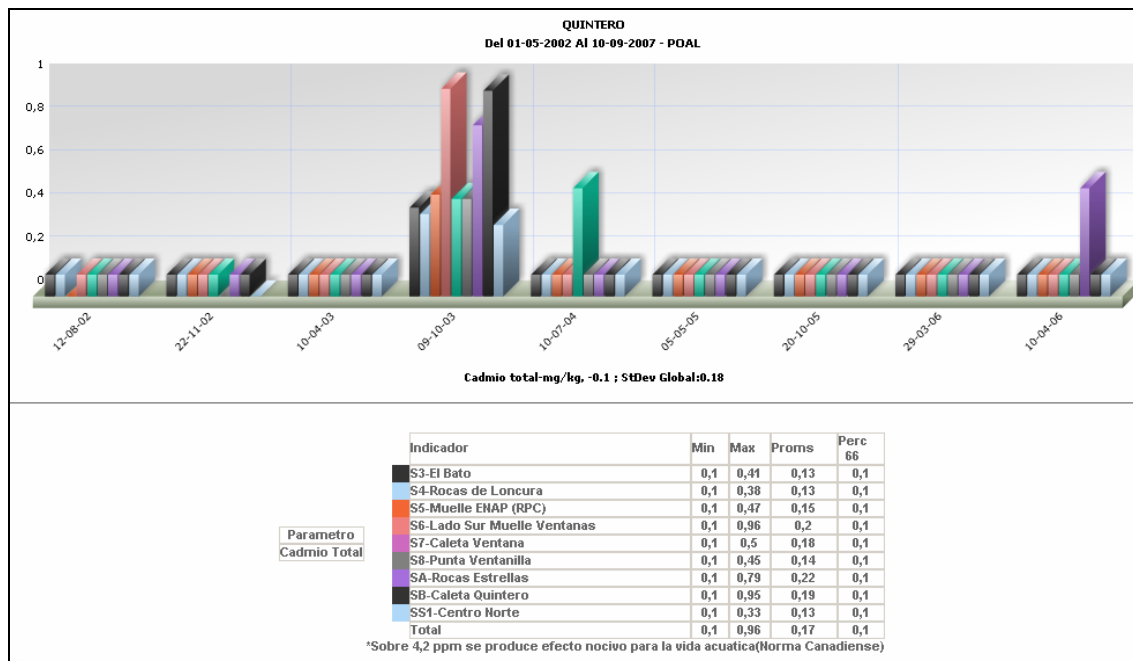


Gráfico N° 2.121 Comportamiento ambiental de cadmio total (ppm) en sedimentos

Los contenidos de cadmio detectados en las estaciones de sedimento siempre estuvieron bajo el umbral de 4,2 ppm, límite de comparación sobre el cual se producen efectos nocivos en la vida acuática.

#### Cromo total en Sedimentos:

El gráfico N°2.122 muestra el comportamiento de las concentraciones de cromo en sedimentos obtenidas en 9 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007 en la bahía de Quintero.

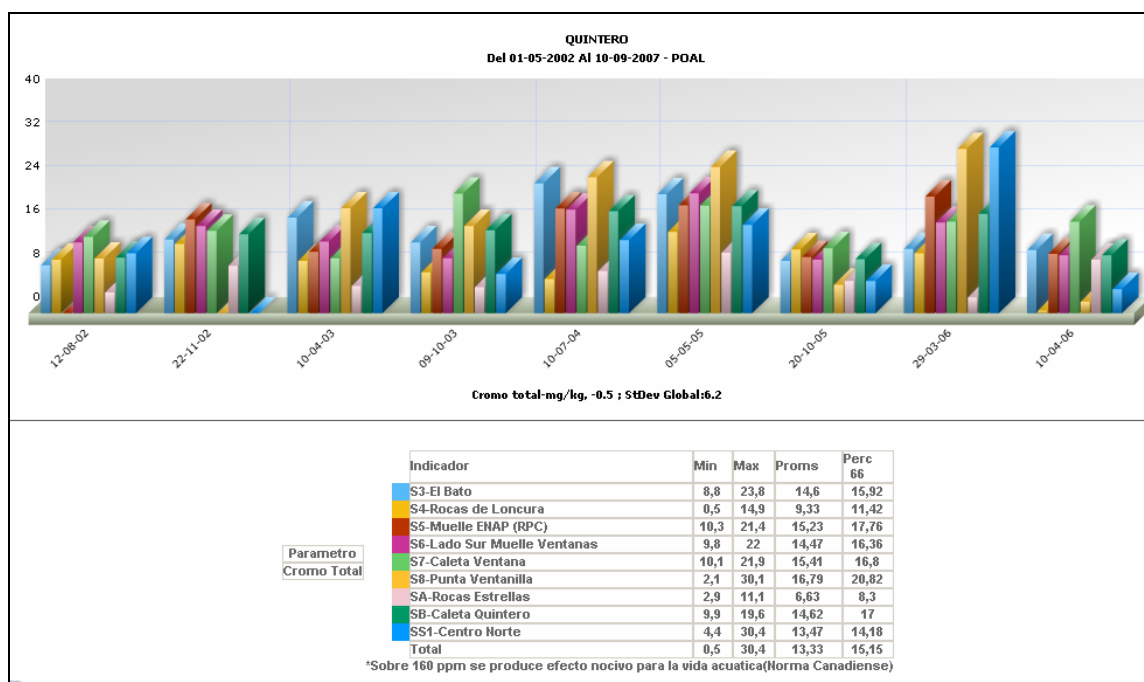


Gráfico N° 2.122 Comportamiento ambiental de cromo total (ppm) en sedimentos

Si bien las concentraciones de cromo no fueron homogéneas, cabe destacar que éstas estuvieron bajo el umbral de calidad de 160 ppm, no obstante los máximos de concentración se detectaron en las estaciones S8 (Punta Ventanilla) y SS1 (Centro Norte), con 30,1 ppm y 30,4 ppm respectivamente.

#### Plomo Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.123 muestra el comportamiento de las concentraciones de plomo en sedimentos obtenidas en 9 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007 en la bahía de Quintero.

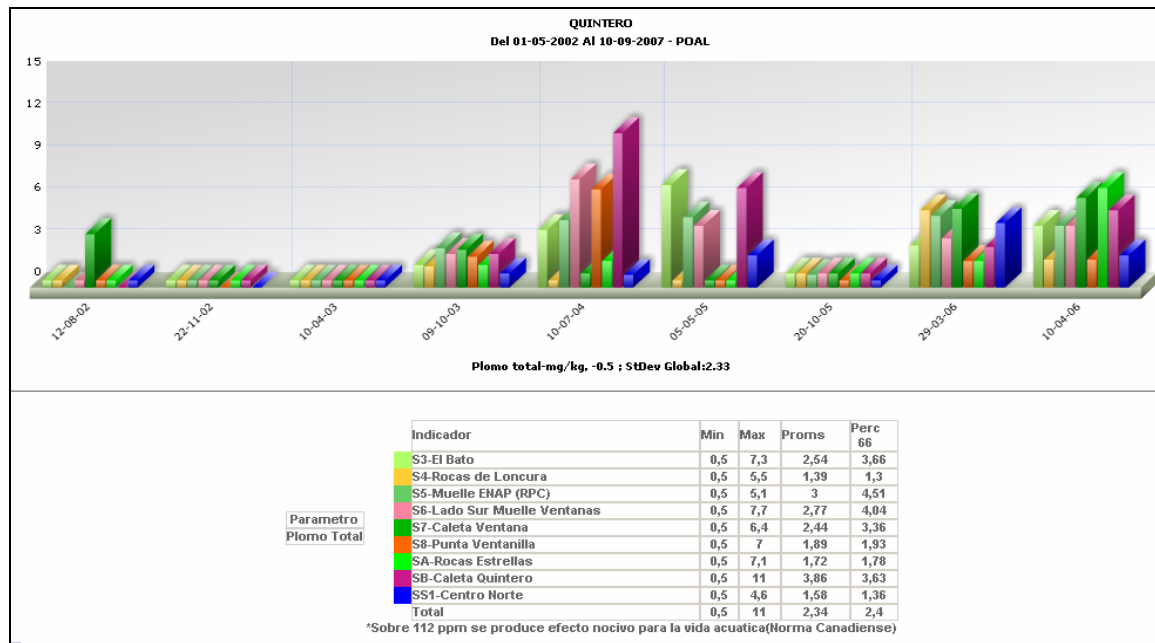


Gráfico N° 2.123 Comportamiento ambiental de plomo total (ppm) en sedimentos

Plomo también mostró contenidos por debajo del límite referencial de 112 ppm. Las concentraciones obtenidas no superaron las 10 ppm, a excepción de la estación SB (Caleta Quintero), que registró la concentración más alta, pero sólo de 11 ppm.

#### Cobre Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.124 muestra el comportamiento de las concentraciones de cobre en sedimentos obtenidas en 9 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia ambiental costera del 2002 al 2007 en la bahía de Quintero.

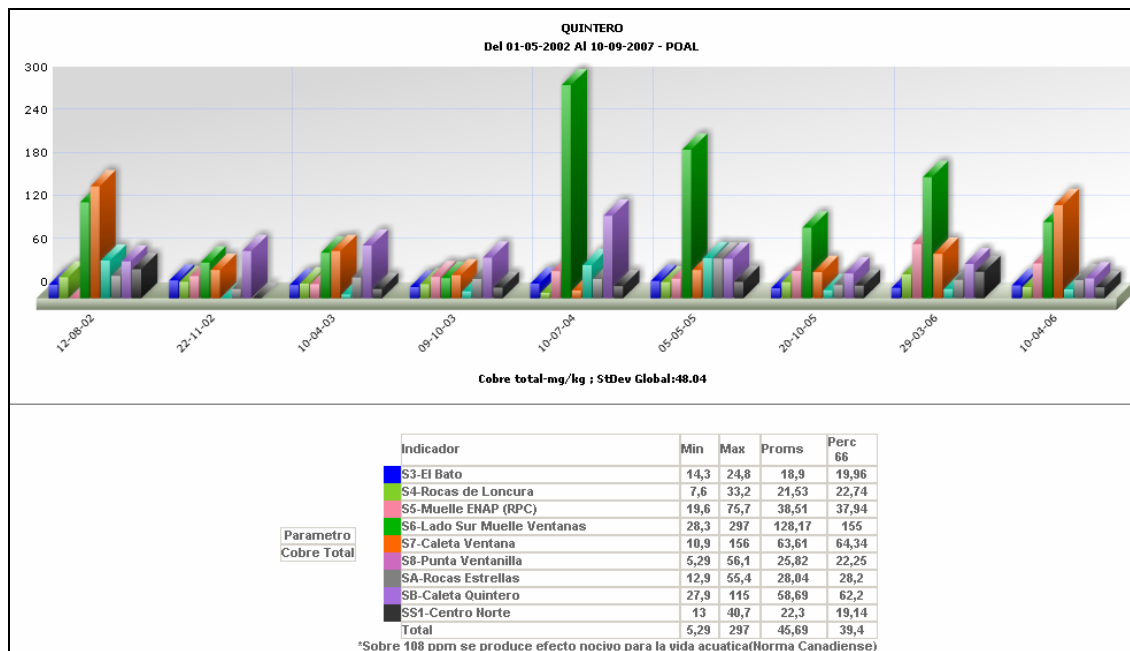


Gráfico N° 2.124 Comportamiento ambiental de cobre total (ppm) en sedimentos

La única estación que registró concentraciones de cobre por sobre el límite referencial de 108 ppm fue la estación S6 (Lado Sur Muelle Ventanas) con un máximo de 297 ppm el año 2004. Las siguientes campañas disminuyeron estas concentraciones, pero aún así continuaron siendo altas y por sobre el umbral. Bajo estas condiciones, los sedimentos al costado sur del muelle Ventanas son clasificados como “contaminados” por cobre.

#### Zinc Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.125 muestra el comportamiento de las concentraciones de zinc en sedimentos obtenidas en 9 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia ambiental costera del 2002 al 2007 en la bahía de Quintero.

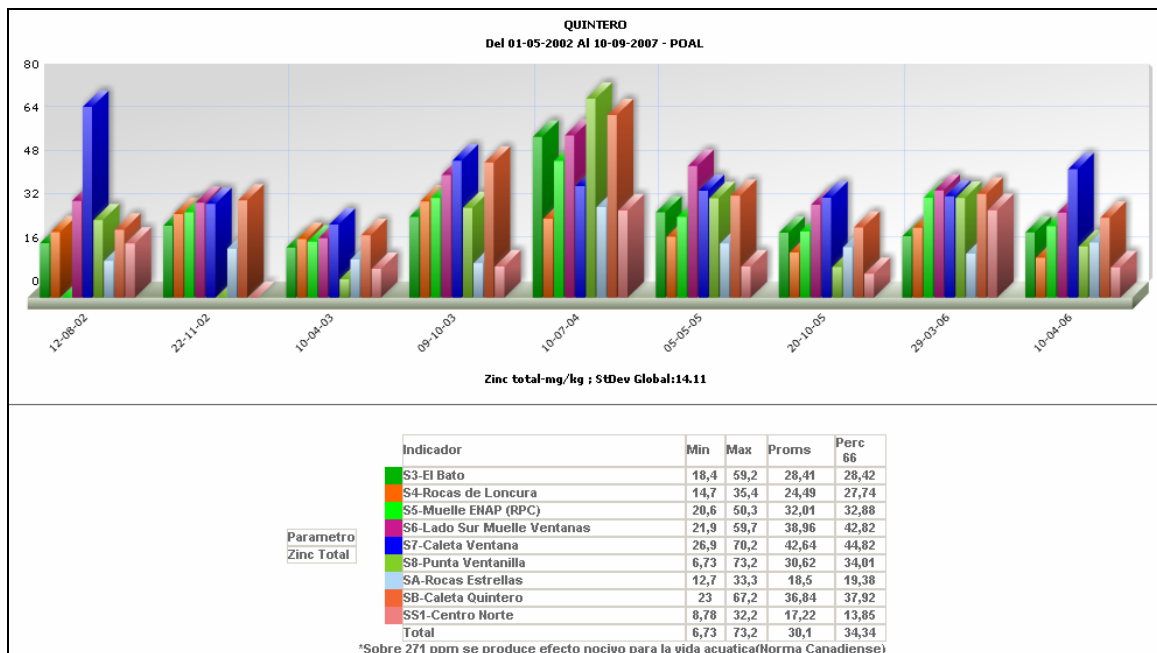


Gráfico N° 2.125 Comportamiento ambiental de zinc total (ppm) en sedimentos

Si bien, no se aprecia homogeneidad o tendencia en las concentraciones de zinc en los sedimentos, los contenidos registrados fueron siempre menores a lo establecido en la directriz referencial, que propone para este metal un máximo de 271 ppm, lo que permite clasificar estos sedimentos como “normales” respecto al zinc.

#### Fósforo Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.126 muestra el comportamiento del fósforo total en sedimentos, muestras obtenidas en 9 estaciones durante las campañas de vigilancia ambiental costera del 2002 al 2007 en la bahía de Quintero.

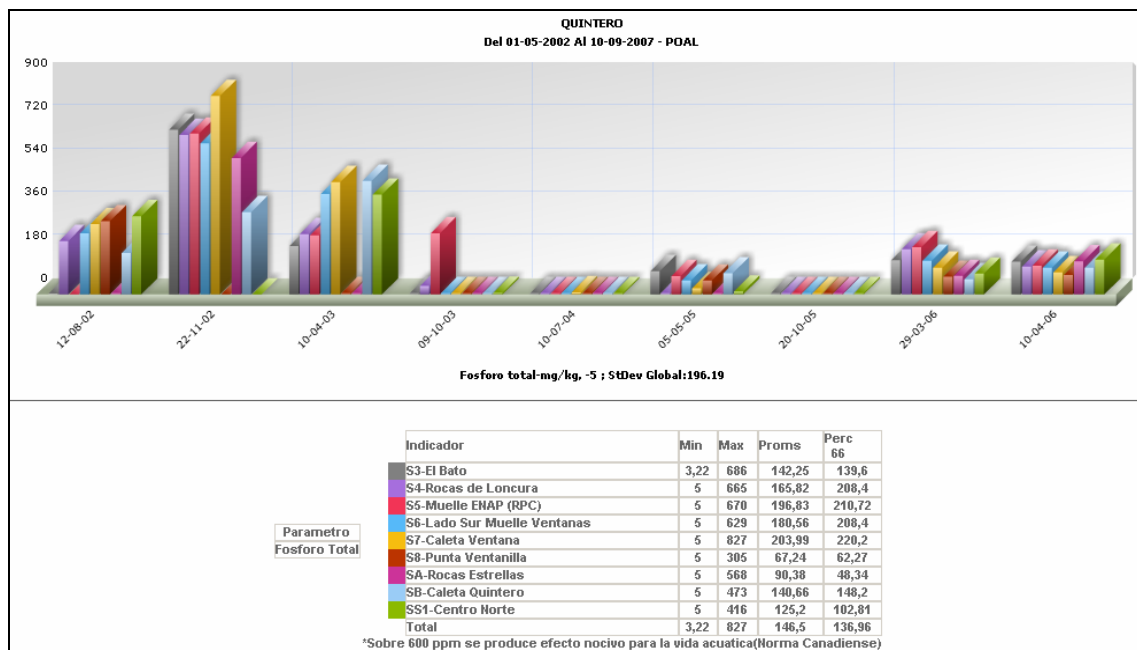


Gráfico N° 2.126 Comportamiento ambiental de fósforo total (ppm) en sedimentos

Solamente durante la segunda campaña del 2002 el fósforo total presentó altos valores en la mayoría de las estaciones de muestreo a excepción de las estaciones SS1 (Centro Norte) y S8 (Punta Ventanilla). Esta situación disminuyó en las campañas posteriores, a valores cercanos a los 200 ppm. Bajo estas condiciones, los sedimentos de la bahía de Quintero no muestran condiciones de eutrofización.

#### Nitrógeno Total Kjeldahl en Sedimentos:

El gráfico N° 2.127 muestra el comportamiento de nitrógeno total en sedimentos, obtenido en 9 estaciones durante las campañas de vigilancia ambiental costera del 2002 al 2007 en la bahía de Quintero.

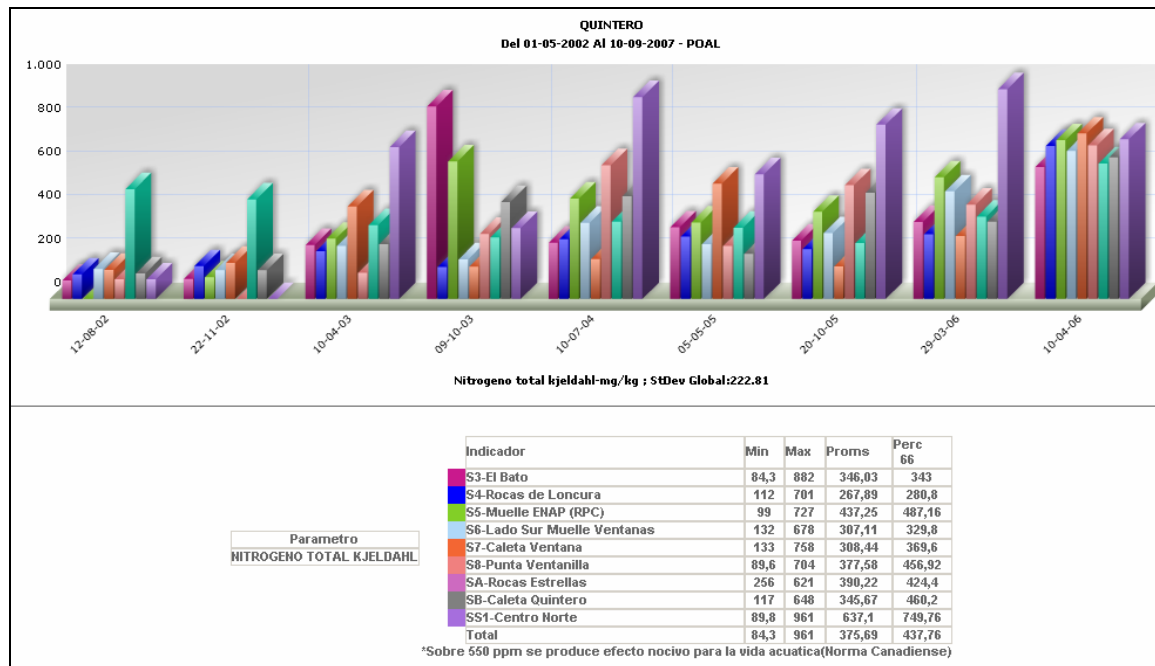


Gráfico N° 2.127 Comportamiento ambiental de nitrógeno total (ppm) en sedimentos

En el gráfico siguiente se evidencia que existen altos contenidos de nitrógeno en la matriz sedimentaria. Los máximos detectados en cada estación están sobre el umbral de 550 ppm. Sin embargo estos valores no se mantuvieron todo el período mostrando promedio menores al umbral a excepción de la estación SS1 (Centro Norte), cuyo promedio para todo el período sí está sobre el umbral, siendo por lo tanto la única área “contaminada”.

#### Materia Orgánica en Sedimentos:

El gráfico N° 2.128 muestra el comportamiento de la materia orgánica en sedimentos, obtenido en las campañas de vigilancia ambiental costera del 2002 al 2007 en la bahía de Quintero.



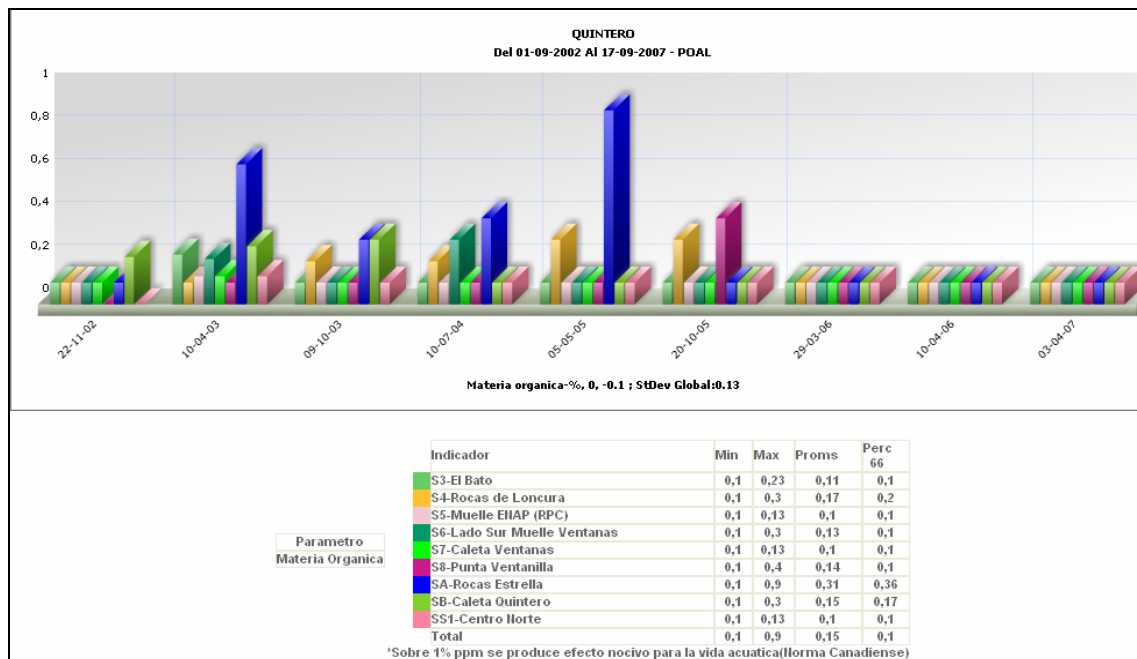


Gráfico N° 2.128 Comportamiento ambiental de materia orgánica (%) en sedimentos

Si bien la estación SA (Roca Estrella), presenta concentraciones más altas en comparación a los demás sectores, los valores de concentración detectados en la estación mencionada están bajo el umbral de referencia de 1%.

#### D.- Clasificación ambiental de la calidad del agua

Los resultados obtenidos en las muestras de agua, a través de los percentiles, fueron comparados con los valores límites propuestos en la Guía CONAMA. Esta metodología permite definir la calidad de las aguas de la bahía de Quintero en una de las tres categorías propuestas por la Guía Conama. Estas categorías son: Clase 1, aguas de muy buena calidad; Clase 2, aguas de buena calidad y Clase 3, aguas de regular calidad.

En la Tabla siguiente se presenta un resumen de los contenidos químicos analizados en agua y que fueron determinados en la Bahía de Quintero:

Parámetros	A4 (Caleta Ventana)	A5 (Muelle ENAP RPC)	A6 (Caleta Quintero)	A10 (Super Boya RPC)
Mercurio ppb	No se detecta	No se detecta	No se detecta	No se detecta
Cadmio ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Plomo ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cobre ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Zinc ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cromo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad
Amonio ppm	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena

	Calidad	Calidad	Calidad	Calidad
Coliformes Fecales NMP/100ml	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad
Aceites y Grasas ppm	No se detecta	Buena Calidad	No se detecta	No se detecta

En la Tabla se observa que la Bahía de Quintero presenta en general buenas condiciones de calidad de agua, lo cual puede llamar la atención, dada la gran actividad portuaria que posee la bahía. Esto puede deberse a condiciones propicias de dispersión y dilución en la columna de agua debido a corrientes litorales y régimen de mareas. Las condiciones de corrientes que se conocen para la bahía, sin embargo, más bien indicarían que cualquier contaminante podría ser retenido en los sedimentos, especialmente en aquellas zonas de más baja velocidad.

#### E.- Clasificación ambiental de la calidad de los sedimentos

Se compararon las concentraciones promedio determinadas en cada estación de la Bahía de Quintero con las directrices referenciales que establece la Norma Canadiense. De esta manera, fue posible clasificar los sedimentos de la bahía de Quintero con una condición Normal (N), Moderada (M), o Contaminada (C), según cada parámetro como se muestra a continuación:

Parámetros	S3 (El Bato)	S4 (Rocas de Loncura)	S5 (Muelle ENAP (RPC))	S6 (Lado Sur Muelle Ventanas)	S7 (Caleta Ventanas)	S8 (Punta Ventanilla)	SA (Rocas Estrella)	SB (Caleta Quintero)	SS1 (Centro Norte)
Mercurio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cadmio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Plomo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cobre ppm	Normal	Normal	Normal	Moderado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Zinc ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cromo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Nitrógeno total ppm	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Contaminado
Fósforo total ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Materia Orgánica %	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

El único parámetro que muestra niveles altos de concentración es el nitrógeno, indicando un problema de origen orgánico o de aguas servidas, más que originado por la actividad portuaria o de la industria costera. Con estos niveles de sedimentos nitrogenados, existe un riesgo de eutroficación en la bahía. Este será un riesgo mayor o menor dependiendo de los niveles de fósforo que posean los sedimentos. Observando los valores obtenidos tras estos 6 últimos años de vigilancia ambiental, este riesgo podrá controlarse enfatizando la fiscalización sobre las descargas de materia orgánica, principalmente de la industria pesquera (descargas con alto contenido proteico, por lo tanto de nitrógeno) y de las descargas de aguas servidas (descargas con alto contenido de fósforo).

## F.- Discusión de Resultados Obtenidos en Agua y Sedimentos

Sólo el plomo, el cobre y los coliformes fecales fueron los indicadores que mostraron una condición de “buena calidad” en agua de mar. Según señala la Guía CONAMA, correspondería a un agua apta para el desarrollo de actividades pesqueras.

Respecto de la matriz sedimentaria, ésta no refleja un deterioro en su calidad ambiental en forma extensiva, según el análisis desarrollado, sólo el sector SS1 (Centro Norte) cercano al sector portuario, se encuentra altamente enriquecido por nitrógeno, además este mismo parámetro presenta una condición de moderado en todas las estaciones de sedimentos.

Para poner en contexto los resultados que se presentan en este informe con las actividades industriales que se desarrollan en la bahía de Quintero, en la Figura N° 18 se muestran las actividades industriales desarrolladas en el borde costero de la Bahía de Quintero.

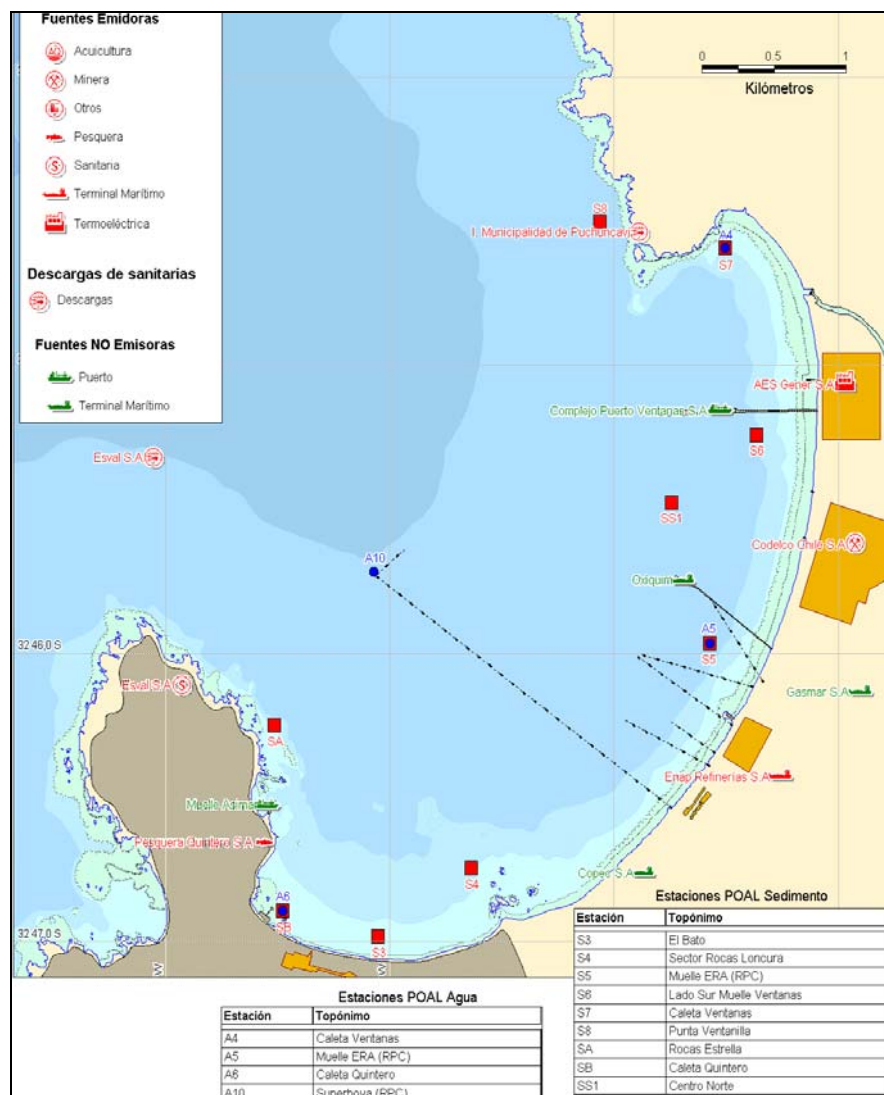


Figura N° 18: Actividades antrópicas desarrolladas en el borde costero de Bahía Quintero

## G.- Conclusiones

Los resultados obtenidos en las muestras de agua y sedimentos en las estaciones de muestreo permiten concluir que:

1. La matriz acuosa no revela la existencia de contaminación por metales pesados, materia orgánica, o microbiológica en la bahía de Quintero.
2. Contrariamente a lo esperado, la Bahía de Quintero no mostró una matriz sedimentaria contaminada y no presenta indicios de deterioro en su calidad ambiental. Sin embargo, deberá mantenerse una estrecha vigilancia y fiscalización para prevenir un aumento excesivo de fósforo y nitrógeno provenientes principalmente de la industria pesquera y sanitaria.
3. El sector correspondiente al Lado Sur Muelle Ventanas presenta niveles de enriquecimiento por cobre. Sin embargo, los valores detectados están bajo el umbral referencial, lo que implica que no hay efectos nocivos en la vida acuática. Aún así, la Autoridad Marítima mantendrá una vigilancia cercana sobre posibles fuentes de este metal.

# PUERTO DE SAN ANTONIO



## II.2.8.- PUERTO DE SAN ANTONIO

### A) Antecedentes Físicos

La Provincia de San Antonio se ubica en el extremo suroeste de la V Región de Valparaíso y está rodeada por la Cordillera de la Costa y Región Metropolitana por el este y el Océano Pacífico por el oeste. Limita al sur con la Región del Gral. Bernardo O'Higgins y al norte con la provincia de Valparaíso. Tiene una superficie de 1.511,6 km<sup>2</sup> y posee un clima templado y cálido.

### B) Antecedentes Demográficos.

San Antonio corresponde a una de las siete provincias que componen la región de Valparaíso y está formada por seis comunas: Algarrobo, El Quisco, El Tabo, Cartagena, Santo Domingo y San Antonio, siendo esta última la capital provincial.

### C) Antecedentes Económicos

La actividad económica de la provincia depende fundamentalmente de la extracción pesquera industrial y la producción de sus derivados. Cada una de sus comunas presenta atractivos muy particulares, lo que la convierte en un importante centro de deportes náuticos y de competencias internacionales.

### D) Problemas Ambientales

San Antonio es uno de los puertos más importantes del país, lo cual ha favorecido el crecimiento de la actividad industrial, provocando un deterioro en la calidad del aire del lugar. Además la mayoría de la población de la Quinta región está concentrada en Valparaíso, Viña del Mar y San Antonio. Por ello, estas localidades presentan problemas ambientales urbanos, como: el deterioro de la calidad del aire por material particulado y gases provenientes de vehículos; la congestión vehicular; la pérdida de suelo agrícola; y destrucción del patrimonio urbanístico.

Esta provincia cuenta con uno de los humedales más importantes de la zona central, el Humedal El Yali, sitio de interés científico y educativo perteneciente al SNASPE.

Este sitio y otros representan ambientes nativos de alta fragilidad, los cuales se han visto deteriorados producto de la expansión urbana y de la intervención directa de vehículos motorizados, lo cual provoca una pérdida de la biodiversidad característica de estos ambientes. Otro factor de deterioro de los ecosistemas, es la sustitución de vegetación nativa por plantaciones exóticas en este sector de cuencas menores.

Sin embargo, los principales problemas que presenta esta zona tienen relación con la calidad del agua, tanto para consumo humano, como para la supervivencia de la biodiversidad marina y la recreación.

Las actividades que se desarrollan en esta zona y que afectan al medio ambiente marino, son diversas, van desde turismo a un Terminal Químico, pero predominan las empresas de tipo sanitario.

### E) Principales Empresas de San Antonio y sus Contaminantes

GM SAN ANTONIO					
EMPRESA	Nº de Plantas	Nº de Ductos	Naturaleza de Descarga	Tipo Emisario	Principales Contaminantes
ESVAL S.A.	4	4	Aguas Servidas	Submarino	Coliformes fecales, aceites



					y grasas, Sólidos suspendidos
Inmobiliaria El Plomo Ltda.	1	3	Agua de desecho	Submarinos	Grasas y Aceites, Sólidos Suspendidos, Sólidos Sedimentables
South Pacific Abalone S.A.	1	2	Aguas de Proceso	Superficial Costa	Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, SAAM, Nitrógeno Total Kjeldahl
Universidad Católica de Chile	2	2	Aguas de Proceso	Superficial Costa	Fuente no emisora. Agua de acuarios. (cuando muestrearon midieron Sólidos Suspendidos Totales, aceites y grasas, coliformes fecales, PH y T°, El agua q entra es casi idéntica a la q sale)
Coopagua Santo Domingo	2	2	Aguas servidas	Superficial río Maipo	Coliformes fecales, DBO5, Sólidos suspendidos, nitrógeno total kjeldahl, fósforo total, poder espumogeno, aceites y grasas.
SOPESA	1	1	Aguas Proceso	Superficial Costa	Aceites y Grasas, DBO5, Sólidos suspendidos, sólidos sedimentables
Crowan	1	1	Aguas de enfriamiento	Superficial de Costa	Hidrocarburos fijos, Hidrocarburos volátiles, Aceites y Grasas.
Vopak	1	1	Aguas lavado de estanques	De orilla	DBO5, Índice de fenol, Detergentes, Aluminio.

## F) RESULTADOS

A continuación se entregan los resultados obtenidos luego de 6 años de análisis de contaminantes en agua y sedimentos en el Puerto de San Antonio.

### F.1.- Ubicación Puntos de Muestreo:

La Bahía de San Antonio tiene 2 estaciones de muestreo de agua y 5 estaciones de muestreo en sedimentos, cuyas coordenadas geográficas y topónimos respectivos son los siguientes:

SAN ANTONIO				
EST.	LAT. SUR	LONG OESTE	PROF	NOMBRE LOCAL
A3	33°35'00"	71°37'08"	11	Sitio 5
A5	33°35'35"	71°37'42"	22	Playa Llolleo
S1	33°34'43"	71°36'54"	12	Muelle Pescadores
S4	33°34'42"	71°37'23"	20	Rada el Toro
SA	33°34'57"	71°3'51"	9	Muelle Molino

SB	33°35'06"	71°37'11"	10	Poza
SS1	33°35'10"	71°37'38"	17	Frente Molo

Según la conformación topográfica del borde costero, este cuerpo de agua es clasificado en la categoría de protegido en el sector del Muelle y expuesto en la parte sur de la Bahía. En la Figura N°19 se representa la distribución de los puntos de muestreo del cuerpo de agua.

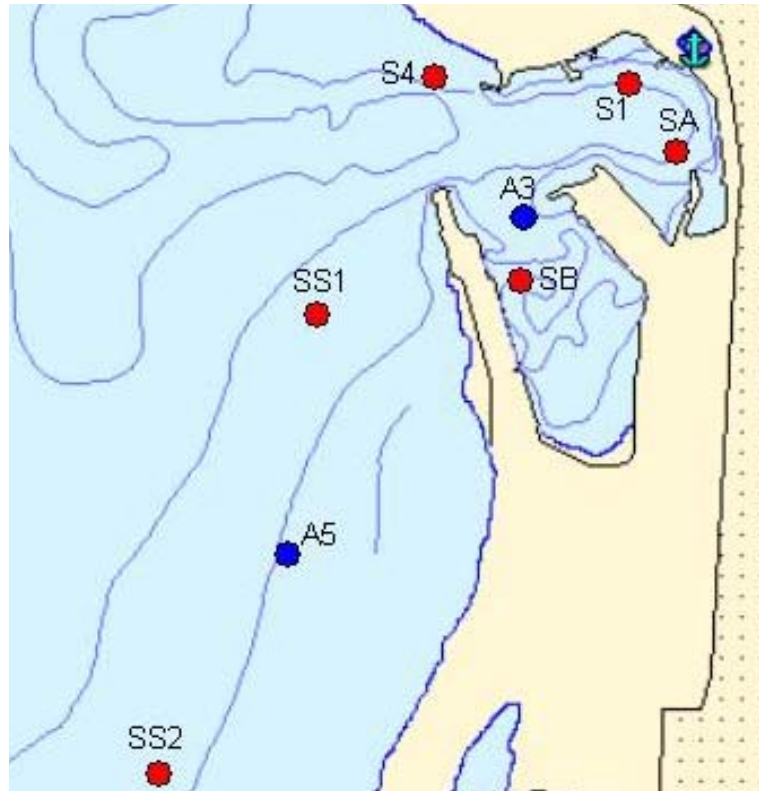


FIGURA N° 19 : Estaciones de muestreo en distribuidas en la Bahía de San Antonio.

#### F.2.- Análisis Muestras de Agua:

##### Mercurio Total en Agua:

El gráfico N° 2.129 muestra el conjunto de datos analizados de mercurio en agua, que corresponden a las campañas semestrales realizadas desde el 2002 al 2007.



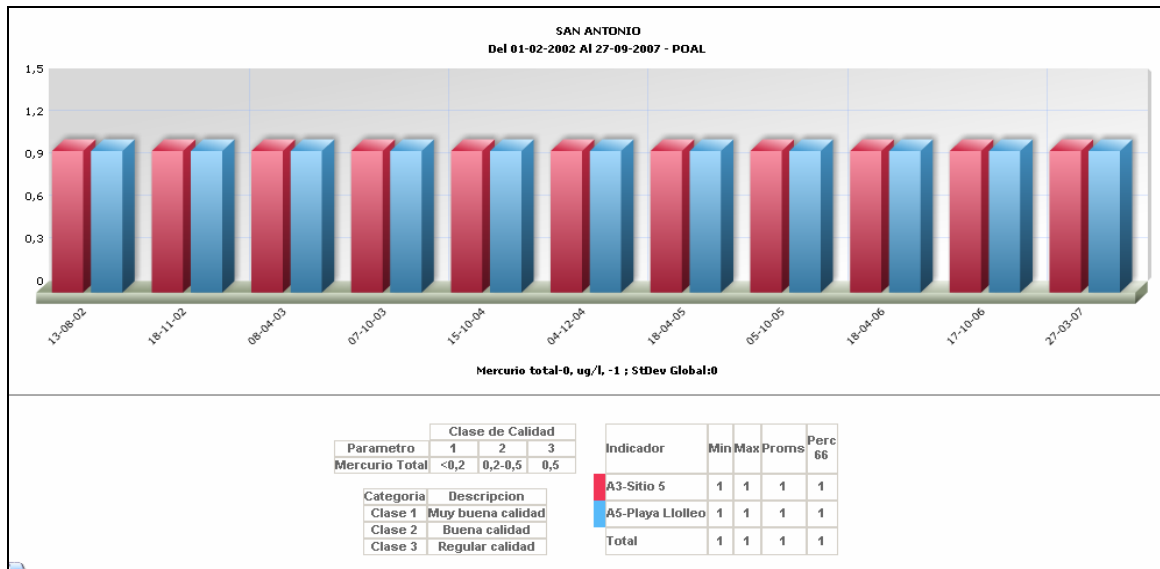


Gráfico N° 2.129 comportamiento ambiental de mercurio (ppb) en agua

La presencia de mercurio en las muestras de agua, no reviste mayor relevancia desde el punto de vista ambiental, ya que los resultados informados por el laboratorio están todos bajo los límites de detección, esto es < 1 ppb.

#### Plomo Total y Cromo Total en Agua:

Los gráficos N° 2.130 y N° 2.131, presentan las variaciones de plomo y cromo en el agua entre los años 2002 y 2007.

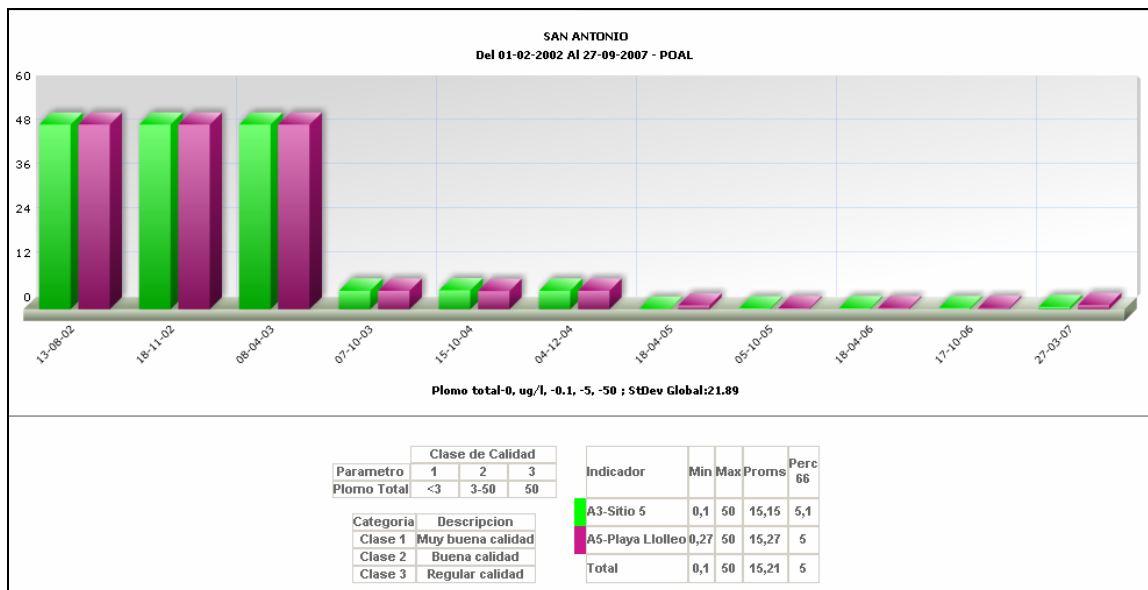


Gráfico N° 2.130 comportamiento ambiental de plomo (ppb) en agua de mar

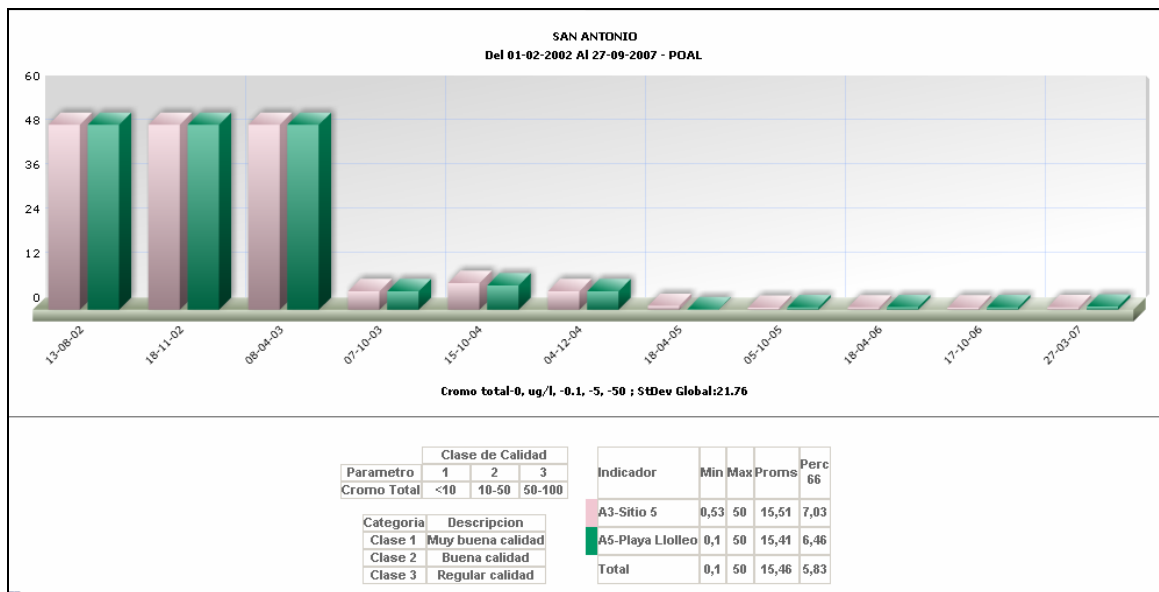


Gráfico N° 2.131 comportamiento ambiental de cromo (ppb) en agua de mar

Plomo y cromo, fueron cuantificados con límites de detección de <50 ppb, entre los años 2002 y primer semestre de 2003. Posteriormente, estos límites disminuyeron pudiendo detectarse concentraciones que demuestran que esta agua son de clase de calidad 2, es decir, “buena calidad” para plomo y clase 1 “muy buena calidad”, para cromo.

#### Cadmio Total en Agua:

El gráfico N° 2.132 muestra los datos obtenidos para las concentraciones de cadmio en el período 2002 - 2007.

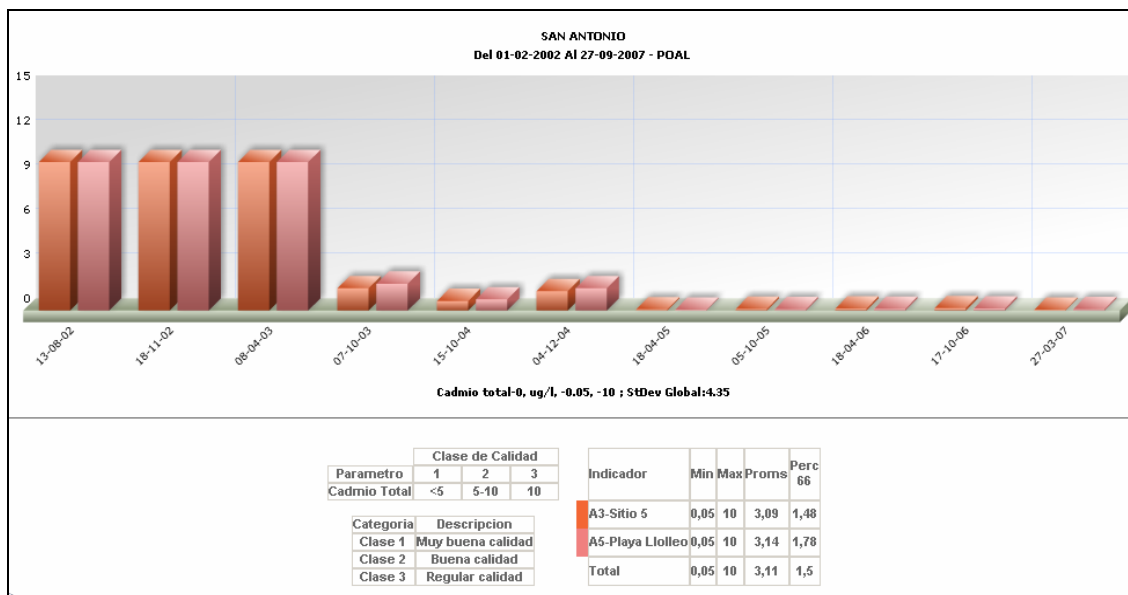


Gráfico N° 2.132 comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua de mar

Las concentraciones de cadmio en agua permiten clasificar la bahía de San Antonio en la Clase 1, aguas de “muy buena calidad” para cadmio. Los valores más altos que se aprecian en el

gráfico corresponden al límite de detección usado en los primeros años de vigilancia, 2002 y 2003 que corresponde a  $< 10$  ppb.

#### Cobre Total en Agua:

El gráfico N° 2.133 presenta los datos obtenidos en los 6 años de vigilancia ambiental costera en San Antonio, para cobre entre los años 2002 – 2007.

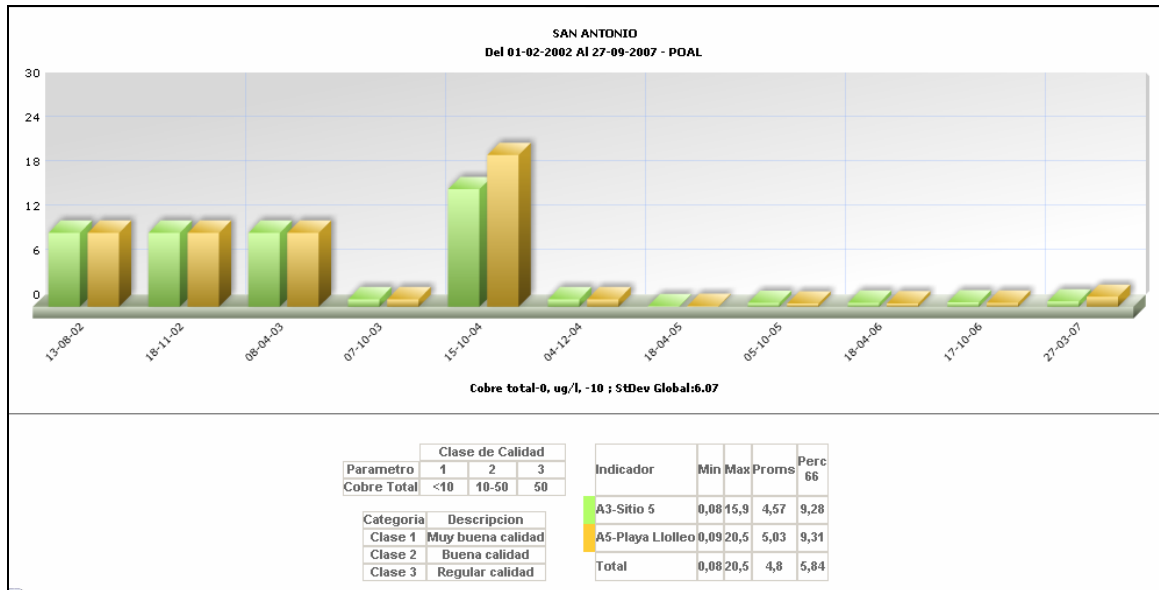


Gráfico N° 2.133 comportamiento ambiental de cobre (ppb) en agua de mar

No hay contaminación por cobre en las aguas del puerto San Antonio. Durante el muestreo del año 2004, los contenidos de cobre registraron las mayores concentraciones, en ambas estaciones de muestreo. Sin embargo, estas disminuyeron en el tiempo de manera tal que los percentiles igualmente muestran aguas Clase 1, "muy buena calidad".

#### Zinc Total en Agua:

El gráfico N° 2.134 refleja las fluctuaciones de zinc en agua entre el período 2002 y 2007.

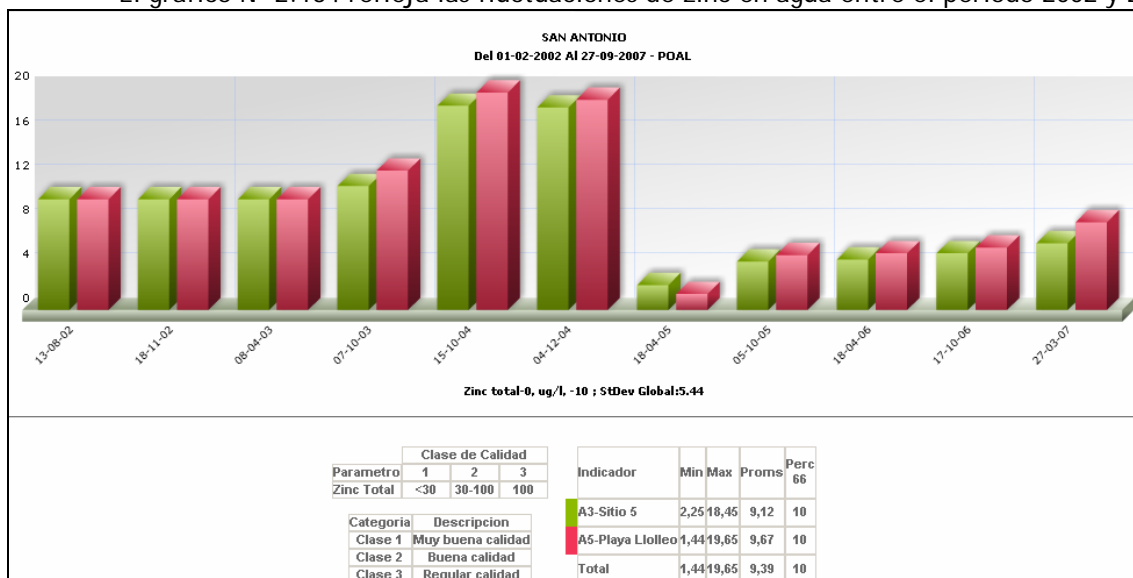


Gráfico N° 2.134 comportamiento ambiental de zinc (ppb) en agua

Las estaciones de la bahía no muestran contaminación por zinc, ya que los valores detectados durante los muestreos efectuados entre el 2002 y 2007, permiten clasificarlas en la Clase 1, “muy buena calidad” según la Guía CONAMA.

#### Amonio en Agua:

Se aprecia en el gráfico N° 2.135, la serie de tiempo para amonio en agua entre los años 2002 y 2007.

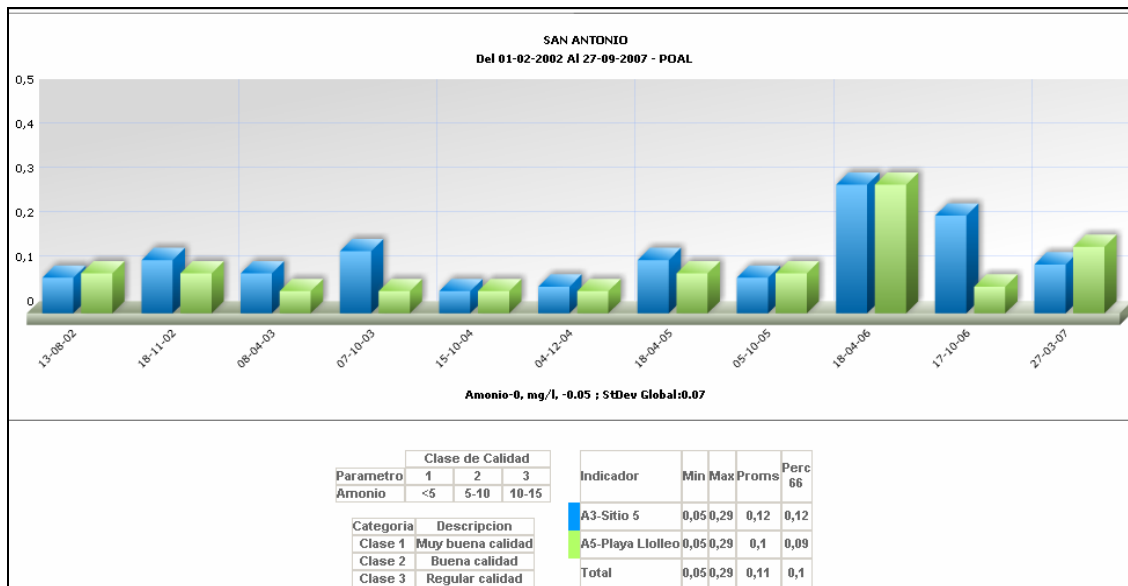


Gráfico N° 2.135 comportamiento ambiental de amonio (ppm) en agua de mar

No se detectaron contenidos altos de amonio en las estaciones muestreadas de la Bahía de San Antonio, los valores obtenidos no superaron los 0,4 ppm, es decir valores menores al límite de la Clase 1 < 1 ppm.

#### Aceites y Grasas en Agua:

El gráfico N° 2.136, refleja la serie de tiempo entre el 2002 y 2007 para aceites y grasas.

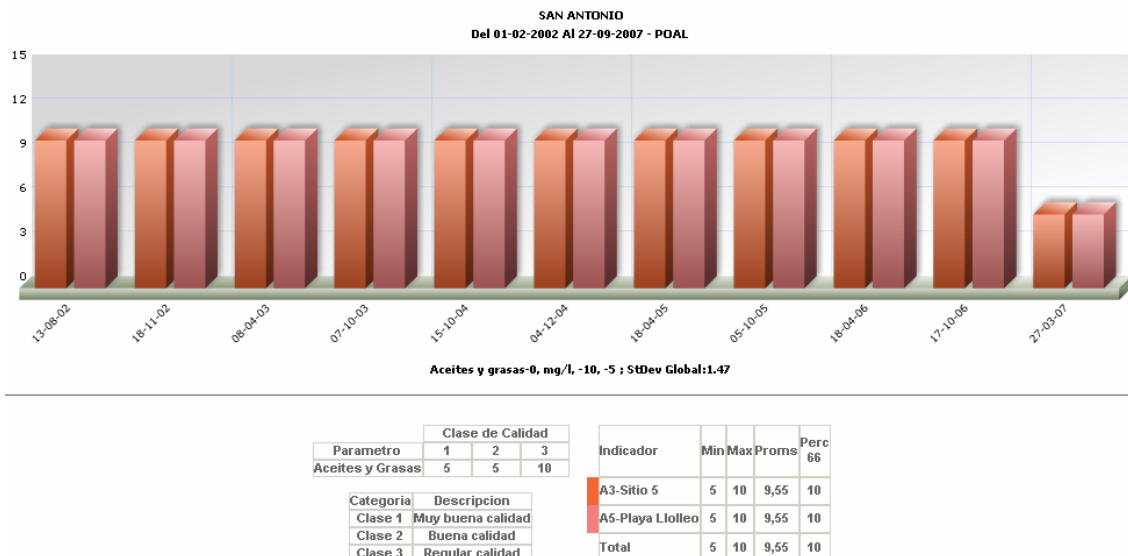


Gráfico N° 2.136 comportamiento ambiental de aceites y grasas (ppm) en agua de mar

No fueron detectados analíticamente los contenidos de aceites y grasas, ya que el laboratorio en todos los análisis informó el límite de detección < 10 ppm y < 5 ppm, este último solamente durante el año 2007.

#### Coliformes en Agua:

El gráfico N° 2.137, evidencia la variación de coliformes fecales en el agua durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

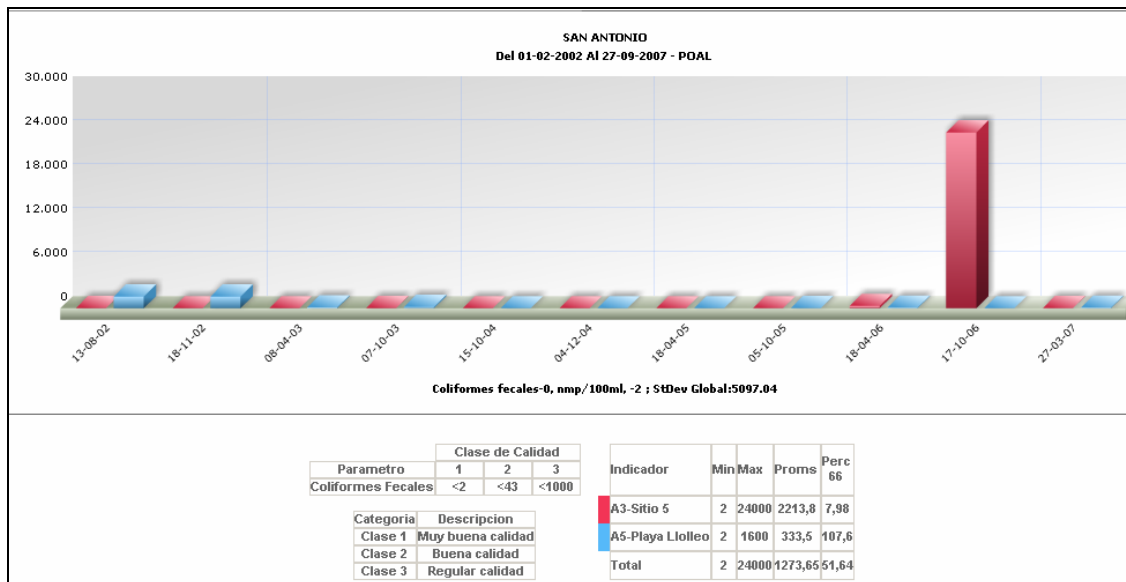


Gráfico N° 2.137 comportamiento ambiental de coliformes fecales (NMP) en agua de mar

Sólo en una oportunidad (octubre 2006) se detectaron valores muy altos de coniformes fecales, revelando contaminación por aguas servidas en la bahía de San Antonio. Se trató de la estación Sitio 5 del puerto (A3). Presentó un valor de 24.000 NMP/100 mL. Este fue un evento único, demostrativo de la ocurrencia esporádica de descargas directas al mar sin tratamiento que clasificaría las aguas de la bahía como de “regular calidad” Clase 3, dado que no se volvió a repetir este fenómeno. Sin embargo, de acuerdo al percentil 66, esta agua de la estación sitio 5 del puerto pueden clasificarse en la clase 2, “buena calidad”.

La estación Playa Lillole, A5, por su parte, bajo este mismo criterio es clasificada dentro de la Clase 3 “regular calidad”, ya que aunque presenta valores máximos sólo de 1.600 NMP/100 mL, el percentil 66 alcanzó un valor de 107,6 NMP/100 mL, ya que las concentraciones altas se repitieron en varias ocasiones.

### F.3.- Análisis Muestras de Sedimento:<sup>1</sup>:

#### Mercurio Total en Sedimento:

El gráfico N° 2.138, presenta el comportamiento ambiental de mercurio en sedimentos entre los años 2002 y 2007.

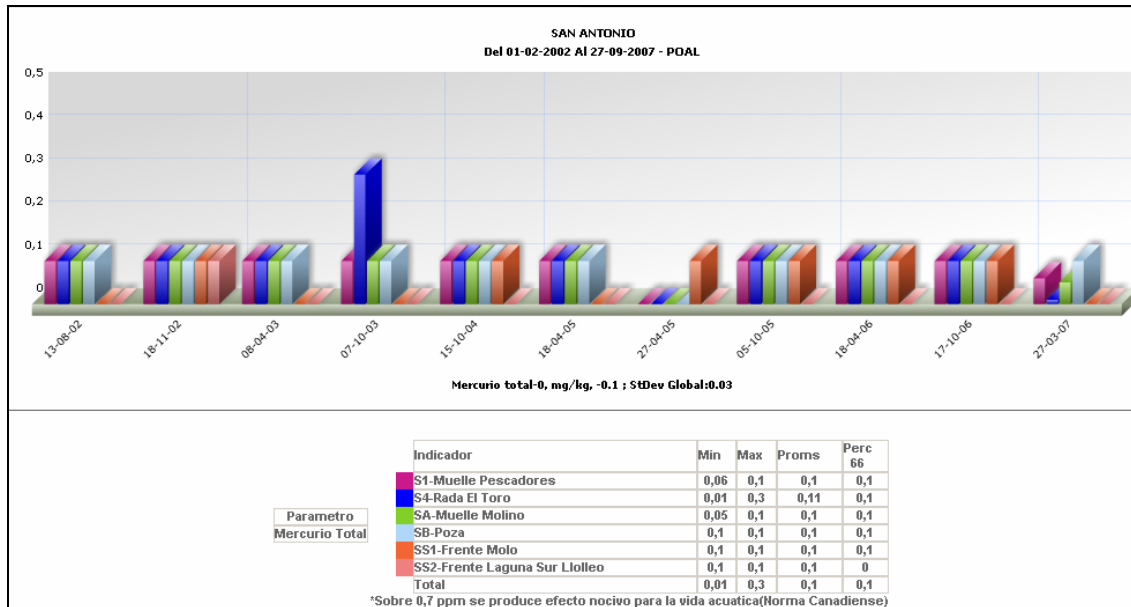


Gráfico N° 2.138 comportamiento ambiental de mercurio (ppm) en sedimentos

No se encontró evidencia de contaminación por mercurio en los sedimentos de la bahía San Antonio. En el gráfico, se aprecia que los contenidos de mercurio están bajo el umbral referencial propuesto para este metal de 0,7 ppm la estación que presentó la concentración más alta de mercurio en sedimento pero bajo el nivel crónico fue S4 (Rada El Toro) con 0,3 ppm.

#### Cadmio en Sedimentos:

El gráfico N° 2.139, muestra el comportamiento de cadmio en sedimentos en los años 2002 y 2007.

<sup>1</sup>

*Nota: La estación SS2 (Frente Laguna Sur Lloleto), fue muestreada solamente durante la campaña del 2002.*

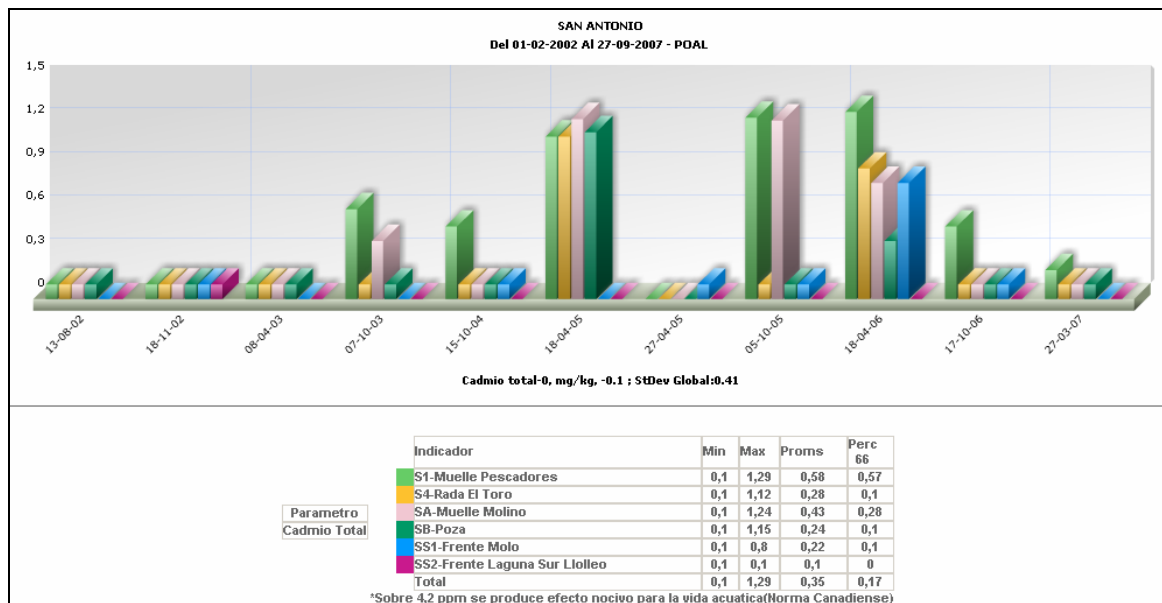


Gráfico N° 2.139 comportamiento ambiental de cadmio (ppm) en sedimentos

Cadmio es otro metal que no presenta efectos nocivos para la vida acuática, ya que las concentraciones detectadas en sedimentos están bajo el límite referencial de 4,2 ppm. Las máximas concentraciones medidas no superan los 1,3 ppm, es decir, menos del 30% del valor referencial.

#### Cromo y Plomo en Sedimentos:

Los gráficos N° 2.140 y N° 2.141 reflejan las fluctuaciones de cromo y plomo en los fondos sedimentarios del puerto San Antonio entre los años 2002 y 2007.

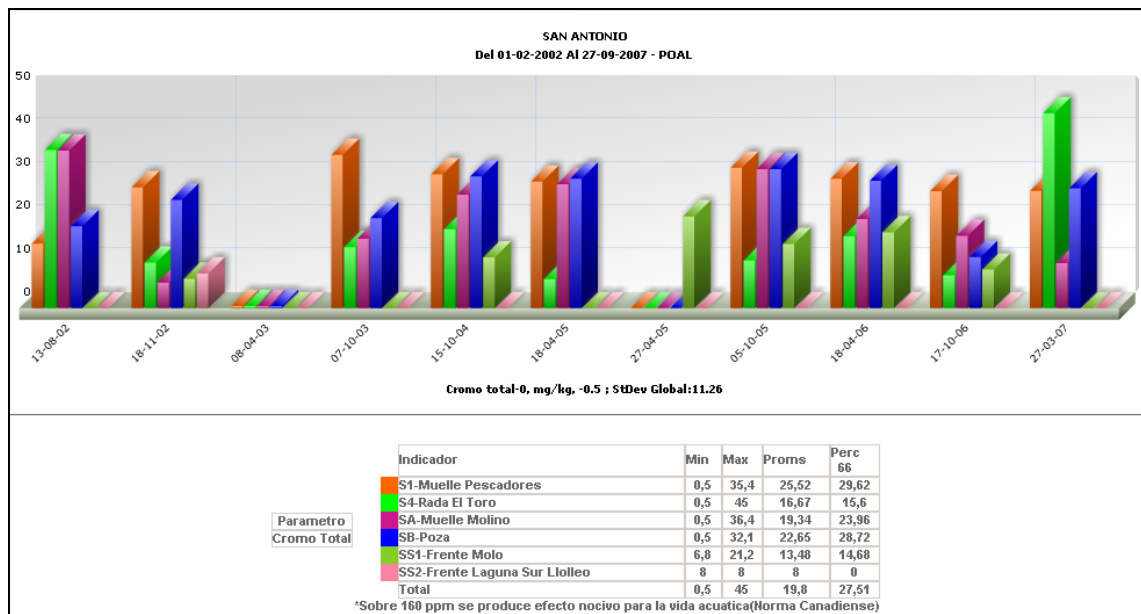


Gráfico N° 2.140 comportamiento ambiental de cromo (ppm) en sedimentos

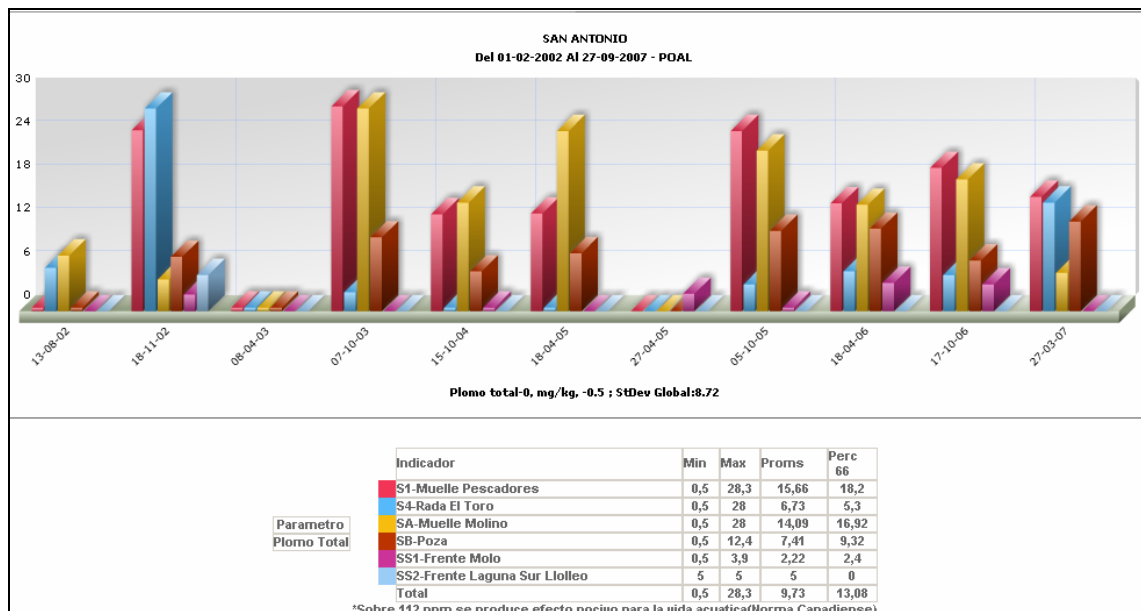


Gráfico N° 2.141 comportamiento ambiental de plomo (ppm) en sedimentos

Cromo y plomo se encuentran ambos en concentraciones normales en los sedimentos de la bahía San Antonio. Todos los valores estuvieron bajo el límite crónico referencial de 160 ppm para cromo y 112 ppm para plomo.

#### Cobre en Sedimentos:

El gráfico N° 2.142 muestra el comportamiento de cobre en los sedimentos entre los años 2002 y 2007 en el puerto San Antonio.

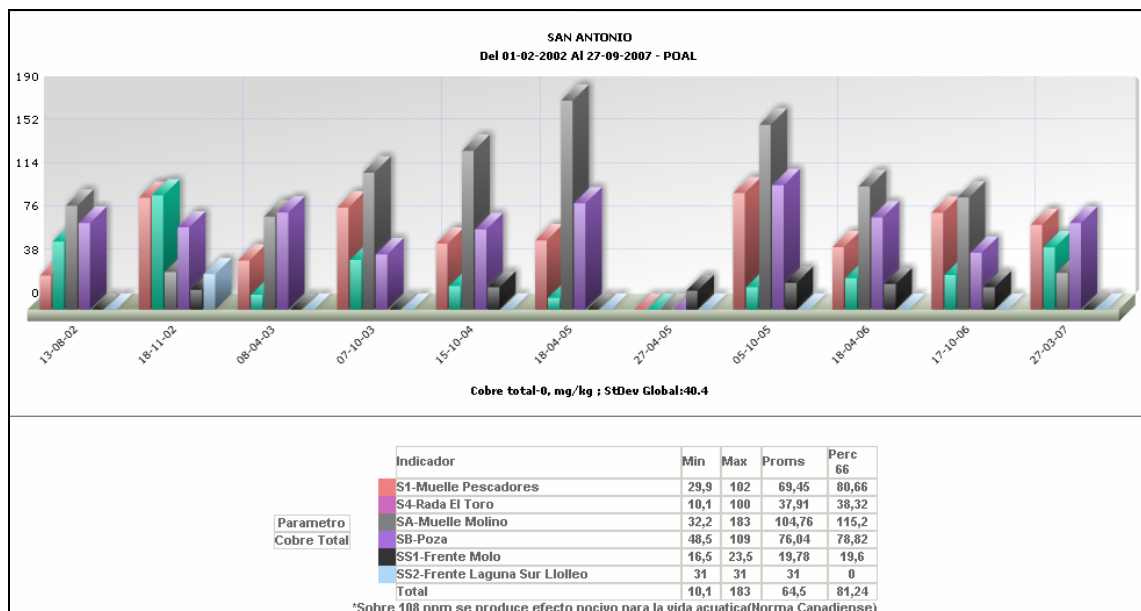


Gráfico N° 2.142 comportamiento ambiental de cobre (ppm) en sedimentos

Existe contaminación por cobre en San Antonio, aunque focalizada en el sector de Muelle Molino (estación SA), la que presenta concentraciones sobre el umbral crónico de 108 ppm.



El máximo se detectó en el año 2005 y fue de 183 ppm. Sin embargo, el promedio en esta estación, indica una condición ambiental de contaminación moderada de los sedimentos. Los otros sitios se mantuvieron en condiciones normales.

#### Zinc Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.143, evidencia la variación de zinc en sedimentos entre los años 2002 y 2007.

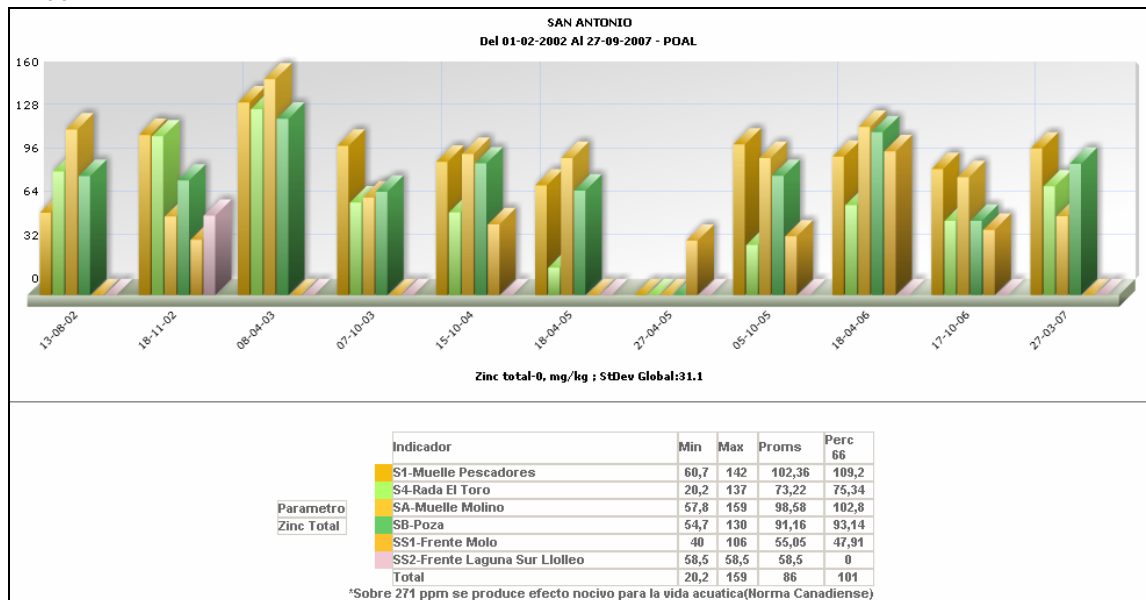


Gráfico N° 2.143 comportamiento ambiental de zinc (ppm) en sedimentos

Los contenidos de zinc están bajo el límite crónico de 271 ppm. Pero la estación que muestra los mayores contenidos de zinc es la misma con alto contenido de cobre, SA (Muelle Molino), con un valor máximo de 159 ppm.

#### Fósforo Total en Sedimentos:

Se observa en el gráfico N° 2.144 las variaciones de fósforo total en los fondos sedimentarios de San Antonio durante los años 2002 al 2007.

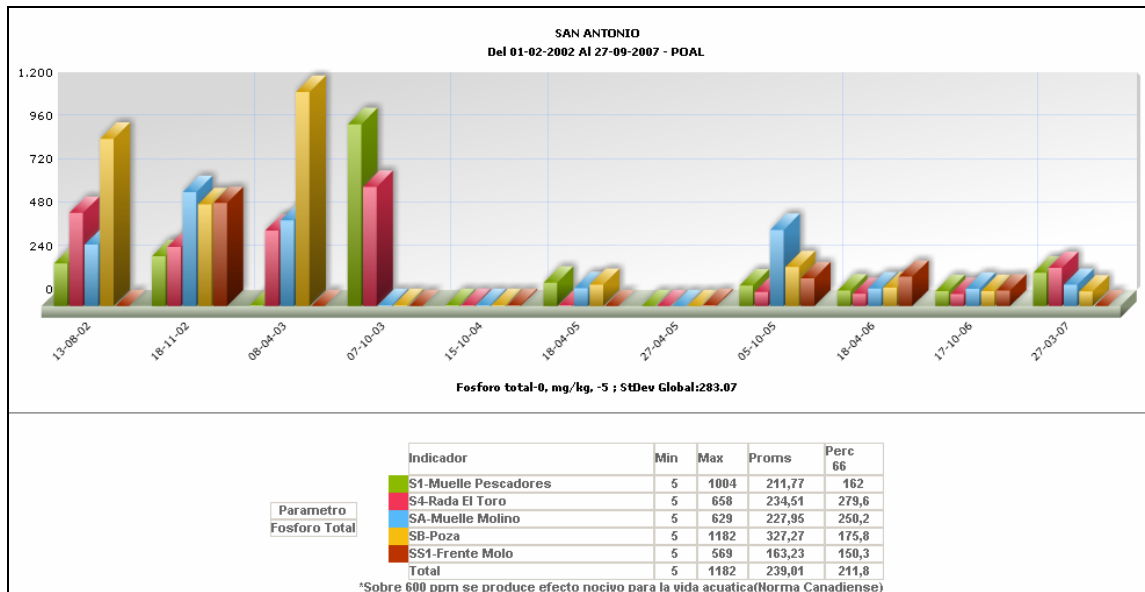


Gráfico N° 2.144 comportamiento ambiental de fósforo (ppm) en sedimentos

Sólo las cuatro primeras campañas las concentraciones de fósforo superaron el límite de calidad que propone la norma canadiense de 600 ppm. Posteriormente, los valores descienden y se mantienen a menos de la mitad de ese valor referencial. Así, los sedimentos del puerto San Antonio se encuentran en condiciones normales respecto a éste parámetro.

#### Nitrógeno Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.145, muestra la variación de nitrógeno total en sedimentos en el período de 2002 y 2007 en San Antonio.

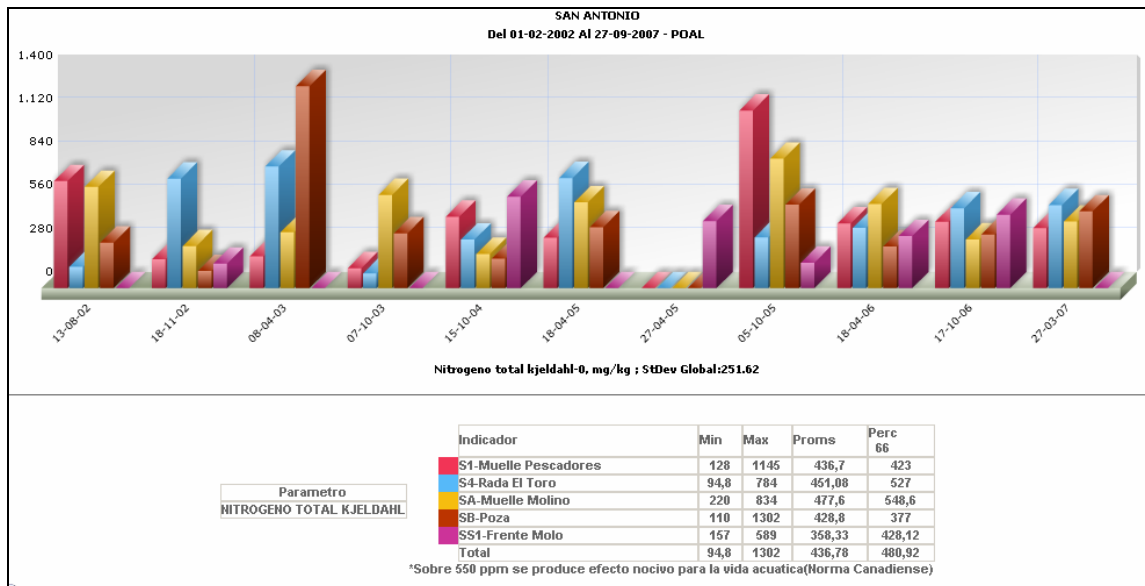


Gráfico N° 2.145 comportamiento ambiental de nitrógeno (ppm) en sedimentos

Las concentraciones de nitrógeno total muestran condiciones de contaminación moderada en la matriz sedimentaria de San Antonio. Los aportes de aguas servidas y de materia orgánica sin

tratamiento deben ser controlados para evitar que el nitrógeno alcance o supere el umbral crónico de 550 ppm. Los sectores de mayor preocupación deben ser la Poza (SB) y Muelle Molino.

#### Materia Orgánica en Sedimentos:

El gráfico N° 2.146, refleja la variación de materia orgánica en sedimentos en el período 2002 y 2007 en el puerto San Antonio.

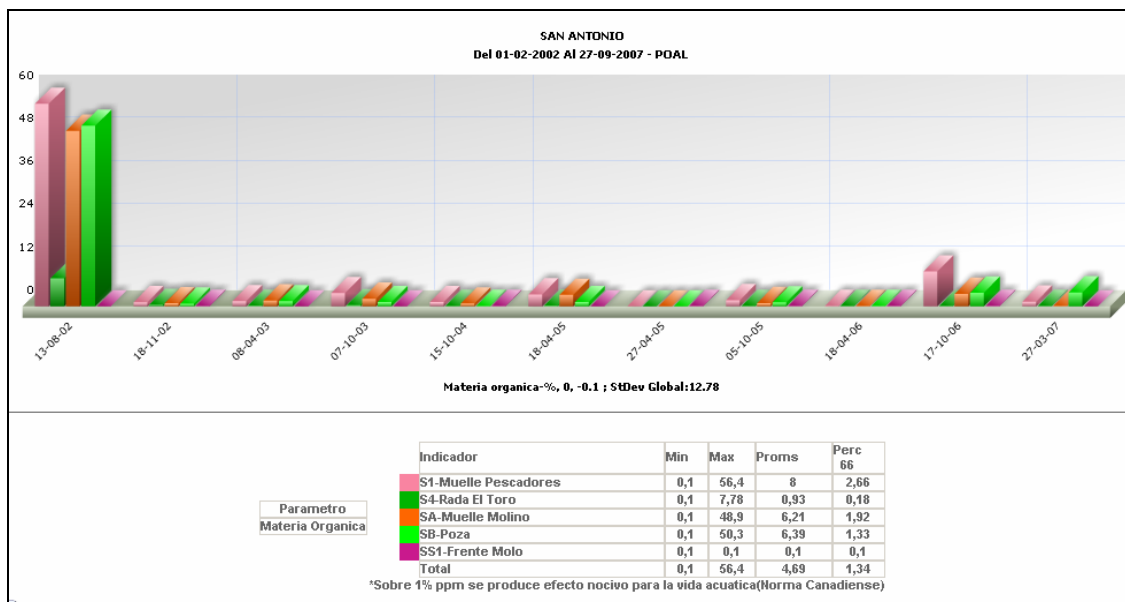


Gráfico N° 2.146 comportamiento ambiental de materia orgánica (%) en sedimentos

Los altísimos niveles de materia orgánica obtenidos en la primera campaña de vigilancia ambiental determinaron que la bahía de San Antonio mostrara signos de alteración pudiendo transformarse en un serio problema de eutrofización.

#### F.4.- Clasificación ambiental de la calidad del agua

Los resultados obtenidos (percentiles) en las muestras de agua, fueron comparados con los valores límites propuestos en la Guía CONAMA. Esta metodología permite definir la calidad de las aguas de la bahía de San Antonio en una de las tres categorías propuestas por la Guía Conama. Estas categorías son: Clase 1, aguas de muy buena calidad; Clase 2, aguas de buena calidad y Clase 3, aguas de regular calidad.

En la Tabla siguiente se presenta un resumen de los contenidos químicos analizados en agua en la Bahía de San Antonio:

Parámetros	A3 (Sitio 5)	A5 (Playa Llolleo)
Mercurio ppb	No se detectó	No se detectó
Cadmio ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Plomo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad
Cobre ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Zinc ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cromo ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Amonio ppm	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Coliformes Fecales NMP/100ml	Buena Calidad	Regular Calidad

Aceites y Grasas ppm	No se detectó	No se detectó
----------------------	---------------	---------------

#### F.5.- Clasificación ambiental de la calidad de los sedimentos

En base a la comparación efectuada entre las concentraciones promedio determinadas en cada muestras tomada en los distintos puntos distribuidos en la Bahía de San Antonio, y las directrices referenciales propuestas a nivel internacional, es posible determinar en el cuerpo de agua, una condición normal (N), Moderada (M), o Contaminada (C) de los parámetros que identifican a continuación:

Parámetros	S1 (Muelle Pescadores)	S4 (Rada El Toro)	SA (Muelle Molino)	SB (Poza)	SS1 (Frente Molo)
Mercurio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cadmio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Plomo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cobre ppm	Normal	Normal	Moderado	Normal	Normal
Zinc ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cromo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Nitrógeno total ppm	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Fósforo Total ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Materia Orgánica %	Contaminado	Normal	Contaminado	Contaminado	Normal

#### F.6.- Discusión de Resultados Obtenidos en Agua y Sedimentos

La bahía de San Antonio se encuentra fuertemente influenciada por las aguas del río Maipo, el cual descarga sus aguas al sur de la ciudad de San Antonio. A pesar de ello, no presentó niveles altos de metales pesados en el agua. Sólo el plomo entregó valores comparativamente más altos, pero sólo para catalogar las aguas sólo en una calidad “buena”.

Mientras el mercurio no fue detectado analíticamente, los restantes metales pesados mostraron una calidad ambiental de muy buena.

Los contenidos de aceites y grasas se mantuvieron bajo el límite de detección informado por el laboratorio; solo la calidad microbiológica se vio alterada, como consecuencia de los elevados índices de coliformes fecales presentes en las aguas de San Antonio.

En relación con la calidad de la matriz sedimentaria, el sector de Muelle Molino evidenció altos contenidos de cobre, este enriquecimiento obedece a causas que están relacionadas con las actividades desarrolladas en el puerto propiamente tal (ver Figura N° 20)

Los sectores S1 (Muelle Pescadores), SA (Muelle Molino) y SB (Poza), han retenido los aportes frecuentes y subrepticios de materia orgánica en el mar, alterando los fondos y la vida acuática de los sedimentos. Las estaciones restantes, en su mayoría fuera del sector portuario, muestran valores bajo el umbral de 1%, es decir condiciones normales.

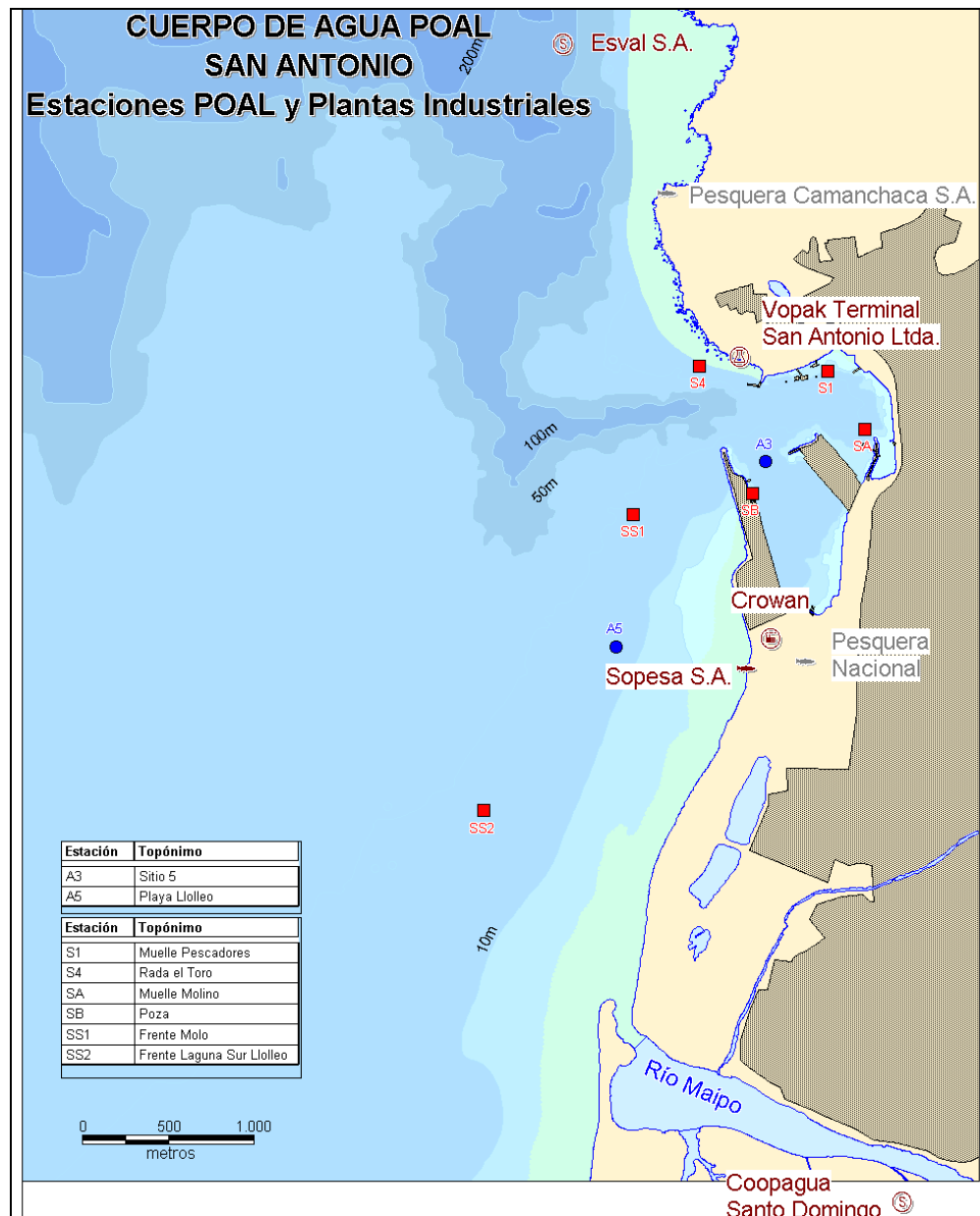


Figura N° 20: Actividades antrópicas desarrolladas en el borde costero de Bahía de San Antonio

Sedimentos enriquecidos orgánicamente, se detectaron en el puerto de San Antonio, en los sectores de Muelle Pescadores, Muelle Molino y Poza, los que están asociados con las actividades pesqueras que se realizan en el sector.

#### F.7.- Conclusiones

Los resultados obtenidos de las muestras de agua en los sectores Sitio 5 y Playa Llolleo, permiten concluir lo siguiente;

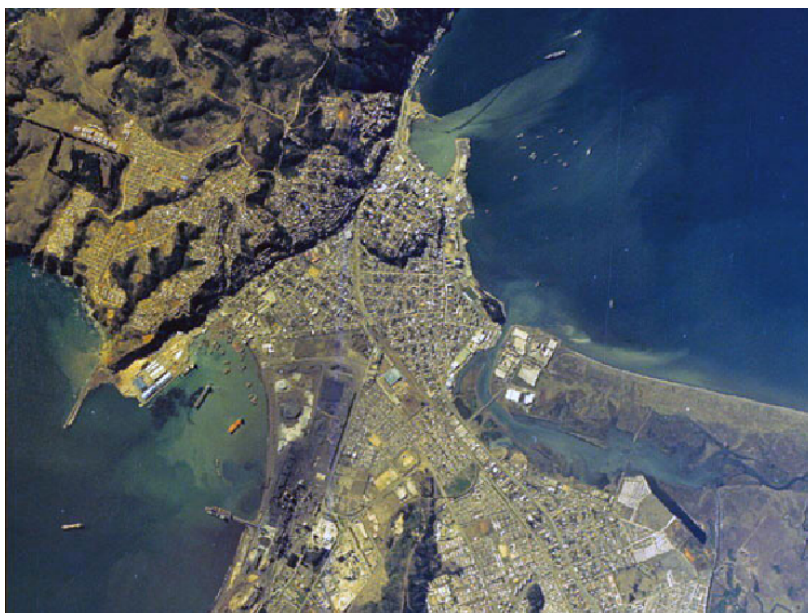
1. No hay evidencias de alteración ambiental que impidan el desarrollo de actividades pesqueras y acuícolas. Así lo demuestran los resultados de las concentraciones de metales pesados del agua de mar de San Antonio.

2. Se detectaron altos niveles de coliformes fecales en las dos estaciones, lo que denota la presencia de aguas servidas en el área.
3. Aceites y grasas no fueron detectadas en las aguas de la bahía San Antonio.

En tanto los resultados de sedimentos, determinados en Muelle Pescadores, Rada el Toro, Muelle Molino, Poza y Frente Molo señalan que;

1. El cobre presente en la matriz sedimento en el sector de Muelle Molino, se debe en gran medida a la acumulación producida durante años por la gran actividad portuaria que se ha realizado en el lugar, los sectores restantes no reflejan una alteración por metales pesados. Sin embargo, la coincidencia en cuanto a concentraciones altas también de zinc en este sector, recomiendan mayor atención sobre el sitio que rodea muelle molino con el fin de aclarar el origen de estos metales pesados y evitar eventos acumulativos futuros.
2. Los sedimentos al interior del puerto claramente muestran un creciente deterioro y tendencia a la eutrofización. Los datos demuestran que los sectores Muelle Pescadores, Muelle Molino y Poza presentaron mayores concentraciones de materia orgánica y nitrógeno total, asociados a las actividades pesqueras desarrolladas en San Antonio.

## BAHÍA DE CONCEPCIÓN





## II.2.9.- BAHÍA DE CONCEPCIÓN

### A. Antecedentes Físicos

La región del Biobío posee condiciones naturales de transición, puesto que sus características climáticas y paisajísticas van adaptándose a las existentes en la zona sur del país. El suelo, resulta de la combinación de los elementos físicos, va variando y apareciendo nuevos tipos.

El paisaje vegetal natural en la región del Biobío ha desaparecido y ha sido reemplazado por bosques de pino (en su mayor parte *Pinus radiata*) y por cultivos agrícolas. Es importante destacar las plantaciones de viñedos en la zona costera de las provincias de Ñuble y Concepción, que alternan con los bosques artificiales. Al sur del río Biobío, las condiciones climáticas de mayor humedad y precipitaciones permiten el desarrollo del bosque templado higromórfico, tanto en la Cordillera de la Costa como en la precordillera andina. Este paisaje presenta una vegetación más densa y abundante, donde predomina el Roble, Ciprés, Coigüe, Lenga y Ñirre. En los sectores de mayor altura cordillerana se encuentra Alerce y Mañío.

### B. Antecedentes Demográficos

La división político administrativa regional está compuesta por cuatro provincias: Concepción, capital Concepción; Ñuble, capital Chillán; Arauco, capital Lebu, y Biobío, capital Los Ángeles.

La Región del Biobío representa un 12,3% del país, ocupando el segundo lugar luego de la Región Metropolitana. La densidad poblacional alcanza los 50 hab/km<sup>2</sup>, lo que la transforma en la tercera región más densa luego de las regiones de Valparaíso y Metropolitana.

Tabla N° 1: Crecimiento intercensal 1992-2002 Región del Biobío

Localidad	Población 1992	Población 2002
Región del Biobío	1.734.305	1.861.562
Concepción	331.027	216.061
Coronel	83.426	95.528
Chiguayante		81.302
Florida	10.437	10.177
Hualqui	16.156	18.768
Lota	50.256	49.089
Penco	40.359	46.016
San Pedro de la Paz		80.447
Santa Juana	11.957	12.713
Talcahuano	248.543	250.348
Tomé	49.284	52.440
Lebu	24.748	25.035
Arauco	29.657	34.873
Cañete	29.323	31.270
Contulmo	6.736	5.838
Curanilahue	33.631	31.943
Los Alamos	16.870	18.632
Tirúa	8.736	9.664
Los Angeles	140.535	166.556
Antuco	4.062	3.908



Cabrero	21.705	25.282
Laja	24.350	22.404
Mulchén	29.934	29.003
Nacimiento	25.994	25.971
Negrete	8.347	8.579
Quilaco	4.379	4.021
Quilleco	10.492	10.428
San Rosendo	4.375	3.918
Santa Bárbara	17.257	19.970
Tucapel	12.020	12.777
Yumbel	20.460	20.498
Chillán	166.225	161.953
Bulnes	19.713	20.595
Cobquecura	6.257	5.687
Coelemu	16.630	16.082
Coihueco	22.585	23.583
Chillán Viejo		22.084
El Carmen	14.161	12.845
Ninhue	6.417	5.738
Niquén	13.156	11.421
Pemuco	8.413	8.821
Pinto	8.932	9.875
Portezuelo	5.970	5.470
Quillón	14.562	15.146
Quirihue	10.971	11.429
Ránquil	6.404	5.683
San Carlos	48.129	50.088
San Fabián	3.803	3.646
San Ignacio	16.499	16.106
San Nicolás	9.495	9.741
Treguaco	5.637	5.296
Yungay	15.290	16.814

Fuente: Infopais; Sistema de Información Regional, Mideplan 2005

### C. Antecedentes Económicos

Biobío es una de las regiones más importantes del país por su población y sus recursos. Su economía se orienta a la explotación de los recursos naturales (agrícolas, forestales, mineros y marinos). En cambio el desarrollo industrial se focaliza en la producción de bienes intermedios como acero y derivados, productos petroquímicos, madera y papel, cuyos mercados de consumo se ubican fuera de la región y en el extranjero.

Es una región fundamentalmente forestal; con una industria de transformación y procesamiento muy vigorosa, lo que ha permitido un aumento y consolidación de este sector de actividad económica en la década pasada y generado cambios sustanciales en el uso del suelo, la utilización de tecnologías de producción de vanguardia, lo que conlleva el uso de mano de obra calificada, una industria de la celulosa plenamente consolidada.

**Industria:** El sector industrial es el más importante por su aporte al Producto Geográfico Bruto Regional. El conjunto de industrias muestra un gran dinamismo por la variedad de su producción. En el sector alimentos y bebida se aprecia un importante mejoramiento en sus líneas técnicas de producción, lo que satisface las exigencias del mercado consumidor a nivel nacional e internacional.

La producción de la industria papelerera se orienta a satisfacer en gran parte las necesidades del mercado externo; lo mismo ocurre con los productos textiles y un sector de la confección, cuero y calzado. El auge experimentado en materias de exportación ha sido un fuerte estímulo para un sector importante de la industria regional.

En cuanto al desarrollo de la industria química, la región del Biobío posee una refinería de petróleo que cubre las necesidades de gran parte del país. Una función similar la realiza la planta Concón en la Quinta Región. Concepción es también la base de elaboración de productos químicos a cargo de Petrodow y Petroquímica Chilena, como etileno y derivados, cloro, soda, soda cáustica, ácido clorhídrico y polietileno.

En Talcahuano se encuentran las industrias pesqueras y los astilleros de ASMAR que, junto con la Universidad de Concepción y la planta de Huachipato, constituyen las tres fuentes de trabajo más grandes de la región.

**Sector agropecuario-silvícola:** La distribución e importancia del rubro agrícola y ganadero están determinadas por las características básicas de los suelos según sus condiciones topográficas y climáticas. El conjunto de estos factores explica las diferentes capacidades de uso y destino de los suelos.

En la Región se distinguen claramente 6 áreas agroecológicas distintas, de las cuáles se derivan numerosos sistemas y realidades agrícola-productivas, que contribuyen a la complejidad de políticas y acciones de desarrollo. Las zonas identificadas, en orden poniente a oriente son: secano costero, cordillera de la costa, secano interior, llano central, precordillera andina y cordillera de Los Andes

**Sector forestal:** En la zona otorga cerca de 50 mil empleos directos y 100 mil empleos indirectos; abarca el 76% de las exportaciones forestales a nivel nacional, un 70% de la producción nacional de celulosa, un 58% de la producción de madera aserrada, y un 83% de la fabricación de tableros y chapas en el país.

El 39,2% corresponde a plantaciones, el 26,9% a bosque nativo, el 15% está ocupado por bosques nacionales y reservas forestales, restando aún 342 mil hectáreas disponibles para ser plantadas con especies comerciales. De las 584.721 ha plantadas, el 15,7% corresponde a *Pinus radiata*.

#### **D. Problemas Ambientales**

Los principales problemas están relacionados con el uso intensivo del territorio que resulta de la demanda en la expansión urbana e industrial. Otro ámbito de atención es la actividad pesquera y las zonas portuarias. Todas estas actividades impactan ambientalmente a la conurbación penconopolitana, al mismo tiempo, que a la conservación de los recursos hidrobiológicos.

Otra unidad ambiental dentro de la Provincia de Concepción está conformada por la franja oriental de serranías de la Cordillera de la Costa, que comprende las porciones rurales de San Pedro, Coronel y Santa Juana en la ribera sur del Biobío, y, por Hualqui, Chiguayante y Concepción por la ribera norte. Además, de Tomé y Florida hacia la parte nororiental de la Provincia de Concepción. Los desafíos ambientales de esta unidad de secano costero se relacionan con la erosión, la sustentabilidad ambiental de los cultivos forestales y la disminución de las fuentes naturales de agua subterránea y superficial.

Siguiendo por la costa, y en la porción de serranías litorales de la Provincia de Ñuble, se define una cuenca de secano costero con un importante valle interior y red hídrica propia, confluyente al río Itata. Dicho valle está conformado por territorios de las comunas de Ranquil, Coelemu, Trehuaco, Quirihue y Cobquecura, por la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa. En tanto que, por el oriente drenan las pendientes de las serranías de Portezuelo, Ninhue, San Carlos y San Nicolás. Los problemas ambientales en esta zona dicen relación con la reforestación equilibrada y control de la erosión para la recuperación y administración del recurso agua con fines agrícolas, urbanos y rurales para la superación de problemas sanitarios y productivos.

La Provincia de Bío-Bío, constituye una unidad ambiental correspondiente a la cuenca del Río Biobío. Dentro de esta se definen dos subunidades ambientales: la primera formada por las comunas cordilleranas de Tucapel, Antuco, Quilleco, Santa Barbara, Quilaco y Mulchen, donde los problemas ambientales dicen relación con el retroceso del bosque nativo y los conflictos entre los usos hidroeléctricos de la red hidrográfica y el aprovisionamiento de agua para otras actividades aguas abajo. La segunda subunidad ambiental corresponde a la cuenca del Itata, definida por las comunas de valle central de Cabrero, los Angeles, Negrete y por los faldeos orientales de la Cordillera de la Costa como Nacimiento, San Rosendo y Yumbel. En esta subunidad los problemas ambientales se relacionan con la contaminación de los cursos de agua por vertidos industriales y domiciliarios, al tiempo que el agua subterránea se torna escasa y contaminada con aguas servidas de origen difuso. Debido a la densidad poblacional, comienzan a evidenciarse fallas en la gestión de residuos sólidos.

Sintetizando lo anterior, los principales problemas ambientales de la región son los siguientes:

- Contaminación de cuerpos de agua fluviales y lacustres por vertimientos de residuos líquidos desde plantas industriales de tipo pesqueras, petroquímicas, químicas, de celulosa y papel, manufactura de la madera, siderúrgicas, metalúrgicas, metalmecánicas, portuarias, astilleros, cuero y calzado, cerámicas, vidrio, agrícolas y talleres artesanales.
- Contaminación de aguas marinas costeras y estuarinas por vertimientos de residuos líquidos industriales desde plantas industriales de tipo pesqueras, petroquímicas, químicas, de celulosa y papel, manufactureras de madera, siderúrgicas, metalúrgicas, metalmecánicas, portuarias, astilleros, cuero y calzado, cerámicas, vidrio, agrícolas y talleres artesanales.
- Contaminación de cuerpos de agua fluviales y lacustres por vertimientos de residuos líquidos domiciliarios evacuados difusamente, por redes sanitarias y en aguas lluvias.
- Contaminación de aguas marinas costeras y estuarinas por vertimientos de residuos líquidos domiciliarios evacuados difusamente, por redes sanitarias y por aguas lluvias.

## E. Principales Empresas de la Región y sus Contaminantes.

GM TALCAHUANO					
EMPRESA	N° de Plantas	N° de Ductos	Naturaleza de Descarga	Tipo Emisario	Principales Contaminantes
Celulosa Arauco y Constitución S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Superficial costero	
Aguas Nuevo Sur Maule S.A.	1	1	Aguas Servidas	Submarino	
ESSBIO S.A.	1	1	Aguas Servidas	Submarino	Sólidos Susp. Totales, Aceite y Grasas, aluminio, cobre, fluoruro, manganeso, plomo, sulfuro, zinc, cloruros, detergentes, demanda biológica de oxígeno, fósforo, hierro, sulfato, Tolueno, triclorometano.
Pesquera Biobio S.A.	1	1	Aguas de enfriamiento	Submarino	
Pesquera Camanchaca S.A.	1	1	Aguas de enfriamiento	Submarino	Sólidos suspendidos totales Aceites y Grasas, Aluminio, arsénico, Cobre, Cromo Hexavalente, Zinc, Fenoles T°, demanda biológica de oxígeno, Boro, cloruros, Fósforo, hierro NTK, sulfato
Pesquera El Golfo S.A.	2	2	Aguas de enfriamiento	Submarino	T° , demanda biológica de oxígeno, aluminio, cobre, cromo, fósforo, hierro, fluoruro, zinc, boro, cloruros, sulfato, NTK.

Pesquera Grimar S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Aluminio Arsénico Cobre Cromo Total Estaño Fluoruro Manganese Selenio Sulfuro Zinc Índice de Fenol SAAM Demanda biológica de oxígeno Cloruros Fósforo Total Hierro Nitrógeno total kjeldahl Sulfato
Agar del Pacífico S.A.	1	1	Aguas de Descarga	Emisario costero	
FOPACO	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales y volátiles, Aluminio Arsénico Cadmio Cianuro Cobre Cromo Total Cromo hexavalente Estaño Fluoruro Manganese Mercurio Molibdeno Níquel Plomo Selenio Sulfuro Zinc Índice de Fenol SAAM Temperatura Demanda biológica de oxígeno Cloruros Fósforo Total Hierro Nitrógeno total kjeldahl Sulfato Triclorometano, coliformes fecales
Pesquera Grimar S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Aluminio Arsénico Cobre Cromo Total Estaño Fluoruro Manganese Selenio Sulfuro Zinc Índice de Fenol SAAM Demanda biológica de oxígeno Cloruros Fósforo Total Hierro Nitrógeno total kjeldahl Sulfato
Agar del Pacífico S.A.	1	1	Aguas de Descarga	Emisario costero	
Agrolomas S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	
Central Termoeléctrica	1	1		Canal de Descarga	Sólidos suspendidos totales, zinc, boro, cloruros, sulfatos, triclorometano, demanda biológica de oxígeno, hierro.

Pesq Food Corp S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	
Pesq Itata S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Hidrocarburos volátiles Aluminio Cadmio Cobre Estaño Fluoruro Manganese Níquel Zinc Índice de Fenol SAAM Demanda biológica de oxígeno Boro Cloruros Fósforo Total Hierro Nitrógeno total kjeldahl Sulfato
Pesq Mar Profundo S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	
Pesq Camanchaca S.A.	2	1	Aguas de Proceso	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Aluminio Arsénico Cobre Cromo Hexavalente Fluoruro Zinc Índice de Fenol Temperatura Demanda biológica de oxígeno Boro Cloruros Fósforo Total Hierro Nitrógeno total kjeldahl Sulfato Triclorometano
Rico Foods S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	
Ewos Chile S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	
Pesq Tubul S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	
Pesq San José	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	Temperatura Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Hidrocarburos totales Demanda biológica de oxígeno Cobre Fluoruro Hierro Manganese Níquel Nitrógeno total kjeldahl Selenio Sulfuro Zinc Índice de Fenol SAAM Boro Cloruros Sulfato
Ind. Isla Quihua	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales Fluoruro Sulfuro SAAM Temperatura Demanda biológica de oxígeno Boro Cloruros Fósforo Total Hierro Nitrógeno total kjeldahl Sulfato

Pesq Lota Protein S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	Temperatura Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Hidrocarburos totales SAAM Sólidos Sedimentables
Pesq Bahía Coronel S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	
Agar del Pacífico S.A.	1	1	Aguas de Descarga	Emisario costero	
Agrolomas S.A.	1	1	Aguas de Proceso	Submarino	
Central Termoeléctrica	1	1		Canal de Descarga	Sólidos suspendidos totales, zinc, boro, cloruros, sulfatos, triclorometano, demanda biológica de oxígeno, hierro.

## F) RESULTADOS

A continuación se entregan los resultados obtenidos luego de 6 años de análisis de contaminantes en agua y sedimentos en la Bahía de Concepción.

### F.1.- Ubicación Puntos de Muestreo:

Este cuerpo de agua tiene asignado un total de 3 estaciones de agua, y 8 estaciones de sedimentos, las coordenadas geográficas y los topónimos respectivos son los siguientes:

TALCAHUANO				
EST.	LAT. SUR	LONG OESTE	PROF	NOMBRE LOCAL
A1	36°42'30"	73°05'30"	10	Yomas Pesqueras
A4	36°41'30"	73°01'55"	22	Centro Bahía
A7	36°42'15"	72°59'06"	10	Puerto Lirquén
S1	36°42'30"	73°05'30"	10	Yomas Pesqueras
S2	36°43'36"	73°00'42"	10	Desembocadura Río Andalien
S6	36°41'43"	73°05'36"	6	Molo Marinao
S7	36°42'15"	72°59'06"	10	Puerto Lirquén
S8	36°43'06"	73°03'42"	9	Frente Isla de los Reyes
S10	36°43'43"	72°59'54"	5	Puerto de Penco
SA	36°42'17"	73°06'12"	8	Frente Muelle Ex Emporchi
SS1	36°41'30"	73°01'55"	22	Centro Bahía

Según la conformación topográfica del borde costero, éste cuerpo de agua es clasificado en la categoría de expuesto. En la Figura N° 21 se representa la distribución de los puntos de muestreo del cuerpo de agua.

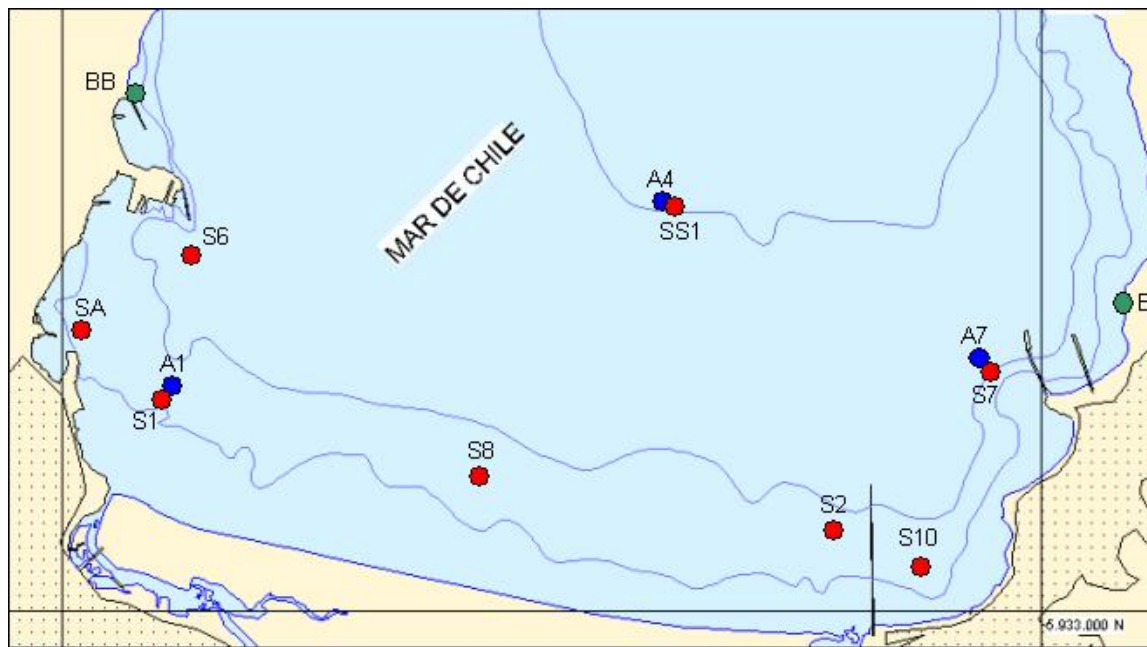


FIGURA N° 21: Estaciones de muestreo en el cuerpo de agua marino de Talcahuano.

## F.2.- Análisis Muestras de Agua:

## Mercurio Total Agua:

El gráfico N° 2.147 refleja el comportamiento de mercurio determinado en las muestras de agua entre el período del 2002 - 2007.

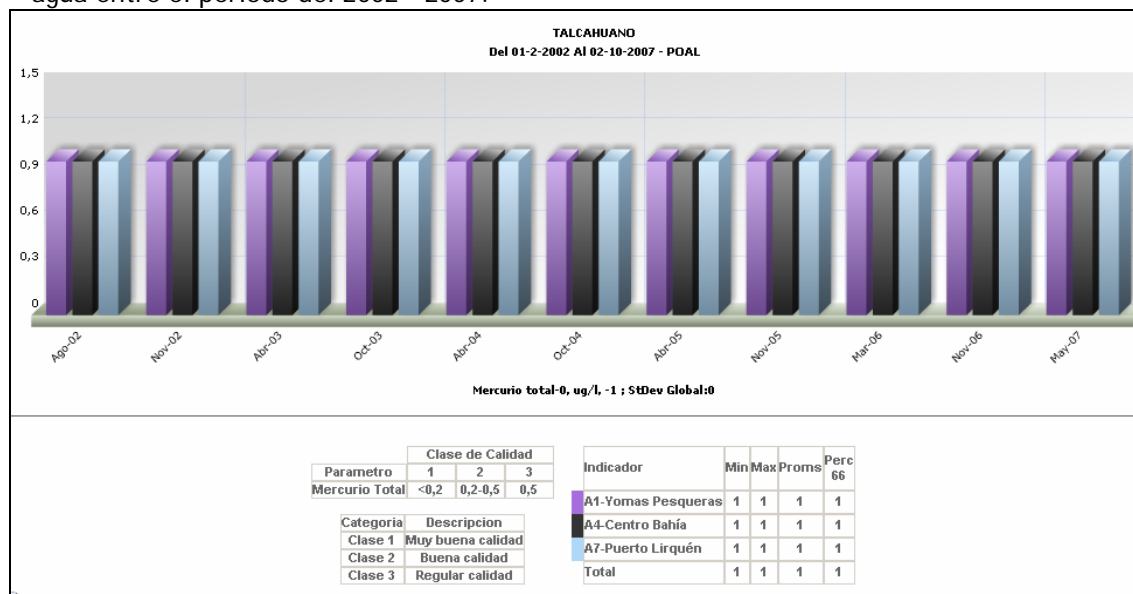


Gráfico N° 2.147 comportamiento ambiental de mercurio (ppb) en agua de mar

La presencia de mercurio en las muestras de agua no reviste mayor relevancia desde el punto de vista ambiental. Todos los resultados están bajo los límites de detección, esto es < 1 ppb.



**Cromo y Plomo Total Agua:**

En los gráficos N° 2.148 y N° 2. 149, se aprecia el comportamiento de los metales cromo y plomo en las muestras de agua determinados entre los años 2002 y 2007.

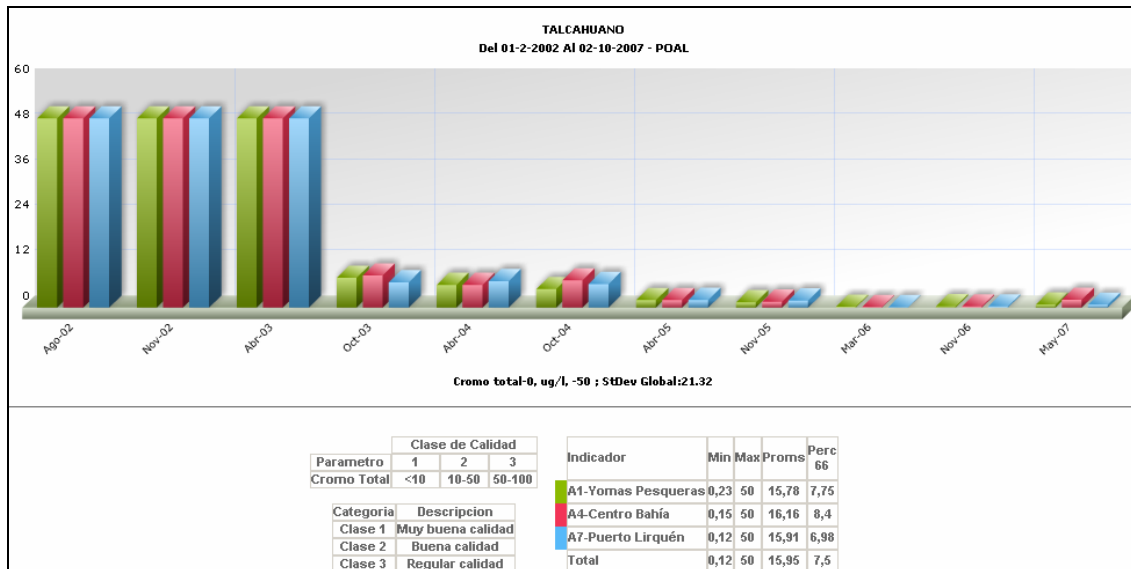


Gráfico N° 2.148 comportamiento ambiental de cromo (ppb) en agua de mar

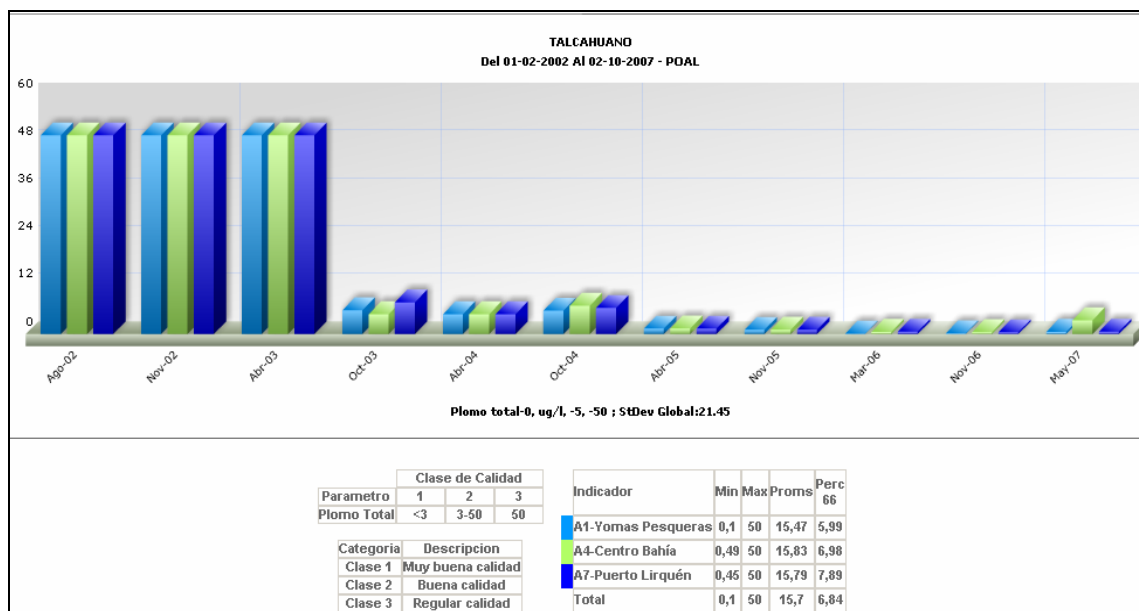


Gráfico N° 2.149 comportamiento ambiental de plomo (ppb) en agua de mar

Durante las tres primeras campañas de vigilancia, cromo y plomo no fueron detectados. El límite de detección utilizado en esos períodos fue de < 50 ppb. En las campañas siguientes 2004 a 2007 reflejaron condiciones ambientales que van desde “muy buena calidad” respecto al cromo y sólo “buena calidad” para plomo.

**Cobre y Cadmio Total Agua:**

Los gráficos N° 2.150 y N° 2.151, representan las variaciones de cobre total y cadmio total en las muestras de agua analizadas entre los años 2002 y 2007.

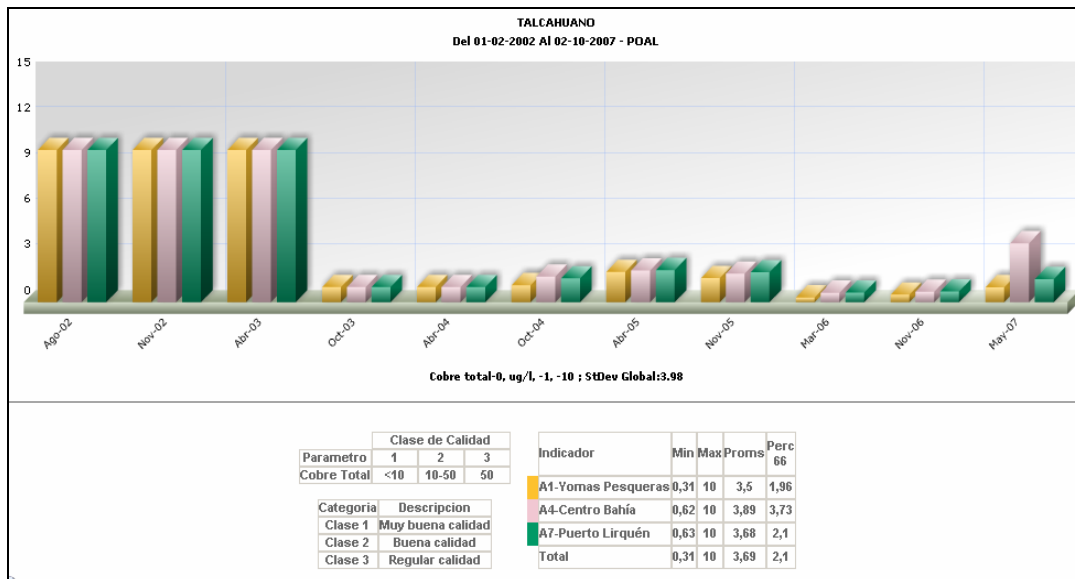


Gráfico N° 2.150 comportamiento ambiental de cobre (ppb) en agua de mar

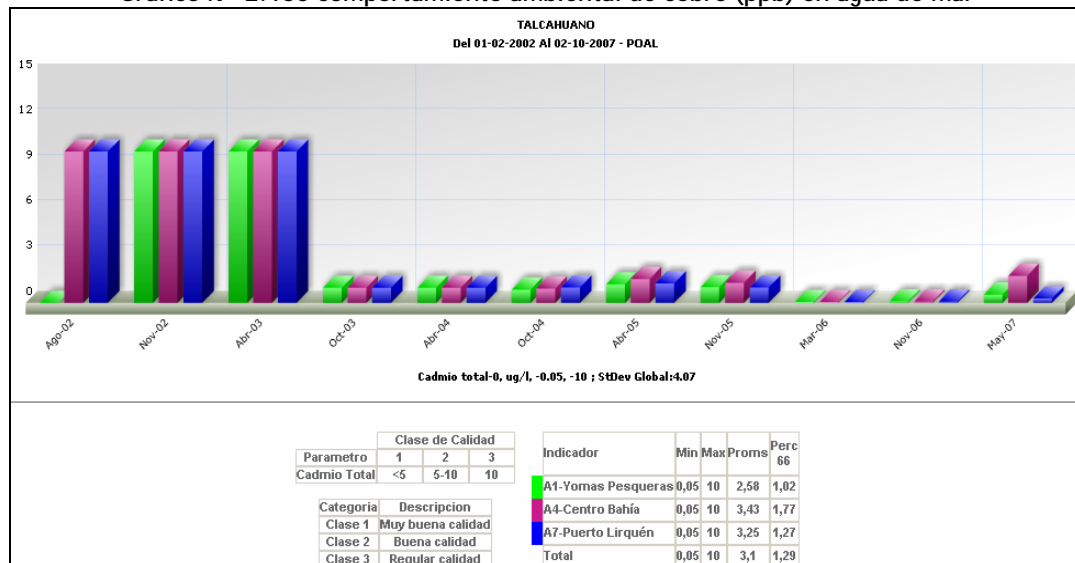


Gráfico N° 2.151 comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua de mar

No se encontraron evidencias de contaminación por cadmio o cobre en las aguas de la Bahía de Concepción. Los valores están muy por debajo de 10 ppb para el caso de cobre y por debajo de 5 ppb para el cadmio, ambos límites máximos de la Clase 1 según la guía CONAMA, lo que permite clasificar las aguas de la bahía como de “muy buena calidad” para ambos metales pesados.

#### Zinc Total Agua:

El gráfico N° 2.152, presenta la variación de zinc de las muestras de agua determinadas en las estaciones de muestreo en el período comprendido entre el 2002-2007.

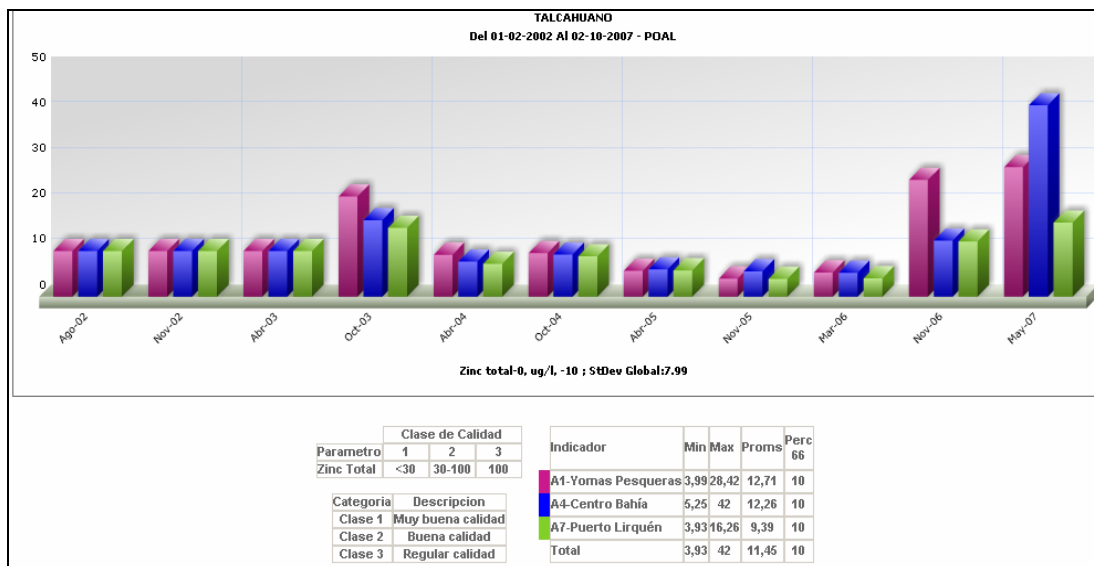


Gráfico N° 2.152 comportamiento ambiental de zinc (ppb) en agua de mar

Las aguas de la Bahía de Concepción no muestran contaminación por zinc. Los valores detectados durante los muestreos efectuados entre 2002 y 2007 permiten clasificarlas en la Clase 1, "muy buena calidad" según la Guía CONAMA. Sin embargo, analizando los valores máximos encontrados en Yomas Pesqueras (A1) y Centro Bahía (A4) en las dos últimas campañas, los valores aún pertenecen a aguas Clase 1, a excepción de las muestras en Centro de la Bahía, sólo la última campaña.

#### Amonio en Agua:

El gráfico N° 2.153 muestra la serie de tiempo de las concentraciones de amonio en agua de mar en la Bahía de Concepción. entre los años 2007 al 2007.

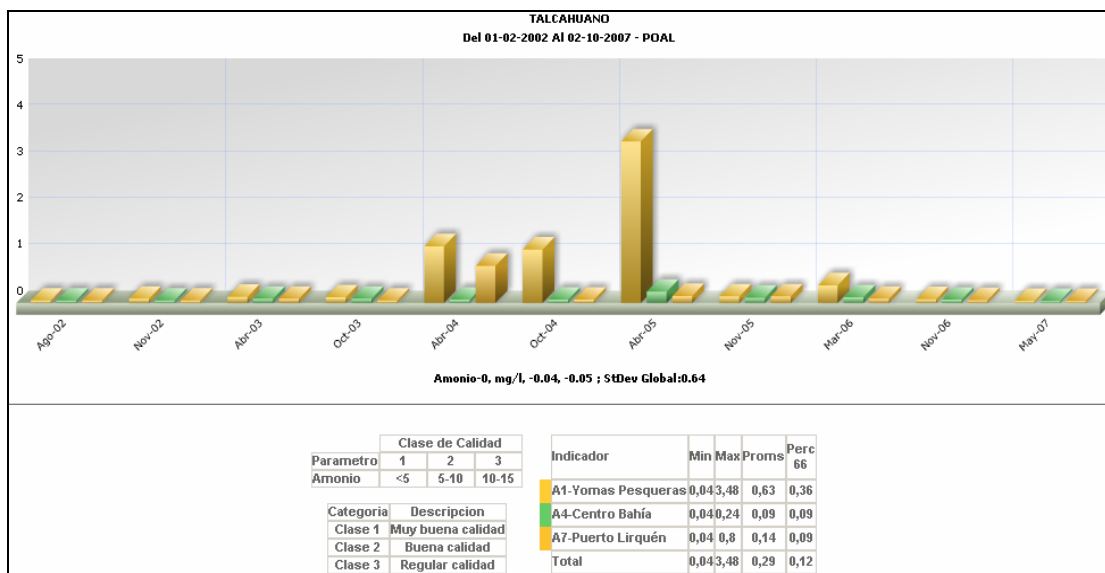


Gráfico N° 2.153 comportamiento ambiental de amonio (ppm) en agua de mar

No se encontró contaminación por amonio en las aguas de la bahía, no obstante la estación A1 (Yomas Pesqueras) presenta los valores más altos pero que no superan el límite de 5 ppm para aguas de muy buena calidad.

**Aceites y Grasas Agua:**

El gráfico N° 2.154 presenta la variación de aceites y grasas en la Bahía de Concepción en el período 2002 - 2007.

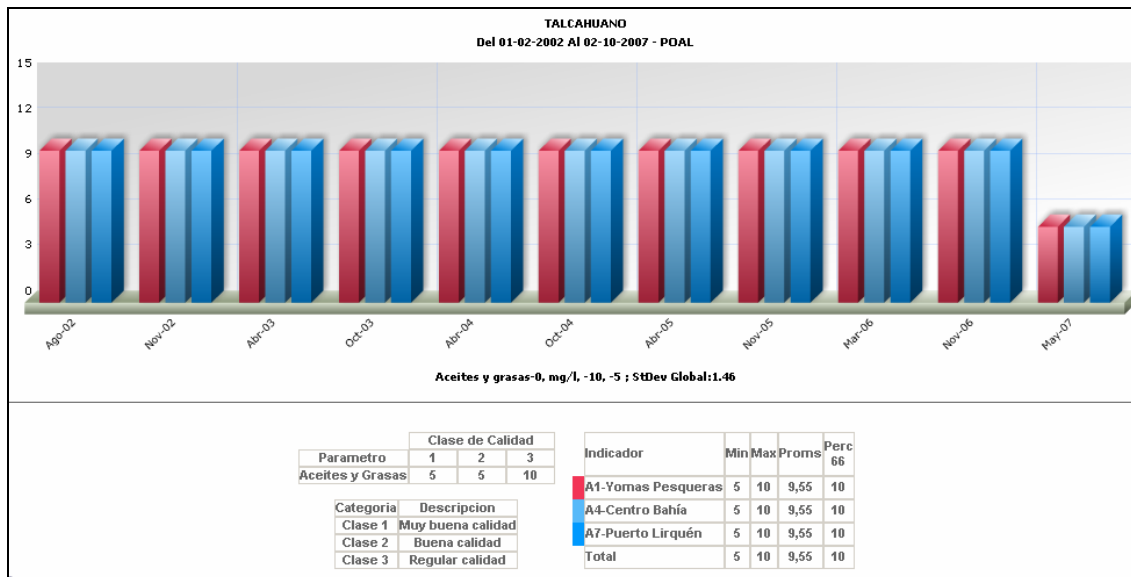


Gráfico N° 2.154 comportamiento ambiental de aceites y grasas (ppm) en agua de mar

Los compuestos orgánicos no fueron detectados en las aguas de la Bahía de Concepción. El límite de detección para aceites y grasas fue de < 10 ppm y ninguna muestra arrojó valores superiores a éste.

**Coliformes Fecales en Agua:**

El gráfico N° 2.155, refleja los contenidos microbiológicos detectados en las muestras de agua entre los años 2002 y 2007.

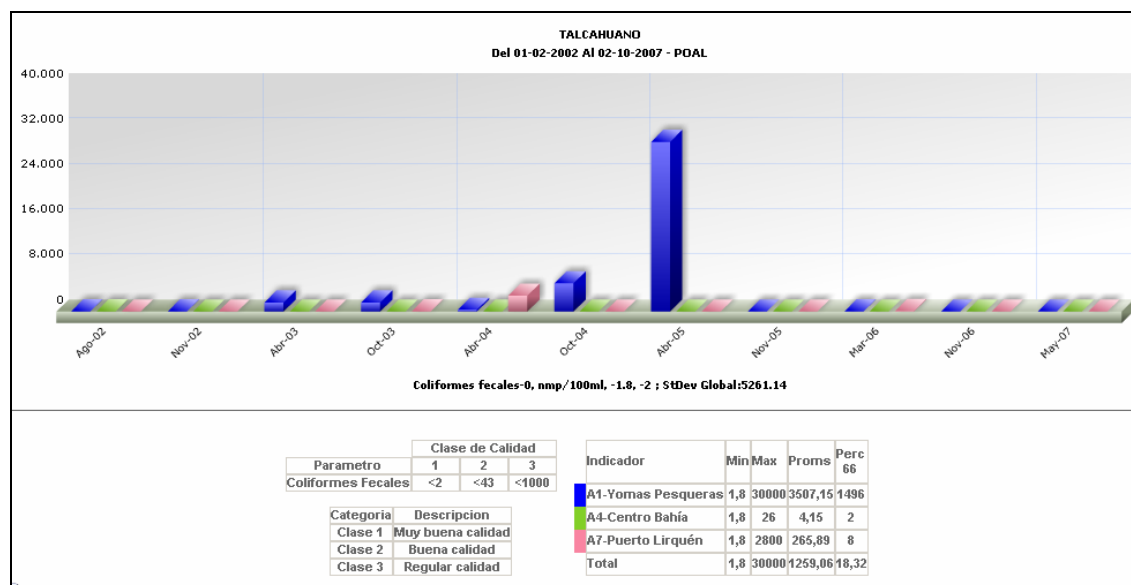


Gráfico N° 2.155 comportamiento ambiental de Coliformes Fecales (NMP) en agua de mar

En el gráfico se aprecia que la estación A1 (Yomas Pesqueras), presentó altos contenidos de coliformes durante el muestreo efectuado en abril de 2005, situación que no se volvió a repetir en las campañas siguientes. En cuanto a las demás estaciones, no se encontró evidencia de contaminación en la bahía por este indicador.

### F.3.- Análisis Muestras de Sedimento:

#### Mercurio Total Sedimentos:

El gráfico N° 2.156, muestra la variación de mercurio en las muestras de sedimentos tomadas en el período 2002-2007.

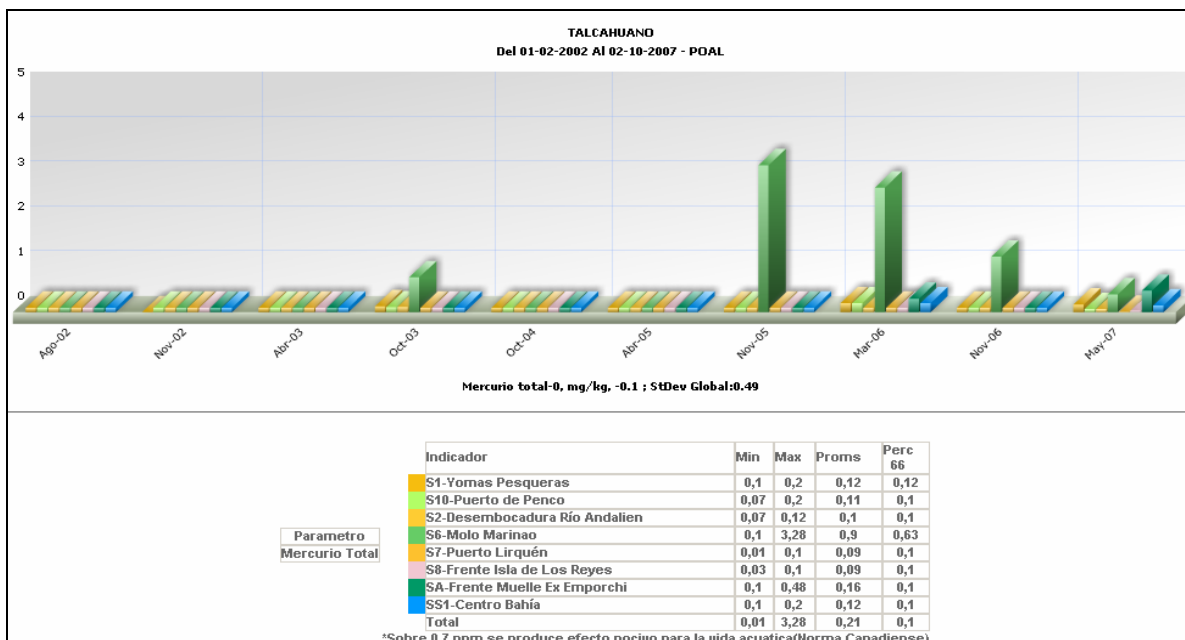


Gráfico N° 2.156 comportamiento ambiental de mercurio (ppm) en sedimentos

En la estación Molo Marinao (S6) se encontraron las más altas concentraciones de mercurio en sedimentos. Los resultados obtenidos revelan que en esta estación se superó el umbral crónico de 0,7 ppm catalogando esta área con sedimentos contaminados. Las restantes estaciones no muestran indicios de anomalía por este metal.

#### Cadmio en Sedimentos:

El gráfico N° 2.157, refleja el comportamiento de cadmio en los fondos sedimentarios de la Bahía de Concepción entre el período 2002-2007.

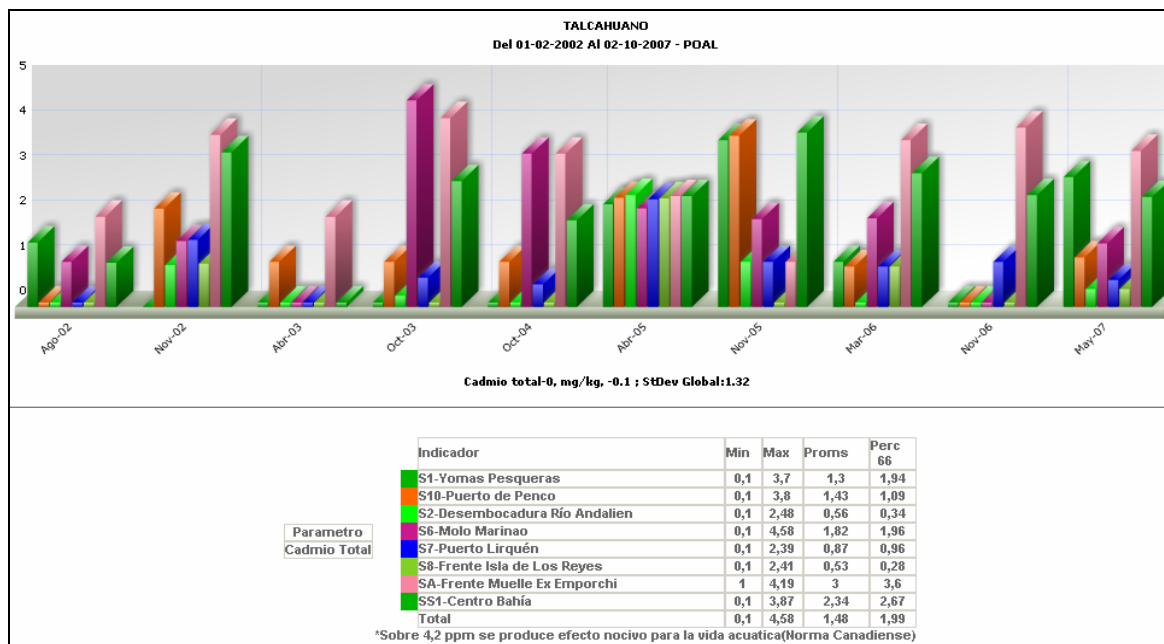


Gráfico N° 2.157 comportamiento ambiental de cadmio (ppm) en sedimentos

Las estaciones S6 (Molo Maríno) y SA (Frente Muelle Ex-Emporchi), reflejan concentraciones de cadmio que superan el límite referencial de 4,2 ppm. No obstante, en los últimos muestreos las concentraciones en estas estaciones, estuvieron muy cerca de alcanzar el límite señalado. Así, los sedimentos de la estación Molo Maríno son clasificados como de contaminación moderada.

#### Cromo en Sedimentos:

El gráfico N° 2.158, refleja el comportamiento de cadmio y cromo en los fondos sedimentarios entre el período 2002-2007.

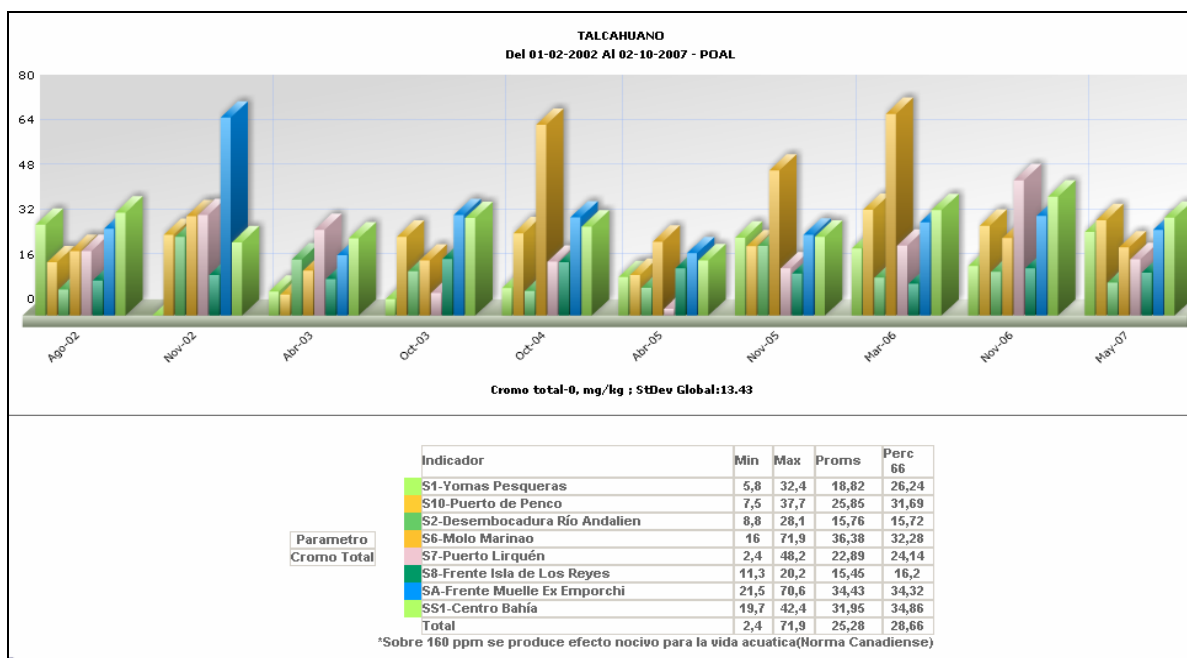


Gráfico N° 2.158 comportamiento ambiental de cromo (ppm) en sedimentos

No se aprecia contaminación por cromo en los sedimentos de la bahía de Cocepción. Todas las muestras revelaron valores bajo el límite crónico de 160 ppm. Las concentraciones más altas, aunque siempre bajo el umbral de la norma canadiense (160 ppm), se encontraron en las estaciones S6 (Molo Marinao) y SA (Frente Muelle Ex - Emporchi) con 71,9 ppm y 70,6 ppm respectivamente.

#### Plomo en Sedimentos:

El gráfico N° 2.159, muestra la serie de tiempo de plomo en la matriz sedimentaria entre los años 2002 - 2007.

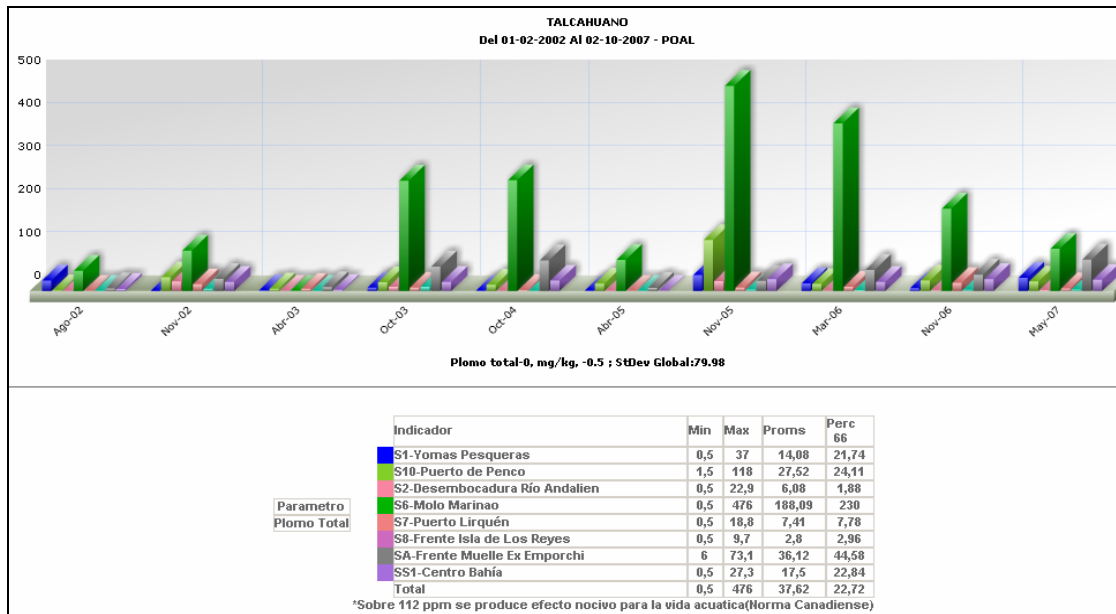


Gráfico N° 2.159 comportamiento ambiental de plomo (ppm) en sedimentos

Se encontró evidencia de contaminación por plomo en los fondos de la bahía de Cocepción. Las concentraciones más altas estuvieron en la estación S6 (Molo Marinao), con valores máximos en las campañas de 2005 y concentraciones que superaron en casi 5 veces el umbral referencial de 112 ppm. Las demás estaciones no muestran contenidos importantes de plomo en los sedimentos.

#### Cobre en Sedimentos:

El gráfico N° 2.160, presenta la variación de cobre en sedimentos en el período del 2002 al 2007 en la Bahía de Concepción.

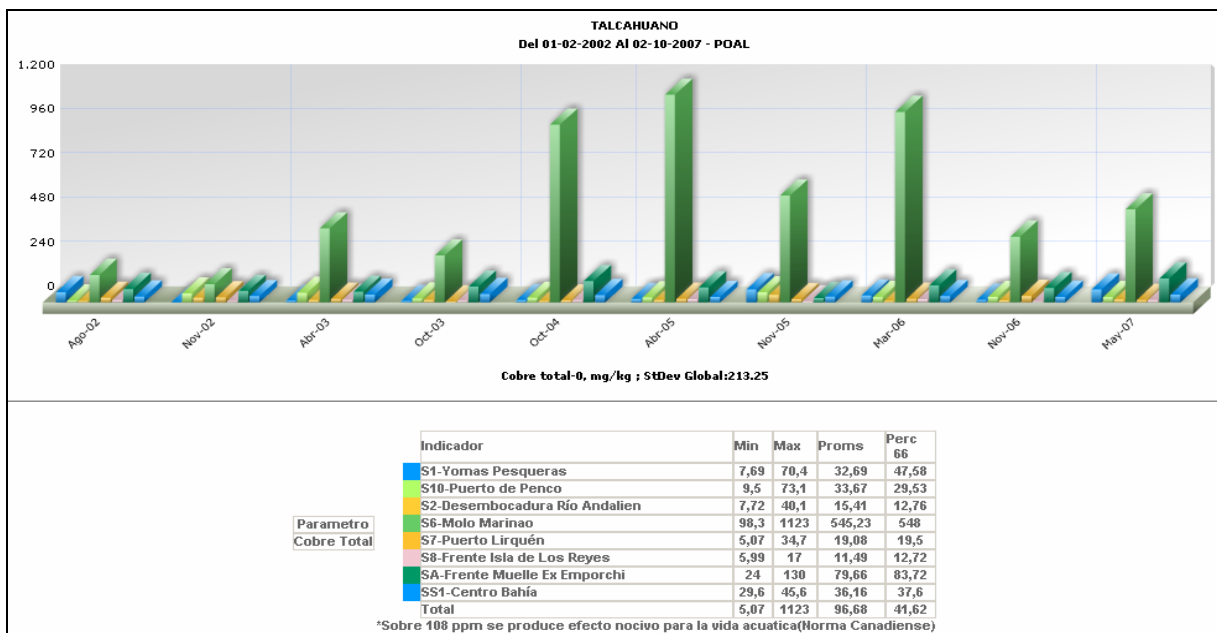


Gráfico N° 2.160 comportamiento ambiental de cobre (ppm) en sedimentos

Al igual que el plomo, la estación Molo Marinao (S6) es la que registra los más altos contenidos de cobre en la matriz sedimentaria, excediendo la máxima concentración encontrada en más de 10 veces el límite referencial que propone para este metal la norma canadiense (108 ppm). Las demás estaciones no muestran sedimentos contaminados con cobre.

#### Zinc en Sedimentos:

El gráfico N° 2.161, presenta la serie de tiempo para zinc determinado en sedimentos en el período 2002 - 2007.

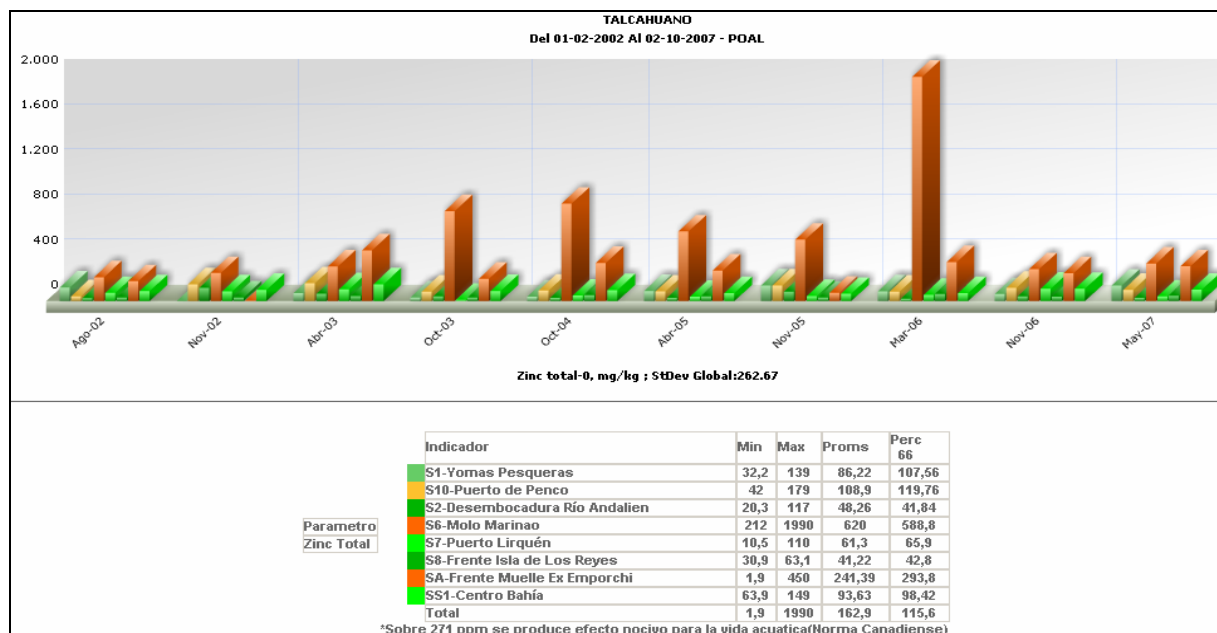


Gráfico N° 2.161 comportamiento ambiental de zinc (ppm) en sedimentos

Similar a lo que ocurre con plomo y cobre, se encontró una importante contaminación por zinc en el sector del Molo Marinao. Los contenidos de zinc más altos (marzo 2006) superan en más



de 7 veces la norma canadiense, indicando niveles de contaminación de gran toxicidad para la ecología bentónica del sector. La estación SA (Frente Muelle Ex-Emporchi), también presentó niveles importantes de contaminación por zinc, con más del doble el valor referencial.

#### Nitrógeno y Materia Orgánica en sedimentos:

Los gráficos N° 2.162 y 2.163 muestran las series de tiempo en los fondos sedimentarios para nitrógeno total y materia orgánica en el período del 2002 al 2007.

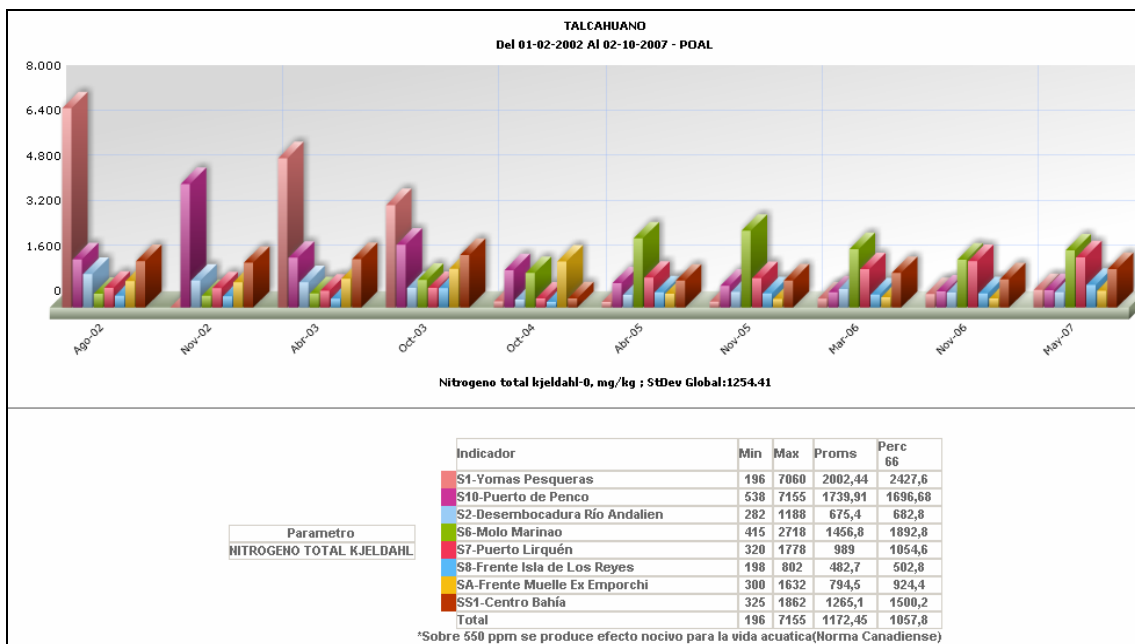


Gráfico N° 2.162 comportamiento ambiental de nitrógeno total (ppm) en sedimentos

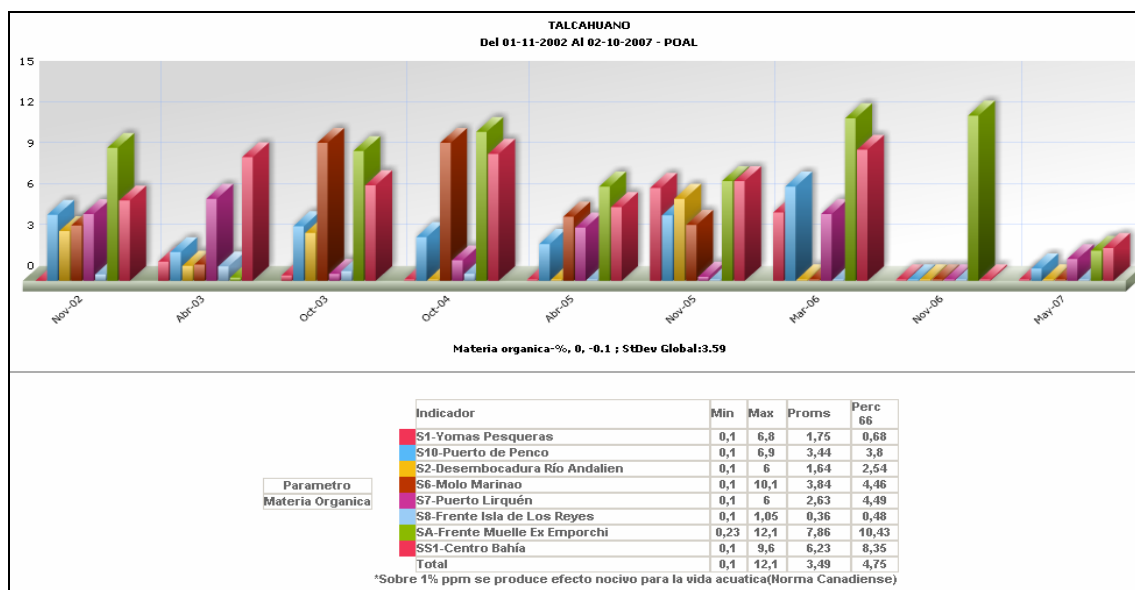


Gráfico N° 2.163 comportamiento ambiental de materia orgánica (%) en sedimentos

Todas las áreas muestreadas muestran evidencia de una importante contaminación por nitrógeno. Los sedimentos claramente tienen la categoría de “anormales” o “contaminados” por nitrógeno y materia orgánica, mostrando la influencia que ha tenido por años la industria pesquera

industrial y en alguna medida artesanal, en el área. Sólo en la estación S8 (Frente Isla de Los Reyes), los contenidos de nitrógeno total y materia orgánica son algo menores al resto de las estaciones.

#### Fósforo Total en Sedimentos:

En el gráfico N° 2.164, se aprecia el comportamiento de fósforo en la matriz sedimentaria entre los años 2002 al 2007.

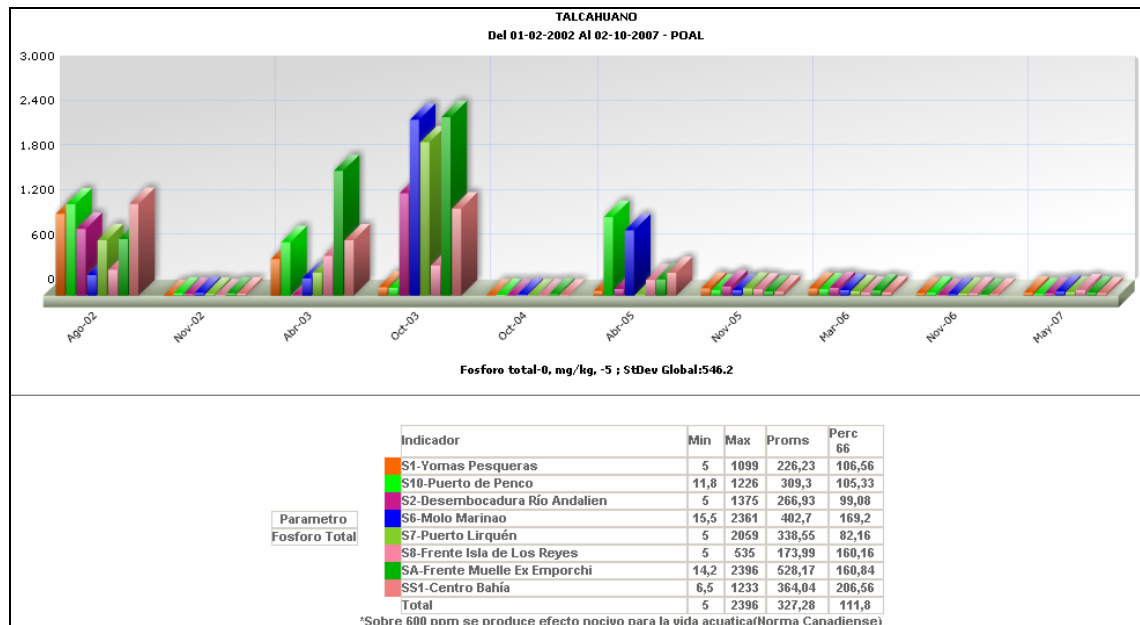


Gráfico N° 2.164 comportamiento ambiental de fósforo total (ppm) en sedimentos

Los niveles de fósforo en promedio para todo el período no superan la norma canadiense. Sin embargo al revisar en detalle cada muestreo, se aprecia que existieron aportes importantes en varias oportunidades, principalmente los primeros años de vigilancia, superándose en más de tres veces el estándar canadiense. Las áreas más impactadas fueron Molo Marinao (S6), Muelle exEmporchi (SA) y Puerto Lirquén (S7).

Si bien en promedio, las concentraciones de fósforo en el sedimento de la bahía no superan la norma canadiense, debe tenerse especial cuidado en la interpretación de estos datos ya que su importancia radica en la interacción con Nitrógeno. Ambos nutrientes en conjunto y en proporciones determinadas pueden generar problemas de eutrofización en la bahía.

#### F.4.- Clasificación ambiental de la calidad del agua

La comparación de los percentiles 66 obtenidos de los análisis por parámetro permiten definir la calidad de las aguas de la Bahía de Concepción en una de las tres categorías propuestas por la Guía Conama. Estas categorías son: Clase 1, aguas de muy buena calidad; Clase 2, aguas de buena calidad y Clase 3, aguas de regular calidad.

A continuación, en la siguiente tabla resumen, se aplica esta clasificación de acuerdo a los resultados obtenidos en la vigilancia ambiental, tras 6 años de monitoreo de la calidad de las aguas de la Bahía de Concepción.

Parámetros	A1 (Yomas Pesqueras)	A4 (Centro Bahía)	A7 (Puerto Lirquén)
Mercurio ppb	No detectado	No detectado	No detectado
Cadmio ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Plomo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad
Cobre ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Zinc ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cromo ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Amonio ppm	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Coliformes Fecales NMP/100ml	Regular Calidad*	Buena Calidad	Buena Calidad
Aceites y Grasas ppm	No detectado	No detectado	No detectado

#### F.5.- Clasificación ambiental de la calidad de los sedimentos

En base a la comparación efectuada entre las concentraciones promedio determinadas en cada muestras tomada en los distintos puntos distribuidos en la Bahía de Concepción, y las directrices referenciales propuestas a nivel internacional, es posible determinar en el cuerpo de agua, una condición normal (N), Moderada (M), o Contaminada (C) de los parámetros que identifican a continuación:

En la Tabla siguiente se presenta un resumen de los contenidos químicos analizados en agua en la Bahía de Concepción:

Parám.	S1 (Yomas Pesqueras)	S2 (Desem. Río Andalien)	S6 (Molo Marinao)	S7 (Puerto Lirquén)	S8 (Frente Isla de Los Reyes)	S10 (Puerto de Penco)	SA (Frente Muelle Ex - Emporchi)	SS1 (Centro Bahía)
Mercurio ppm	Normal	Normal	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cadmio ppm	Normal	Normal	Moderado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Plomo ppm	Normal	Normal	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cobre ppm	Normal	Normal	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Zinc ppm	Normal	Normal	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Contaminado	Normal
Cromo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Nitrógeno total ppm	Contaminado	Contaminado	Contaminado	Contaminado	Moderado	Contaminado	Contaminado	Contaminado
Fósforo Total ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Mat. Orgánica %	Contaminado	Contaminado	Contaminado	Contaminado	Normal	Contaminado	Contaminado	Contaminado

## F.6.- Discusión de Resultados Obtenidos en Agua y Sedimentos

La Bahía de Concepción es una las bahía con mayor diversidad de usos del litoral chileno. La Figura N° 22 muestra los principales de estos usos. Esto genera situaciones incompatibles en términos ambientales y que han conducido a la alteración del ecosistema que muestran los resultados obtenidos en este programa de vigilancia ambiental.

No obstante los resultados obtenidos en la muestras de agua, ellos no reflejan contaminación por metales pesados salvo ciertos niveles de plomo que no han alcanzado niveles importantes. La mayoría de éstos están en la Clase 1 definida por la Guía CONAMA como de muy buena calidad.

No se detectó una presencia importante de aceites y grasas y los contenidos de amonio fueron bajos.

La calidad microbiológica del agua de la bahía no muestra niveles de contaminación por aguas servidas. Sólo en la estación A1 (Yomas Pesqueras), se pudo detectar un evento puntual durante abril de 2005, con una concentración sobre los 30.000 NMP. Se trató probablemente de un evento de descarga de aguas servidas que no fue continuo en el tiempo, sin embargo, el percentil 66 dio valores correspondientes a clase 3 “regular calidad” de las aguas.

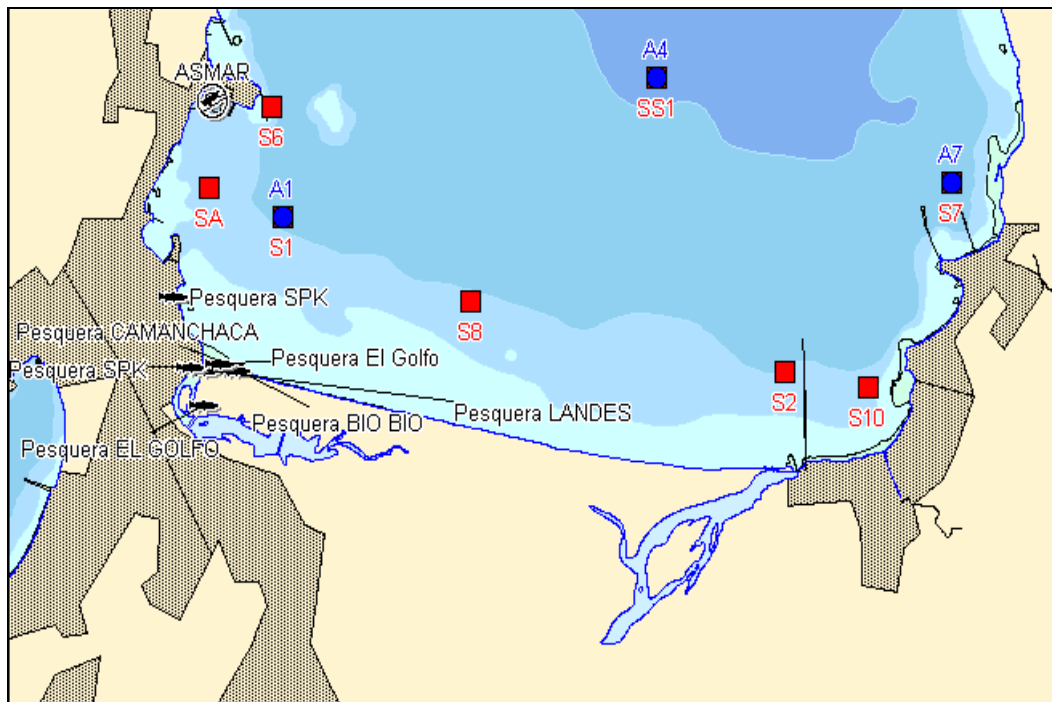


Figura N° 22: actividades económicas efectuadas en el borde costero de Bahía de Concepción

Los sedimentos de la bahía se encuentran altamente contaminados con metales pesados, particularmente con plomo, cobre y zinc. Esta contaminación está localizada en el sector de Molo Marinao, a un costado de ASMAR Talcahuano, frente a ductos de descarga de esta empresa, por fuera del molo de los astilleros. En esta estación, los niveles superan la norma canadiense entre 5 y 10 veces su valor, generando un deterioro ambiental de magnitudes importantes al ecosistema local.

La matriz sedimentaria de este cuerpo de agua también presenta problemas de enriquecimiento orgánico con nitrógeno, en menor medida fósforo y materia orgánica lo que ha generado los constantes problemas de eutrofización conocidos en la Bahía de Concepción.

#### **F.7.- Conclusiones**

Los resultados obtenidos en la Bahía de Concepción en agua, permiten concluir lo siguiente:

- 1.- La calidad ambiental del agua de mar de la bahía no es mala. Si bien se detectaron niveles moderadamente altos de plomo, éstos no superan el nivel referencial como para considerar estas aguas como de mala calidad.
- 2.- No se encontró evidencia de contaminación fecal.
- 3.- No se detectaron contenidos de aceites y grasas en ninguna de las estaciones muestreadas.

En tanto los análisis sedimentarios reflejaron que:

- 1.- Las zonas más degradadas de la Bahía de Concepción corresponden al sector frente a Punta Marinao, entre las instalaciones de ASMAR T y el puerto de Talcahuano. En estos sectores se encontraron altos contenidos de los metales pesados, plomo, cobre y zinc y en menor medida mercurio. La principal actividad industrial que allí se desarrolla son los astilleros ASMAR y diques existentes en el sector.
- 2.- Los fondos sedimentarios se encuentran altamente intervenidos por compuestos orgánicos y nutrientes evidenciando una alteración antrópica proveniente de las actividades pesqueras que se desarrollan en el sector. La alta tasa de residencia de las aguas dentro de la Bahía, empeoran esta situación.
- 3.- Cabe señalar que los contenidos de nutrientes detectados pueden deberse además a los aportes naturales que ingresan a través de cursos fluviales y a las descargas orgánicas generadas de las actividades faenadas de pesca; ambos factores en sinergia con la baja circulación que presenta esta bahía, y que contribuyen a hipernutricar la columna de agua y enriquecer orgánicamente los sedimentos.

# RÍO VALDIVIA



## II.2.10.- RÍO VALDIVIA

### A) Antecedentes Físicos

En la Zona Central de Chile, la hoya del Río Valdivia forma parte de la X Región de Los Lagos y es la primera que se genera más allá de la línea de frontera con Argentina, constituyendo, por lo tanto, una hoya calificada como trasandina.

Se caracteriza fundamentalmente por contener, en su curso alto, una cadena de grandes lagos dispuestos en serie. La extensión total de la cuenca es de 10.275 km<sup>2</sup>.

El Río Callecalles es el resultado de un complejo sistema fluviolacustre, en el que las aguas, especialmente de lluvias, son reguladas en los lagos andinos, originando un caudal abundante y relativamente uniforme durante todo el año.

El Callecalles dirige su curso de 55 Km al W en un desarrollo meándrico y de escasa pendiente. A su término, rodea la ciudad de Valdivia por sus costados este, norte y la ribera sureste de la isla Tejas, ya que el otro costado de esta isla lo baña el Río Cruces. A partir de la junta de ambos nace el Río Valdivia que va a desembocar en la bahía de Corral, tras un recorrido de 15 Km. Un brazo hacia el sur rodea por el sur y por el oeste la gran isla del Rey y se junta al brazo principal en la misma bahía nombrada. Este brazo llamado Río Tornagaleones recibe por su ribera oriental dos Ríos de cursos paralelos de breve desarrollo: son los Ríos Angachilla y Futa.

### B) Actividades económicas

La ciudad de Valdivia, con una población de 140.000 habitantes es la puerta de entrada a la X Región de Los Lagos. La ciudad de Valdivia basa su economía en actividades industriales, universitarias, eventos artesanales, de artilleros y de turismo.

Las principales actividades de la cuenca corresponden a las actividades silvoagropecuarias, agrícolas y ganaderas reflejadas, en la Tabla 3. con un gran número de empresas de este rubro. Además, la mayor actividad industrial existente en Valdivia se concentra en el Río Callecalles.

De acuerdo con los Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Protección del Medio (GESAMP, (2001)), las principales fuentes fijas de contaminación corresponden a las plantas industriales, desechos municipales y sitios de extracción, explotación y construcción como excavaciones (explotación agrícola, aprovechamiento forestal, minería, etc).

Los contaminantes presentes en las fuentes industriales son por lo general nutrientes, metales pesados, compuestos orgánicos específicos, radionúclidos y propiedades físico-químicas específicas, como pH, salinidad, la demanda de oxígeno, dureza, etc. Los componentes de los desechos son microorganismos patógenos, nutrientes y carbono orgánico y se encuentran combinados con aceites, grasas y productos químicos derivados de las industrias, los que entran en las corrientes de desechos domésticos a través de los sistemas de alcantarillado y la escorrentía pluvial. Los desechos industriales contienen además cantidades altas de materia orgánica provenientes de las plantas procesadoras de alimentos y bebidas y de la industria del cuero y de la madera. Otras actividades aumentan la descarga de sedimentos como los relaves mineros.

Las fuentes difusas más evidentes corresponden a la agricultura, por el uso de pesticidas e insecticidas, así como el aporte de residuos de insumos agrícolas y restos de vegetales y animales.



## C) Principales Empresas de la Región y sus Contaminantes.

GM VALDIVIA					
EMPRESA	N° de Plantas	N° de Ductos	Naturaleza de Descarga	Tipo Emisario	Principales Contaminantes.
Empres Aguas Araucanía	5	5	Aguas Servidas	subacuático	-----
Hospital Pto. Saavedra	1	1	Aguas de Desechos	superficial	-----
ESSAR Pto. Saavedra	1	1	Aguas Servidas	subacuático	-----
					Aceites y Grasas Aluminio Arsénico Boro Cadmio Cianuro Cloruros Cobre Coliformes Fecales Indice de Fenol Cromo Hexavalente DBO5 Fluoruro Fósforo Hidrocarburos Fijos Hierro Manganese Mercurio Molibdeno Niquel Nitrógeno Total Kjeldahl Pentaclorofenol Ph Plomo Poder Espumógeno Selenio Sólidos Totales Suspendidos Sulfatos Sulfuros T° Tetracloroeteno ToluenoTriclorometano Xileno Zinc.
Aguas Décima S.A.	1	1	Aguas Servidas	subacuático	
Universidad Austral de Chile	3	3	Aguas de Desechos	superficial	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Temperatura Coliformes Totales Demanda biológica de oxígeno Fósforo Total Nitrógeno total kjeldahl Poder espumogeno
C.M.P.C. , Cartulinas S.A., Planta Valdivia	1	1	Aguas de Proceso	subacuático	Temperatura Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Demanda biológica de oxígeno Aluminio Boro Cloruros Sulfato Sulfuro riclorometano Índice de Fenol Hidrocarburos Volátiles



MASISA, Planta Ranco	1	1	Aguas de Proceso	subacuático	Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Demanda biológica de oxígeno Aluminio Boro Cloruros Fluoruro Fósforo Total Hierro Manganeso Nitrógeno total kjeldahl Detergentes, Triclorometano.
INFODEMA S.A.	1	1	Aguas de Proceso	subacuático	PH Sólidos Suspendidos Totales Índice de fenol Temperatura Aluminio Demanda biológica de oxígeno Hierro Nitrógeno total kjeldahl Poder espumógeno.
Pesquera Isla del Rey	1	1	Aguas de Proceso	submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Temperatura Coliformes Totales Demanda biológica de oxígeno Fósforo Total Nitrógeno total kjeldahl Poder espumógeno.
Empresa Sanitaria de los Lagos	1	1	Aguas Servidas	submarino	-----
Pesquera El Golfo S.A.	2	2	Aguas de Proceso	submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Demanda biológica de oxígeno.
Procesadora de Carnes del Sur S.A.	1	1	Aguas de Proceso	subacuático	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Temperatura Coliformes Totales Demanda biológica de oxígeno Fósforo Total Nitrógeno total kjeldahl Poder espumogeno
S.A.I.C. Hoffmann	1	1	Aguas de Proceso	subacuático	PH Sólidos Suspendidos Totales Temperatura Demanda biológica de oxígeno Fósforo Total Nitrógeno total kjeldahl Poder espumógeno.
Condominio Silos de Torobayo	1	1	Aguas Servidas	subacuático	-----
Forestal Río Calle-Calle	1	1	Aguas de Proceso	subacuático	PH Sólidos Suspendidos Totales Índice de fenol Temperatura Aluminio Demanda biológica de oxígeno Mercurio Nitrógeno total kjeldahl Poder espumógeno.
Levaduras Collico S.A.	1	1	Aguas de Proceso	subacuático	-----
Piscicultura Licán	1	1	Aguas de Proceso	subacuático (Lago Puyehue)	-----

## D) RESULTADOS

A continuación se entregan los resultados obtenidos luego de 6 años de análisis de contaminantes en agua y sedimentos en el Río Valdivia.

## D.1.- Ubicación Puntos de Muestreo:

Este cuerpo de agua dulce tiene asignado un total de 4 estaciones de agua, y 5 estaciones de sedimentos, las coordenadas geográficas y los topónimos respectivos son los siguientes:

VALDIVIA				
EST.	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	PROF (m)	NOMBRE LOCAL
A6	39°50'39,31"	73°16'09"	6	Desembocadura Río Guacamayo
AB	39°48'44,58"	73°14'54,12"	10	Al Norte Club de Yates
AS1	39°47'24"	73°12'13,06"	8	Sector Chumpullo
AS2	39°47'23"	73°10'35"	7	A la Cuadra Cuesta Soto
S6	39°50'39,31"	73°16'09"	6	Desembocadura Río Guacamayo
SA	39°49'21"	73°13'14,26"	7	Frente Estación de Trenes
SB	39°48'44,58"	73°14'54,12"	10	Al Norte Club de Yates
SS1	39°47'24"	73°12'13,06"	8	Sector Chumpullo
SS2	39°47'23"	73°10'35"	7	A la Cuadra Cuesta Soto

En la Figura N° 23 se representa la distribución de los puntos de muestreo en agua y sedimento del Río Valdivia.

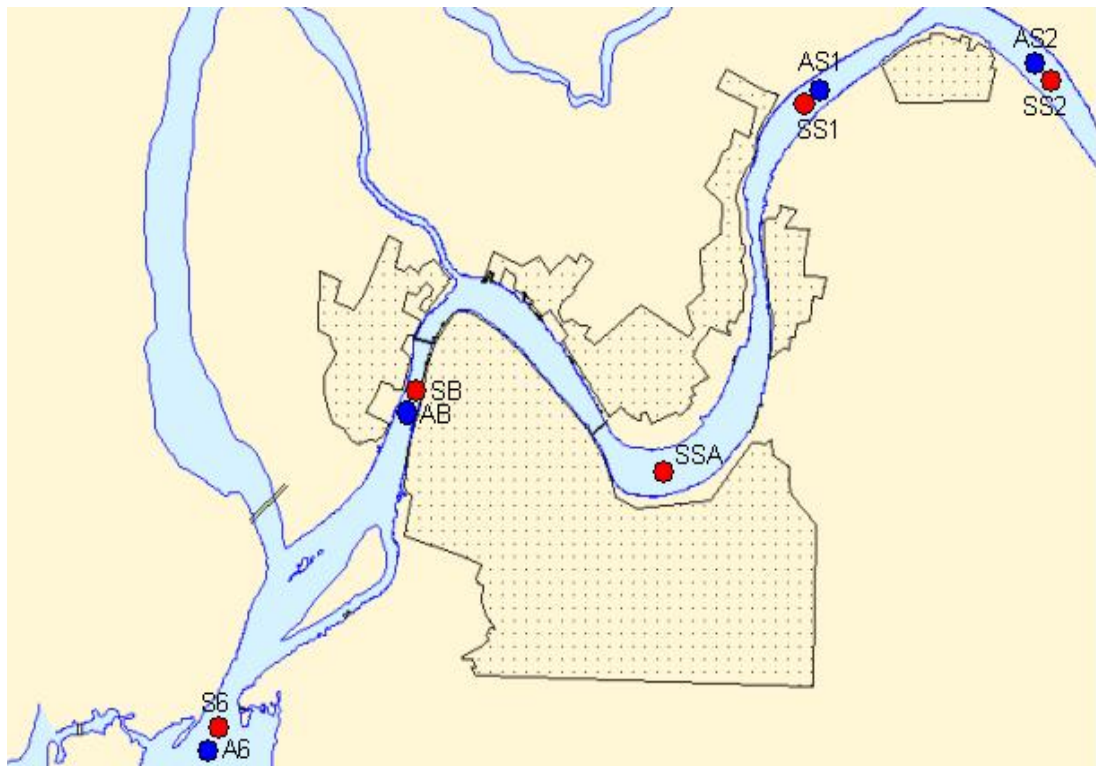


FIGURA N° 23 : Estaciones de muestreo en el Río Valdivia.

## D.2.- Análisis Muestras de Agua:

## Mercurio Total Agua:

El gráfico N° 2.165 muestra el conjunto de datos analizados de mercurio en agua, que corresponden a las campañas semestrales realizadas desde el 2002 al 2006.

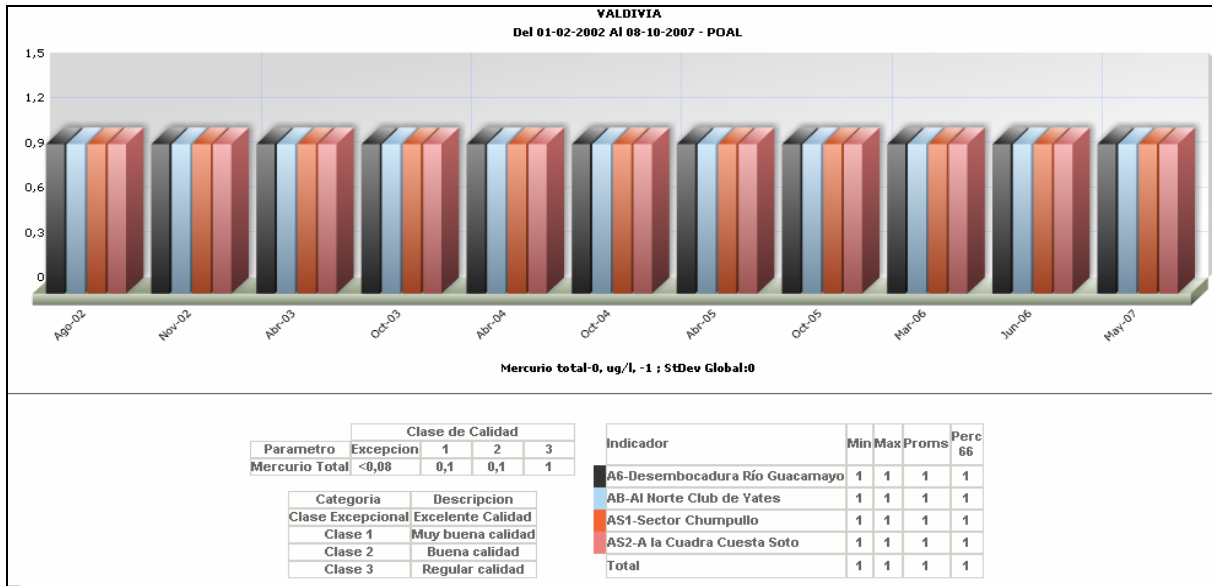


Gráfico N° 2.165 comportamiento ambiental del mercurio (ppb) en agua continental.

En ninguna de las estaciones muestreadas se detectó mercurio. El límite de detección fue de <1 ppb.

## Cromo Total y Plomo Total en Agua:

Los gráficos N° 2.166 y N° 2.167, muestran las variaciones en el agua de cromo y plomo respectivamente, entre los años 2002 y 2007.

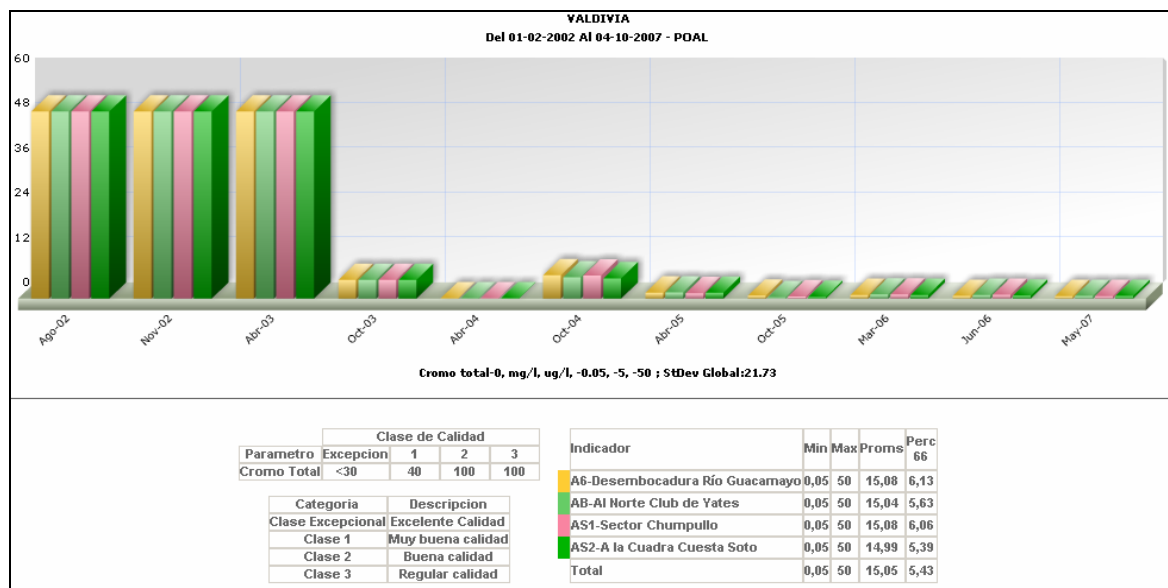


Gráfico N° 2.166 Comportamiento ambiental de cromo (ppb) en agua continental.

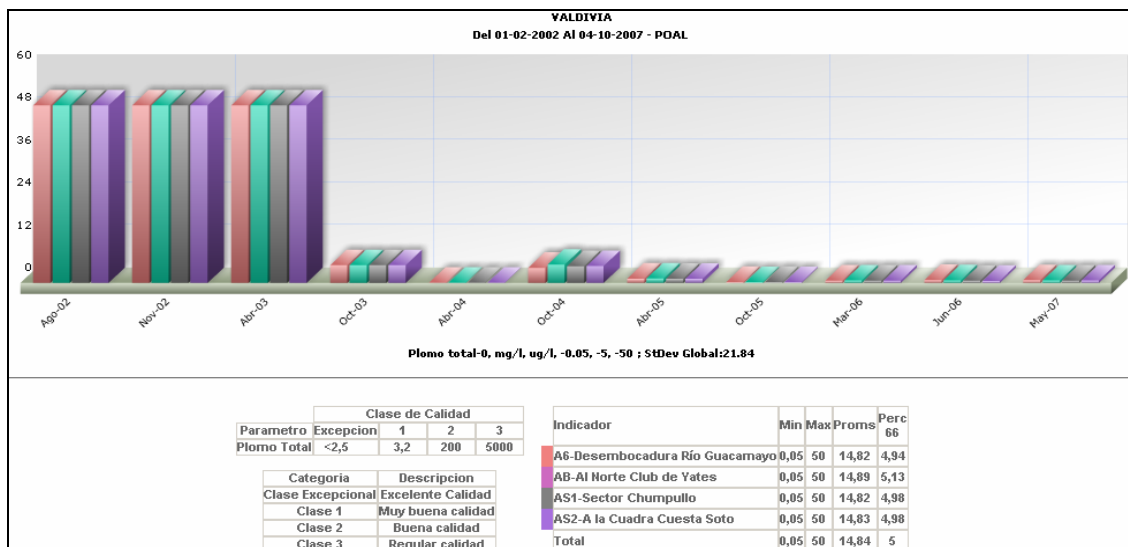


Gráfico N° 2.167 Comportamiento ambiental de plomo (ppb) en agua continental

Los contenidos de cromo y plomo fueron bajos. Las aguas del río Valdivia pueden clasificarse como de “muy buena calidad” o Clase 1, respecto a plomo y como “excepcionales” para el plomo, según los límites señalados en la Guía CONAMA para aguas continentales. Los valores altos que se aprecian en los gráficos N° 2.166 y N° 2.167 corresponden al límite de detección (< 50 ppb) informado por el laboratorio durante las primeras campañas.

#### Cobre Total y Cadmio Total en Agua:

Los gráficos N° 2.168 y N° 2.169 muestran las concentraciones de cobre y cadmio en el período 2002 - 2007 en las aguas del río Valdivia.

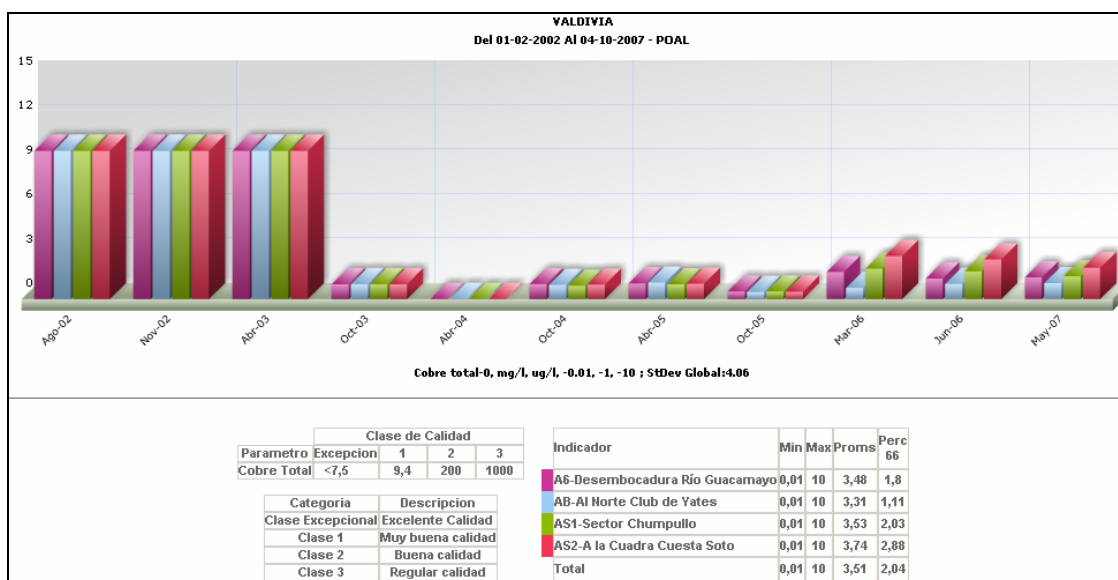


Gráfico N° 2.168 Comportamiento ambiental de cobre (ppb) en agua continental

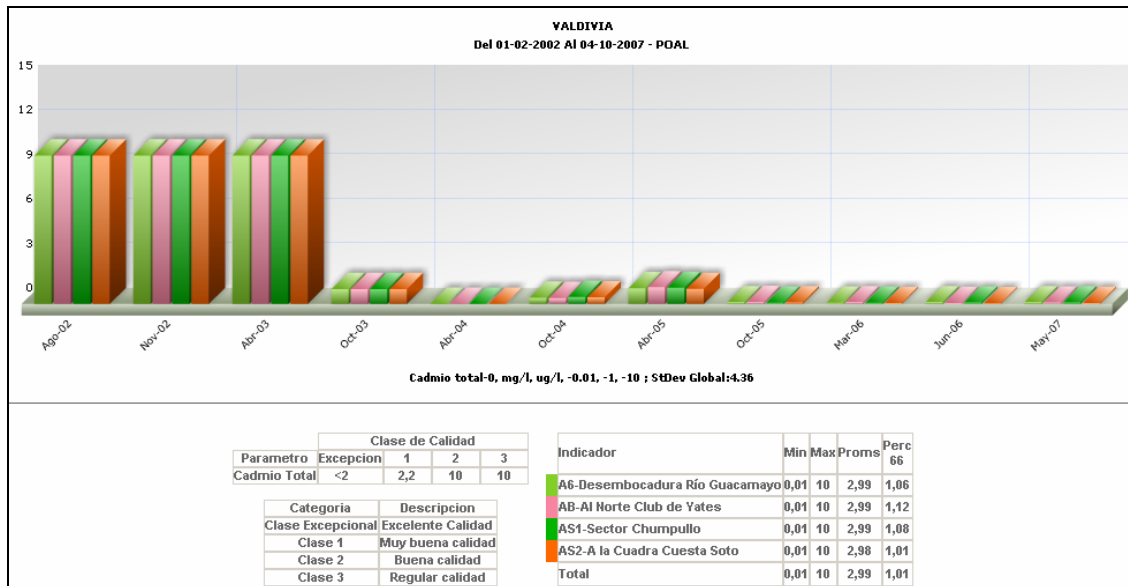


Gráfico N° 2.169 Comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua continental

Los contenidos de cobre y cadmio no excedieron los 3 ppb, en las muestras de agua analizadas durante los periodos de muestreo. Estos resultados permiten clasificar las aguas del río Valdivia en la Clase “excepcional”, según la Guía CONAMA. Los valores detectados en las primeras campañas, corresponden al límite de detección informado por el laboratorio.

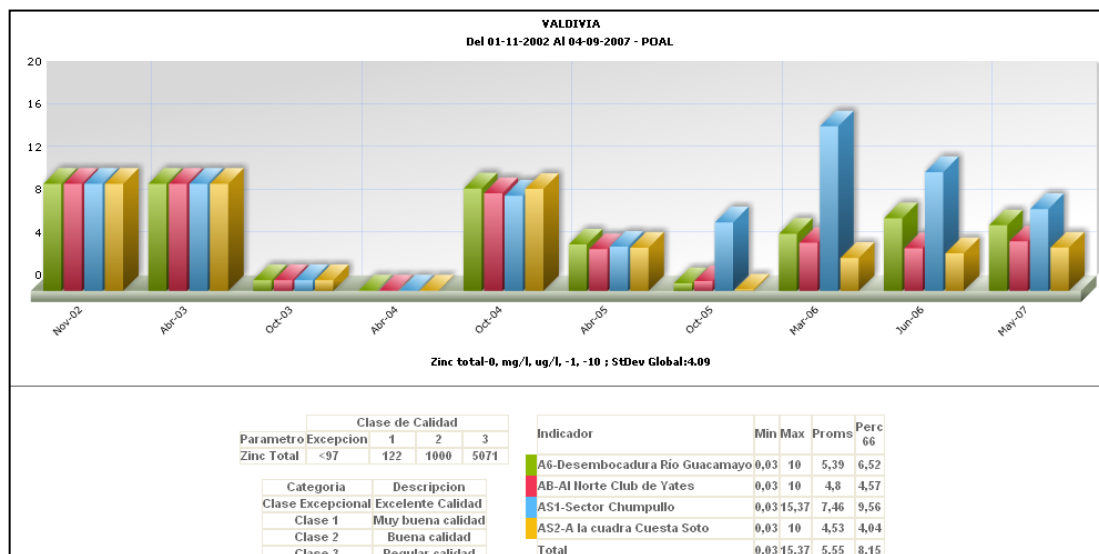


Gráfico N° 2.170: Comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua continental

### Amonio en Agua:

Se aprecia en el gráfico N° 2.171, la serie de tiempo para amonio en agua entre los años 2002 y 2007 en el Río Valdivia.

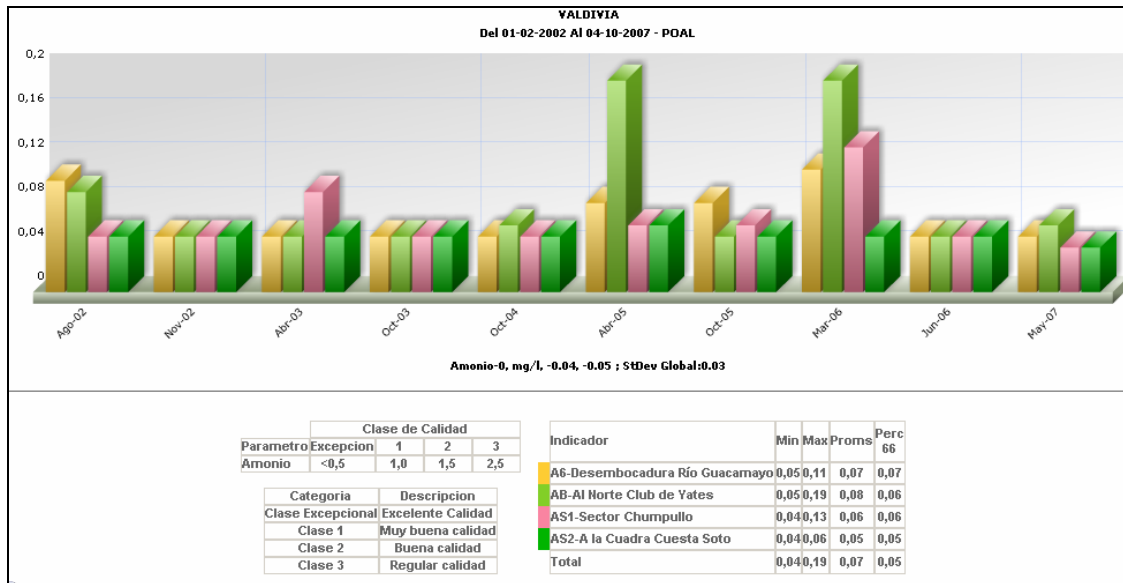


Gráfico N° 2.171 comportamiento ambiental de amonio (ppm) en agua continental

Si bien la estación AB (Norte Club de Yates), presenta mayores contenidos de amonio en relación a las estaciones restantes, las concentraciones están dentro de la categoría de calidad “excepcional” que señala la Guía CONAMA.

#### DBO<sub>5</sub> en Agua:

Se aprecia en el gráfico N° 2.172, la serie de tiempo para amonio en agua entre los años 2002 y 2007.

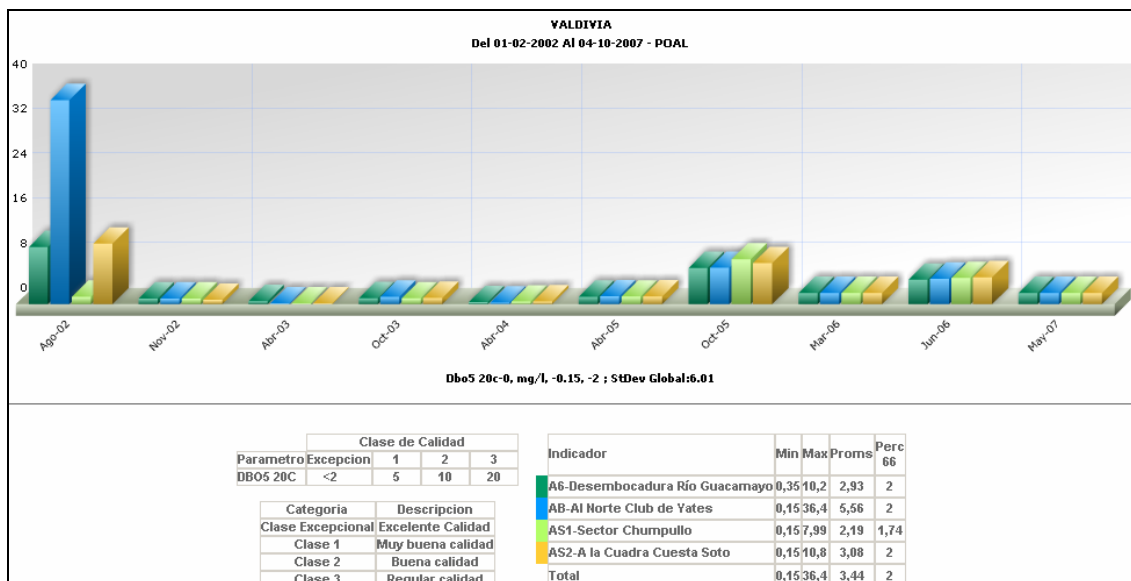


Gráfico N° 2.172 Comportamiento ambiental de amonio (ppm) en agua continental

La estación AB (Norte Club de Yates), presentó la mayor concentración de DBO<sub>5</sub> con 36,4 ppm disminuyendo los muestreos siguientes. Según los percentiles, todas las estaciones se clasifican en la Clase 1, “aguas de muy buena calidad”.

**Clorofila a en Agua:**

El gráfico N° 2.173 refleja la serie de tiempo entre el 2002 y 2007 para clorofila a en el río Valdivia.

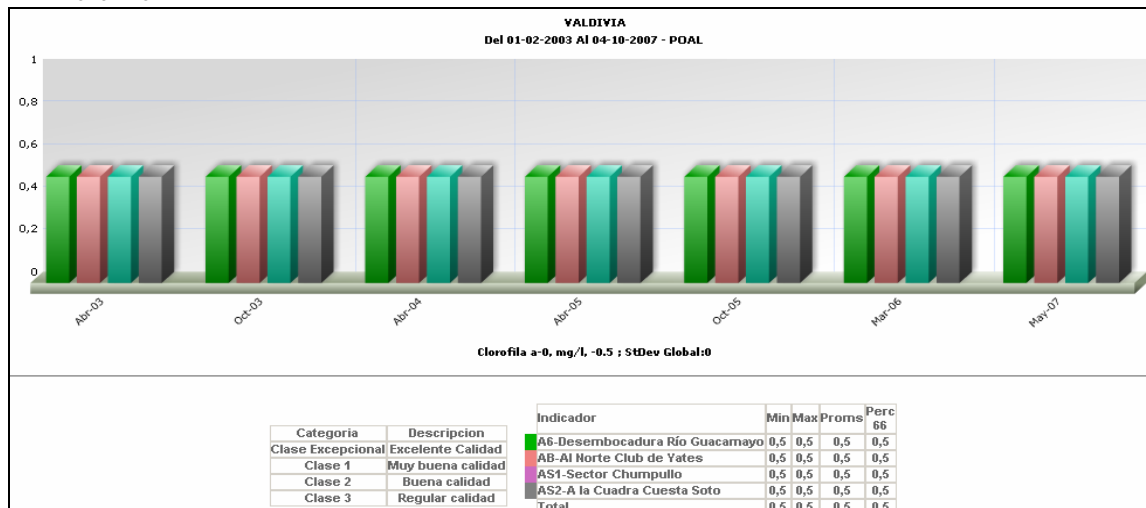


Gráfico N° 2.173 comportamiento ambiental de clorofila "a" (ppm) en agua continental

No fueron detectados contenidos de clorofila "a" en las estaciones de muestreo, ya que los valores informados por el laboratorio correspondieron al límite de detección de < 0,5 ppm.

**Aceites y Grasas en Agua:**

El gráfico N° 2.174, refleja la serie de tiempo entre el 2002 y 2007 para aceites y grasas en el río Valdivia.

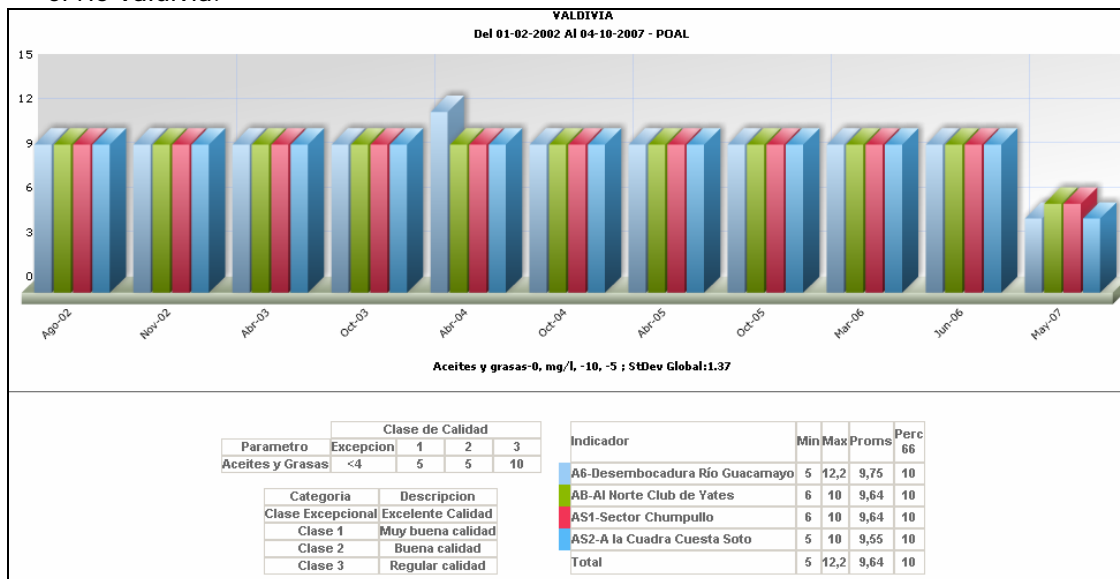


Gráfico N° 2.174 Comportamiento ambiental de aceites y grasas (ppm) en agua continental

No se detectan aceites y grasas en el río. Los valores señalados corresponden al límite de detección de < 10 ppm.

### Coliformes Fecales en Agua:

El gráfico N° 2.175, evidencia la variación de coliformes fecales en el agua durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

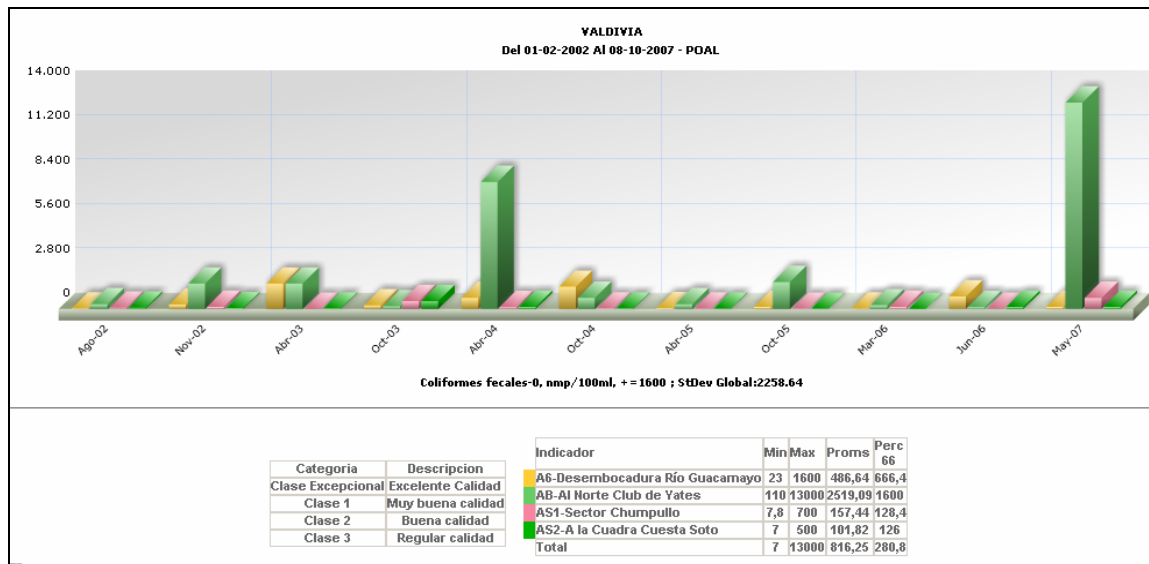


Gráfico N° 2.175 Comportamiento ambiental de coliformes fecales (NMP) en agua continental

La estación AB (Al Norte Club de Yates), se encuentra altamente intervenida por contaminación de origen fecal, presentando durante el muestreo del 2007 un contenido de 13.000 NMP. Todas las estaciones han evidenciado problemas con este indicador, estableciéndose la presencia de coliformes fecales en el curso fluvial. Con estos datos, las aguas del río Valdivia se clasifican como de "regular calidad" (en Clase 3).

### D.3.- Análisis Muestras de Sedimento:

#### Mercurio total en Sedimentos:

El gráfico N°2.176 muestra el comportamiento de las concentraciones de mercurio en sedimento obtenidas en 5 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007 en el río Valdivia.



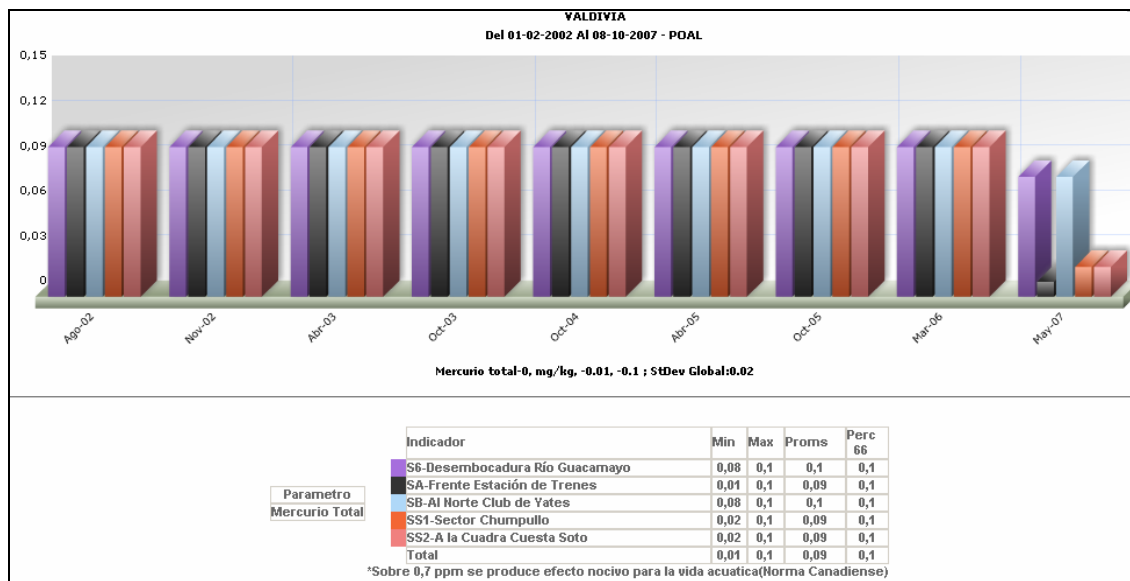


Gráfico N° 2.176 Comportamiento ambiental de mercurio total (ppm) en sedimentos

No se encontró contaminación con mercurio en los sedimentos del río. Las concentraciones están bajo el umbral referencial de 0,7 ppm.

#### Cadmio total en Sedimentos:

El gráfico N°2.177 muestra el comportamiento de las concentraciones de cadmio en sedimento obtenidas en 9 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007 en el río Valdivia.

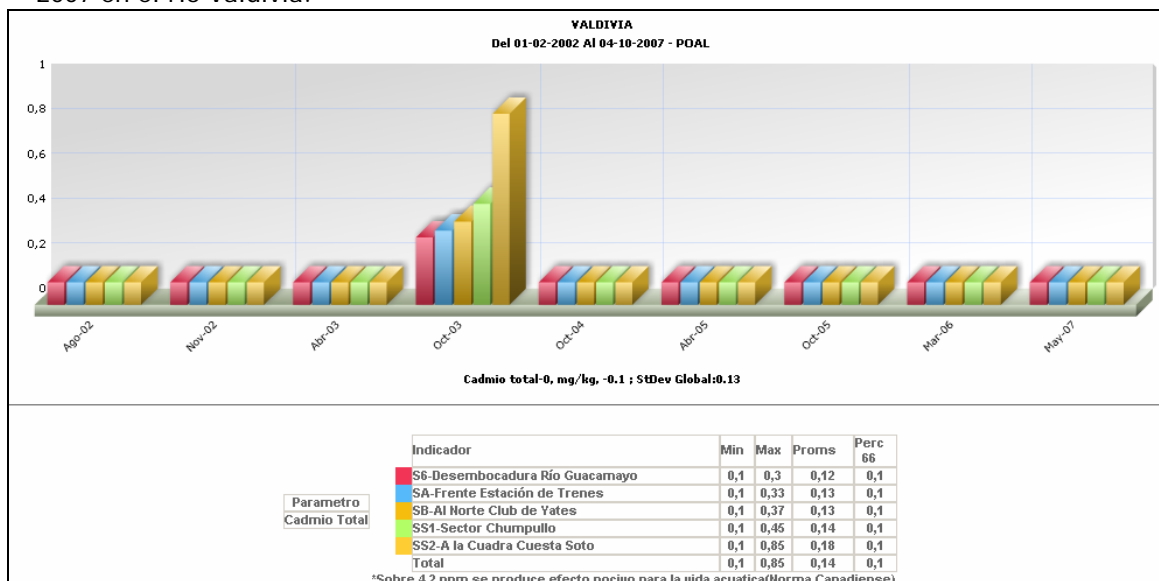


Gráfico N° 2.177 Comportamiento ambiental de cadmio total (ppm) en sedimentos

No se encontró contaminación por cadmio en los sedimentos del río. Todos los valores estuvieron bajo el umbral crónico de la norma canadiense de 4,2 ppm.

### Cromo y plomo total en Sedimentos:

Los gráficos N° 2.178 y N° 2.179 muestran el comportamiento de las concentraciones de cromo y plomo, respectivamente, en sedimentos obtenidos en 5 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007 en el río Valdivia.

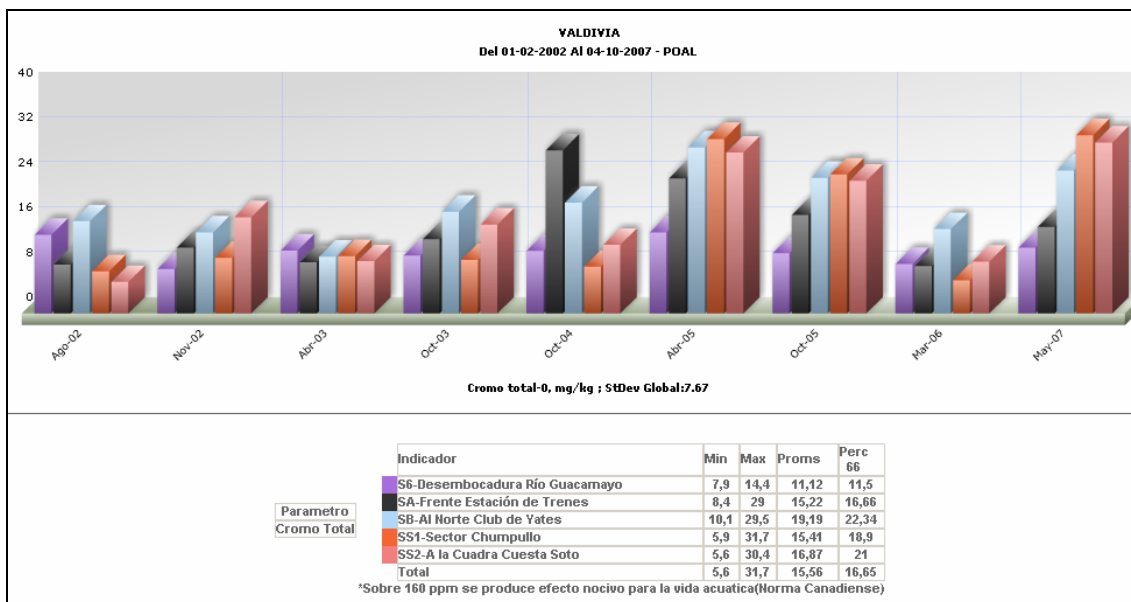


Gráfico N° 2.178 Comportamiento ambiental de cromo total (ppm) en sedimentos

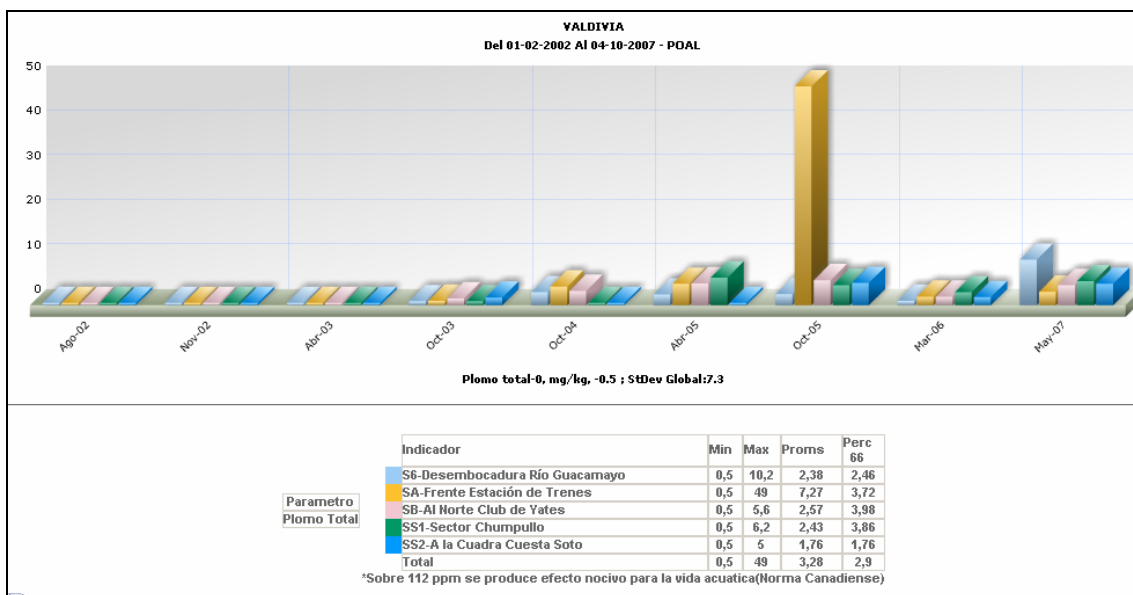
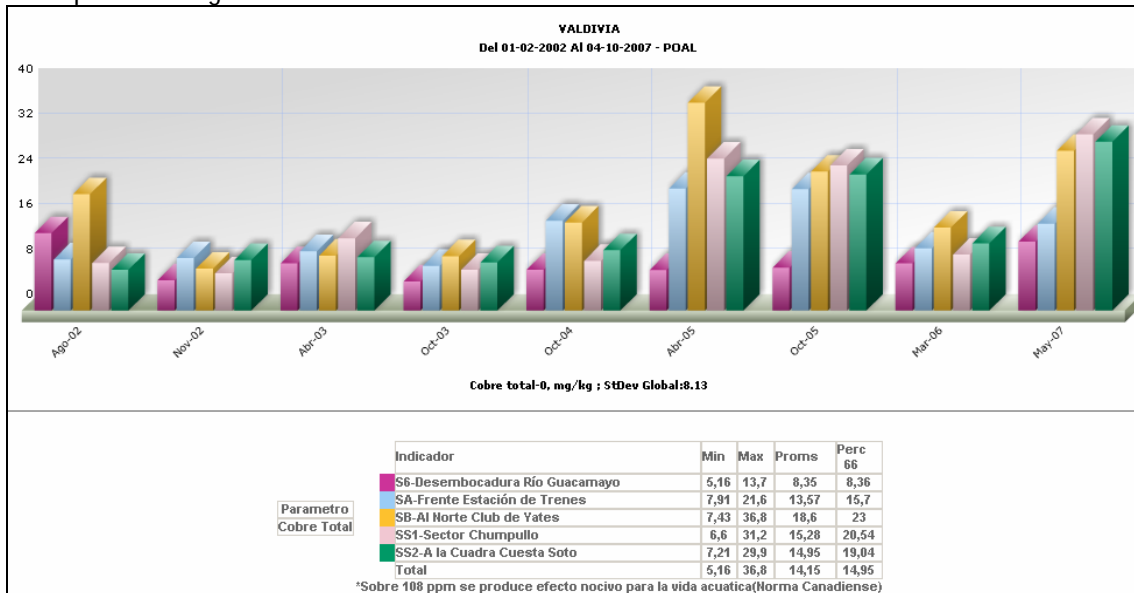


Gráfico N° 2.179 Comportamiento ambiental de plomo total (ppm) en sedimentos

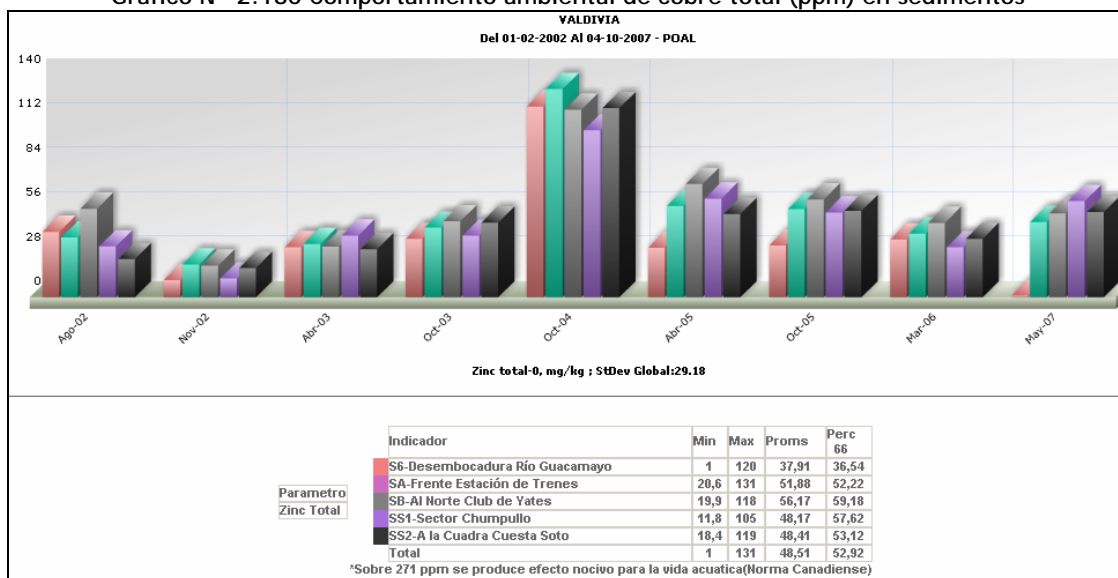
Cromo y plomo siempre mantuvieron valores bajo el límite referencial de la norma canadiense para cada metal, por lo que no se evidencian efectos nocivos en los fondos sedimentarios producto de los metales señalados.

**Cobre total y zinc total en Sedimentos:**

Los gráficos N° 2.180 y N° 2.181 muestran el comportamiento de las concentraciones de cobre y zinc, respectivamente, en sedimentos obtenidos en 5 estaciones muestreadas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007 en el río Valdivia.



**Gráfico N° 2.180 Comportamiento ambiental de cobre total (ppm) en sedimentos**



**Gráfico N° 2.181 Comportamiento ambiental de zinc total (ppm) en sedimentos**

Cobre y zinc mostraron valores que no generan un efecto nocivo en los fondos sedimentarios ni en la vida acuática. Los contenidos estuvieron bajo el límite referencial propuesto por las directrices canadienses para cada metal.

**Nitrógeno Total Kjeldahl en Sedimentos:**

El gráfico N° 2.182 muestra el comportamiento de nitrógeno total en sedimentos, obtenido en 5 estaciones durante las campañas de vigilancia ambiental del río Valdivia del 2002 al 2007.

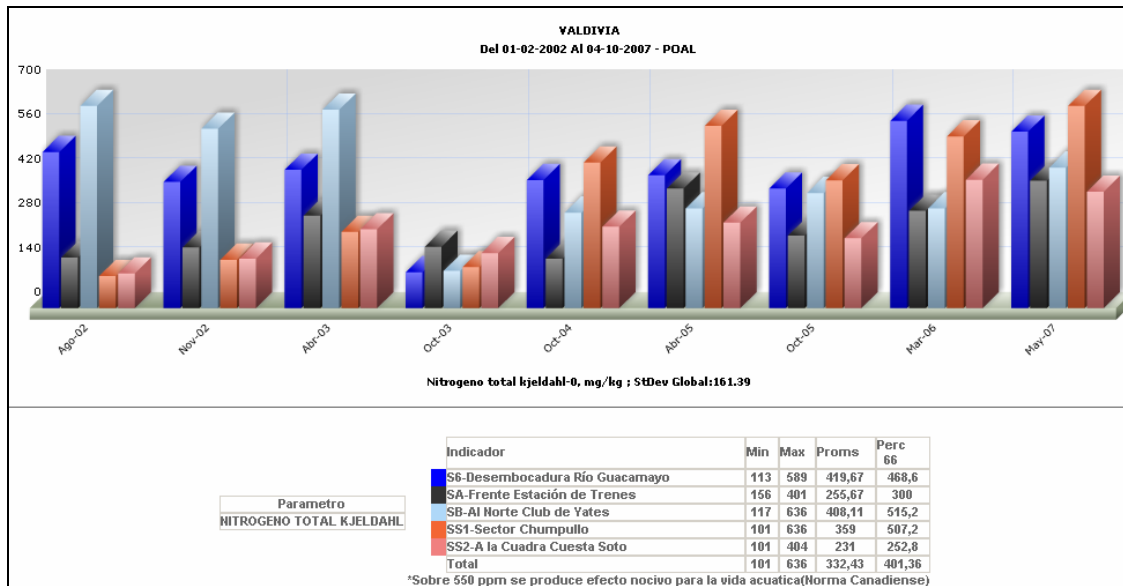


Gráfico N° 2.182 Comportamiento ambiental de nitrógeno total (ppm) en sedimentos del río Valdivia

Se encontraron niveles moderados de concentración de Nitrógeno en el sedimento del río Valdivia. Las concentraciones más altas se detectaron en la estación SS1 (Sector Chumpullo) durante 2007, con un contenido sobre 600 ppm, superando el umbral propuesto es de 550 ppm.

#### Fósforo Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.183 muestra el comportamiento del fósforo total en sedimentos, muestras obtenidas en 5 estaciones durante las campañas de vigilancia ambiental costera del 2002 al 2007 en el río Valdivia.

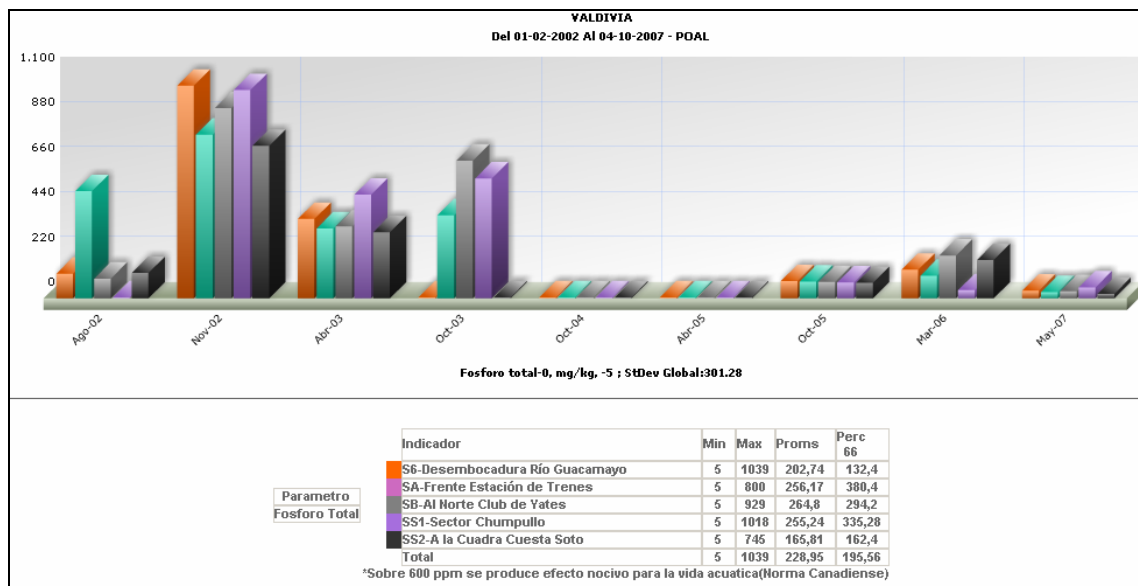


Gráfico N° 2.183 Comportamiento ambiental de fósforo total (ppm) en sedimentos

Los contenidos de fósforo en los fondos sedimentarios muestran niveles bajos que no generan un daño ambiental. Los valores observados no superaron los 220 ppm, mientras que el límite referencial para fósforo es de 600 ppm.

### Materia Orgánica en Sedimentos:

El gráfico N° 2.184 muestra el comportamiento de la materia orgánica en sedimentos, obtenido en las campañas de vigilancia ambiental costera del 2002 al 2007 en el río Valdivia.

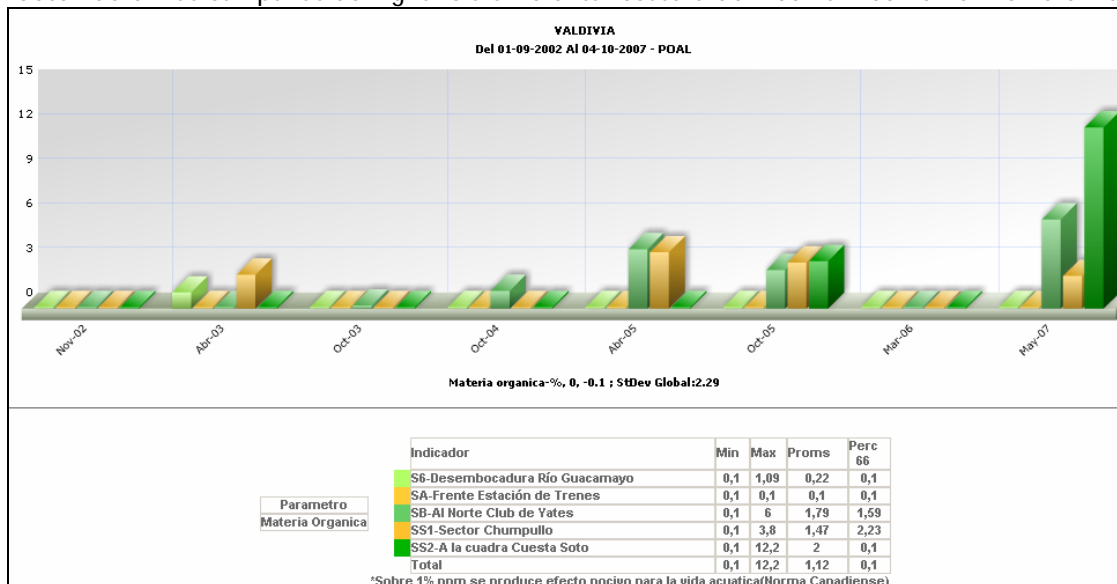


Gráfico N° 2.184 Comportamiento ambiental de la materia orgánica (%) en sedimentos

Las concentraciones promedios de materia orgánica superan la norma en estos sedimentos. Sólo las estaciones S6 (Desembocadura Río Guacamayo) y SA (Frente estación de Trenes), no mostraron contaminación. La estación SS2 (A la Cuadra Cuesta Soto) tuvo un máximo de 12,2 %, muy por encima del valor referencial de 1%.

#### D.4.- Clasificación ambiental de la calidad del agua

A continuación se presenta un resumen de los contenidos químicos analizados en agua y que fueron determinados en el Río Valdivia:

Parámetros	A6 (Desembocadura Río Guacamayo)	AB (Al Norte Club de Yates)	AS1 (Sector Chumpullo)	AS2 (A la Cuadra Cuesta Soto)
Mercurio ppb	No se detecta	No se detecta	No se detecta	No se detecta
Cadmio ppb	Excepcional	Excepcional	Excepcional	Excepcional
Plomo ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cobre ppb	Excepcional	Excepcional	Excepcional	Excepcional
Zinc ppb	Excepcional	Excepcional	Excepcional	Excepcional
Cromo ppb	Excepcional	Excepcional	Excepcional	Excepcional
Amonio ppm	Excepcional	Excepcional	Excepcional	Excepcional
DBO5 ppm	Excepcional	Excepcional	Excepcional	Excepcional
Coliformes Fecales NMP/100ml*	Regular	Regular	Regular	Regular
CLOROFILA "a" ppm	No se detecta	No se detecta	No se detecta	No se detecta
Aceites y Grasas ppm	No se detecta	No se detecta	No se detecta	No se detecta

\* El percentil de las concentraciones de Coliformes fecales en esta estación clasifican sus aguas en Clase 2, sin embargo las últimas mediciones de coliformes fecales en agua evidencian contaminación fecal, superando la Clase 3, por lo que las aguas son de regular calidad.

Sólo destaca como problema ambiental del río Valdivia la presencia de Coliformes fecales. Las concentraciones halladas están, en todo caso, por debajo del valor para uso con contacto directo (< 1000 NMP/100 mL) lo cual clasifica estas agua como de regular calidad.

Para todos los otros parámetros medidos, metales pesados, nutrientes, materia orgánica y clorofila “a”, las concentraciones son de aguas de “muy buena calidad”, e incluso “excepcionales”.

#### D.5.- Comparación con las Directrices Referenciales para Sedimentos

En base a la comparación efectuada con las directrices referenciales propuestas a nivel internacional, es posible determinar en el cuerpo de agua, una condición normal (N), Moderada (M), o Contaminada (C) de los parámetros que identifican a continuación:

Parámetros	S6 (Desembocadura Río Guacamayo)	SA (Frente Estación de Trenes)	SB (Al Norte Club de Yates)	SS1 (Sector Chumpullo)	SS2 (A la Cuadra Cuesta Soto)
Mercurio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cadmio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Plomo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cobre ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Zinc ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cromo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Nitrógeno total ppm	Moderado	Normal	Moderado	Moderado	Normal
Fósforo Total ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Materia Orgánica %	Normal	Normal	Contaminado	Contaminado	Contaminado

El único parámetro que muestra niveles altos de concentración es materia orgánica depositada en el fondo del río, indicando un problema de origen agroindustrial o de aguas servidas. Con estos niveles, hay un riesgo de eutroficación en la bahía. Este será un riesgo mayor o menor dependiendo de los niveles de fósforo que se esté introduciendo al río. Sin embargo, los niveles de fósforo son normales.

Observando los datos obtenidos tras estos 6 últimos años de vigilancia ambiental, este riesgo será controlado, enfatizando la fiscalización sobre las descargas de materia orgánica, principalmente de la agroindustria (descargas con alto contenido de nitrógeno y fósforo) incluidos los servicios sanitarios.

#### D.6.- Clasificación ambiental de la calidad de los sedimentos

Los metales pesados no revisten un problema ambiental mayor, debido a las bajas concentraciones en que fueron encontrados. Así, las aguas del río Valdivia pueden catalogarse como “aguas excepcionales”, es decir, aquellas que no alteran la vida de comunidades acuáticas (Guía CONAMA).

El mercurio y los aceites y grasas no fueron detectados analíticamente en las muestras de agua. Los valores de amonio y DBO5, también fueron bajos.

Por el contrario, sólo coliformes fecales evidenciaron zonas impactadas por aguas servidas. Especialmente la zona del Norte del Club de Yates, sector que está altamente influenciado por actividades antrópicas provenientes de los sectores industriales (Figura N° 24).



Figura N° 24: actividades económicas efectuadas en el Río Valdivia

La matriz sedimentaria del río valdivia, no presentó enriquecimiento por metales, mientras que los altos contenidos de materia orgánica fueron detectados en los sectores de SB(Al Norte Club de Yates), SS1 (Sector Chumpullo) y SS2 (A la Cuadra Cuesta Soto), sectores que también están altamente influenciados tanto por las características del río que es un estuario ya que tiene influencia de mareas como por las actividades industriales que descargan sus residuos líquidos al río.

#### D.7.- Conclusiones

Los resultados obtenidos en el río Valdivia en agua y sedimento, permiten concluir lo siguiente:

- 1.- Las aguas del río Valdivia son, en general, de buena calidad. No muestran deterioro por efecto de metales pesados. No fueron detectados analíticamente mercurio ni aceites y grasas. Las muestras en su mayoría no superó los límites de detección.
- 2.- Las aguas del río Valdivia, presentaron altos contenidos de coliformes fecales en el sector Norte del Club de Yates, asociado principalmente con descargas orgánicas, caracterizando las aguas del río como de "regular calidad".

- 3.- La matriz sedimentaria presentó problemas ambientales relacionados con la presencia de materia orgánica, específicamente en los sectores Norte Club de Yates, Sector Chumpullo y a la Cuadra de Cuesta Soto, lo que refleja una intervención antrópica en el Río Valdivia, el cuál bajo condiciones específicas, puede generar eutroficación y proliferaciones algales en ciertos focos del río Valdivia.
- 4.- No se encontraron metales pesados en los fondos sedimentarios. Tampoco de otro parámetro como fósforo total y nitrógeno total en las estaciones muestreadas.



## BAHÍA DE PUERTO MONTT



## II.2.11.- BAHÍA DE PUERTO MONTT

### A) ANTECEDENTES FISICOS

La región de los Lagos posee una superficie de 67.457 Km., equivalentes al 8,9% de la superficie total del país, excluido el Territorio Chileno Antártico.

En la región de Los Lagos es posible distinguir dos grandes sectores, separados por el Canal de Chacao. El sector norte, que corresponde a las provincias de Valdivia, Osorno y Llanquihue, se caracteriza por el predominio de la depresión intermedia, ubicada entre la Cordillera de la Costa y Cordillera de los Andes. Y el sector sur, en donde dicha depresión se encuentra sumergida en el mar, dando origen a gran cantidad de islas, fiordos y canales que conforman el Archipiélago de Chiloé, allí la Cordillera de la Costa se presenta bajo la forma de lomaje suaves que caracterizan el paisaje de esta provincia. Palena, la más austral de las provincias de la Región, está conformada básicamente por la Cordillera de los Andes (Figura N° 25 Mapa Físico Región de Los Lagos).

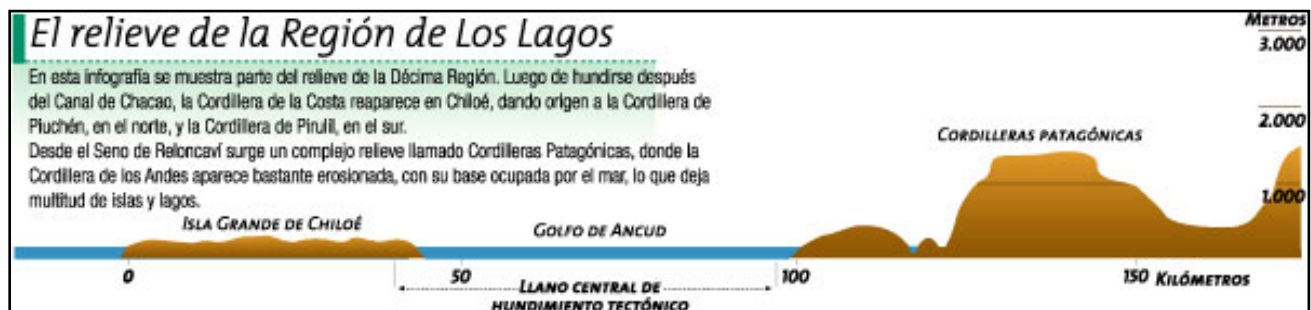


Figura N° 25 Mapa Físico Región de Los Lagos

Las principales hoyas hidrográficas de esta región son de norte a sur; la hoya del río Valdivia, del río Bueno, del río Maullín, del río Petrohué, del río Puelo y la del río Yelcho.

### B) ANTECEDENTES DEMOGRAFICOS.

Tal como se observa en la tabla N° 1, la población de la Región de Los Lagos aumentó en 13,1% entre 1992 y 2002. Los crecimientos más significativos de la década se produjeron en las comunas de Puerto Montt (35,4%), Puerto Varas (24,1%), Quellón (45%) y Dalcahue (37,7%). La densidad poblacional de la región es de 16.01 Hab/Km. y a nivel País es de 19.9 Hab/Km

Tabla N° 1: Crecimiento intercensal 1992-2002 Región de Los Lagos.

	Población 1992	Población 2002
Región de los Lagos	948.809	1.073.135
Puerto Montt	129.970	175.938
Calbuco	27.027	31.070
Cochamó	4.361	4.363
Fresia	13.013	12.804
Frutillar	13.107	15.525
Los Muermos	17.054	16.964
Llanquihue	14.386	16.337
Maullín	17.115	15.580
Puerto Varas	26.529	32.912

Castro	29.931	39.366
Ancud	37.516	39.946
Chonchi	10.627	12.572
Curaco de Vélez	3.021	3.403
Dalcahue	7.763	10.693
Puqueldón	4.248	4.160
Queilén	4.952	5.138
Quellón	15.055	21.823
Quemchi	8.188	8.689
Quinchao	9.088	8.976
Osorno	127.769	145.475
Puerto Octay	11.051	10.236
Purranque	20.176	20.705
Puyehue	11.207	11.368
Río Negro	16.026	14.732
San Juan De La Costa	9.778	8.831
San Pablo	11.178	10.162
Chaitén	7.256	7.182
Futaleufú	1.735	1.826
Hualaihué	8.104	8.273
Palena	1.653	1.690
Valdivia	122.168	140.559
Corral	5.765	5.463
Futrono	14.048	14.981
La Unión	38.740	39.447
Lago Ranco	10.460	10.098
Lanco	13.757	15.107
Los Lagos	18.564	20.168
Máfil	7.176	7.213
Mariquina	17.952	18.223
Paillaco	18.152	19.237
Panguipulli	30.162	33.273
Río Bueno	32.981	32.627

Fuente: Infopais; Sistema de Información Regional, Mideplan 2005.

### C) ANTECEDENTES ECONOMICOS.

Los recursos agrícolas tienen una clara importancia regional, predominando los cultivos de cereales, papa y remolacha. La actividad agrícola ha derivado en un crecimiento de un tipo de industria que elabora y transforma la producción del campo. Luego viene el potencial ganadero con sus derivados, cuya producción abastece gran parte de la demanda nacional de carne y leche.

La explotación de los bosques es también intensa y los planes a futuro tienden a incrementar el desarrollo del recurso forestal en la región.

Pero sin duda que los recursos pesqueros son los más relevantes. La región es la principal zona productora de moluscos del país. La forma del litoral facilita la presencia del mar en todo el sector meridional de la región de Los Lagos. Esta forma del territorio contribuye también al incremento de la actividad turística, tanto terrestre como insular.

La pesca industrial se dedica principalmente a la producción de harinas, aceites, conservas, Y productos refrigerados y congelados, siendo el destino principal la exportación.

El principal producto de la acuicultura son los salmones y truchas, que representan el 82% del total de la cosecha a nivel nacional, especialmente en lo que se refiere al salmón del atlántico y el salmón rey. El segundo cultivo en importancia en la zona son las algas (específicamente el pelillo), que al año 2001 presentó una cosecha de 52.300 toneladas, es decir el 80% de la producción a nivel nacional.

#### D) PROBLEMAS AMBIENTALES.

La piscicultura es otro de los problemas ambientales relevantes para una región en que abundan litoral, costas protegidas, canales, ríos y lagos. Actualmente en la zona hay más de 1.300 concesiones para actividades acuícolas, la mayor parte ubicadas en Calbuco, Maullín y Chiloé insular que producen diversos efectos sobre el ambiente en que operan. La liberación de desechos de los organismos en cultivo, el alimento no consumido por lo peces y las mismas operaciones de cultivo en las balsas jaulas y los centros de mar, alteran el ecosistema produciendo cambios físico-químicos en la columna de agua, modificaciones en el fito y zooplancton e impactos en las poblaciones y comunidades bentónicas debajo de las balsas y cercanos a los centros de mar.

Por otro lado, la destrucción de la masa boscosa nativa, fue el principal problema ambiental que señalaron más de 30 expertos consultados en la X Región. El segundo lugar de problemas ambientales lo ocupó la sobreexplotación de fauna marina, especialmente referida a las faenas extractivas de buques-factoría. Y el tercer lugar fue para un problema generalizado a lo largo del país: la contaminación de aguas continentales. Los problemas señalados en los dos primeros lugares están asociados a las industrias más dinámicas de la región, como son la forestal y la pesquera. Problemas que son relevantes en otras regiones, en cambio, aparecen en lugares secundarios.

#### E) PRINCIPALES EMPRESAS DE LA REGIÓN Y SUS CONTAMINANTES

GM PUERTO MONTT					
EMPRESA	N° de Plantas	N° de Ductos	Naturaleza de Descarga	Tipo Emisario	Principales Contaminantes
Servicios sanitarios de los lagos	2	2	sanitaria		
Fundacion chinquihue	1	1	aguas de proceso	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Demanda biológica de oxígeno Aluminio Cobre Fósforo Total Hierro Manganese Molibdeno Níquel Nitrógeno total kjeldahl Zinc Índice de Fenol SAAM Boro Cloruros Sulfato.
Conservas y Congelados Puerto Montt	1	1	aguas de proceso	Submarino	Temperatura Sólidos Suspendidos Totales Hidrocarburos totales Hidrocarburos volátiles Arsénico Cobre

					Fluoruro Manganeso Sulfuro Zinc SAAM Hidrocarburos Fijos Demanda biológica de oxígeno Boro Cloruros Fósforo Total Hierro Nitrógeno total kjeldahl Sulfato Triclorometano Coliformes Fecales
Agroindustrial Santa Cruz S.A.	1	1	aguas de proceso	Submarino	pH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Sacramento	1	1	aguas de proceso	Submarino	Aceites y Grasas Aluminio Arsénico Cadmio Cianuro Cinc Cobre Coliformes Fecales Cromo hexavalente Cromo DBO5 Detergentes Estaño Fluoruro Fósforo Hidrocarburos Totales Hidrocarburos Volátiles Hierro disuelto Índice de Fenol Manganeso Mercurio Molibdeno Niquel. Nitrógeno total kjeldahl pH (Máx-Mín) Plomo Selenio Sólidos Sedimentables Sólidos Suspendidos Sulfuros Temperatura (Máx)
Winkler hnos y Cia Ltda.	1	1	aguas de proceso	Submarino	
Aguas Claras S.A.	1	1	aguas de proceso	Submarino	Ph Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Mar Vivo S.A.	1	1	aguas de proceso	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sulfuro Índice de Fenol SAAM Demanda biológica de oxígeno Cloruros Fósforo Total Hierro Nitrógeno total

					kjeldahl Sulfato.
Danisco Chile S.A.	1	1	aguas de proceso	Submarino	Aceites y Grasas Aluminio Arsénico Total Cadmio Cianuro Cobre Índice de Fenol Cromo Hexavalente Cromo Detergente Estaño Fluoruro Hidrocarburos Totales Hidrocarburos Volátiles Manganese Mercurio Molibdeno Niquel pH Plomo Selenio Sólidos Sedimentables Sólidos Totales Suspendedos Sulfuros Zinc.
Inversystem S.A.	1	1	aguas de proceso	Submarino	Sólidos Suspendedos Totales Aceites y Grasas Hidrocarburos totales Hidrocarburos volátiles Demanda biológica de oxígeno Aluminio Cobre Cromo Total Fluoruro Fósforo Total Hierro Manganese Mercurio Nitrógeno total kjeldahl Sulfuro Zinc. Índice de Fenol Cloruros
Safcol Chile S.A.	1	1	aguas de proceso	Submarino	Aceites y Grasas Aluminio Arsénico Cadmio Cianuro Cobre Índice de Fenol Cromo Hexavalente Cromo Detergente Estaño Fluoruro Hidrocarburos Totales Hidrocarburos Volátiles Manganese Mercurio Molibdeno Niquel pH Plomo Selenio Sólidos Sedimentables Sólidos Totales Suspendedos Sulfuros Zinc.
Pesquera Pacific Farmer Ltda..	1	1	aguas de proceso	Submarino	Sólidos Suspendedos Totales Aluminio Manganese Zinc

					Índice de Fenol Demanda biológica de oxígeno Boro Cloruros Fósforo Total Nitrógeno total kjeldahl Sulfato
Pesquera Camanchaca S.A.	1	1	aguas de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Solidos Sedimentables Detergentes
Pesquera Eicosal Ltda.	1	1	aguas de proceso	Submarino	pH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas.
Marine Harvest Chile S.A.	1	1	aguas de proceso	Submarino	Aceites y Grasas Aluminio Arsénico Cadmio Cianuro Cobre Índice de Fenol Cromo Hexavalente Cromo Detergente Estaño Fluoruro Hidrocarburos Totales Hidrocarburos Volátiles Manganeso Mercurio Molibdeno Níquel pH Plomo Selenio Sólidos Sedimentables Sólidos Totales Suspendidos Sulfuros Zinc
Pesquera Trans Antartic Ltda	1	1	aguas de proceso	Submarino	Aceites y Grasas Aluminio Arsénico Cadmio Cianuro Cinc Cobre Coliformes Fecales Cromo Hexavalente Cromo Detergentes Estaño Fluoruro Fósforo Hidrocarburos Totales y Volátiles Índice de Fenol Manganeso Mercurio Molibdeno Níquel Nitrógeno total kjeldahl pH Plomo Selenio Sólidos Sedimentables Sólidos Suspendidos Sulfuros Temperatura.
Patagonia Salmon Farming S.A.	1	1	aguas de proceso		Sólidos Suspendidos Totales Fluoruro Manganeso Índice de Fenol



					SAAM Demanda biológica de oxígeno Boro Fósforo Total Hierro Nitrógeno total kjeldahl Sulfato
Pesquera Puluqui S.A.	1	1	aguas de proceso		
Pesquera San Jose S.A.	1	0	aguas de proceso		
Pesquera y Conservera Tamai Ltda..	1	1			Aceites y Grasas Aluminio Arsénico Cadmio Cianuro Cinc Cobre Coliformes Fecales Cromo Hexavalente Cromo Detergentes Estaño Fluoruro Fósforo Hidrocarburos Totales y Volátiles Índice de Fenol Manganeso Mercurio Molibdeno Níquel Nitrógeno total kjeldahl pH Plomo Selenio Sólidos Sedimentables Sólidos Suspendidos Sulfuros Temperatura .

## F) RESULTADOS

A continuación se entregan los resultados obtenidos luego de 6 años de análisis de contaminantes en agua y sedimentos en la Bahía de Puerto Montt.

### F.1.- Ubicación Puntos de Muestreo:

Este cuerpo de agua marino tiene asignado un total de 5 estaciones de agua, y 8 estaciones de sedimentos, las coordenadas geográficas y los topónimos respectivos son los siguientes:

PUERTO MONTT				
EST.	LAT. SUR	LONG OESTE	PROF	NOMBRE LOCAL
A1	41°28'59,70"	72°57'18,29"	-	Frente Sitio 1
A9	41°36'53,98"	73°04'34,48"	15	Bahía Ilque
AA1	41°33'37,35"	73°02'12,05"	7	Frente Eicosal
AA2	41°33'00"	72°56'00"		Centro Bahía
AA3	41°35'00"	73°00'00"		Bahía Huenquillahue
SA	41°28'47,97"	72°56'54"	10	Boca Norte Canal Tenglo
SB	41°28'30"	72°56'18"	13	Sector Estación Trenes
SS1	41°33'37,35"	73°02'12,05"	7	Pesquera EICOMAR



SS2	41°29'18"	72°57'54"	6	Interior Canal Tenglo
SS3	41°29'46,04"	72°57'35,24"	15	Playa Vega Isla Tenglo
SS6	41°36'53,98"	73°04'34,48"	15	Bahía Ilque
SS7	41°33'00"	72°56'00"		Centro Bahía (Draga)
SS8	41°35'30	75°06'00"		Bahía Huenquillahue (Draga)

En la Figura N° 26 se representa la distribución de los puntos de muestreo en el cuerpo de agua de Puerto Montt, el cuál es considerado como un cuerpo expuesto.



FIGURA N° 26: Estaciones de muestreo en el cuerpo de agua marino de Puerto Montt.

#### F.2.- Análisis Muestras de Agua:

##### Mercurio Total en Agua:

Los datos analizados corresponden a las campañas semestrales realizadas desde el 2002 al 2007 para mercurio las que se reflejan en el gráfico N° 2.185.

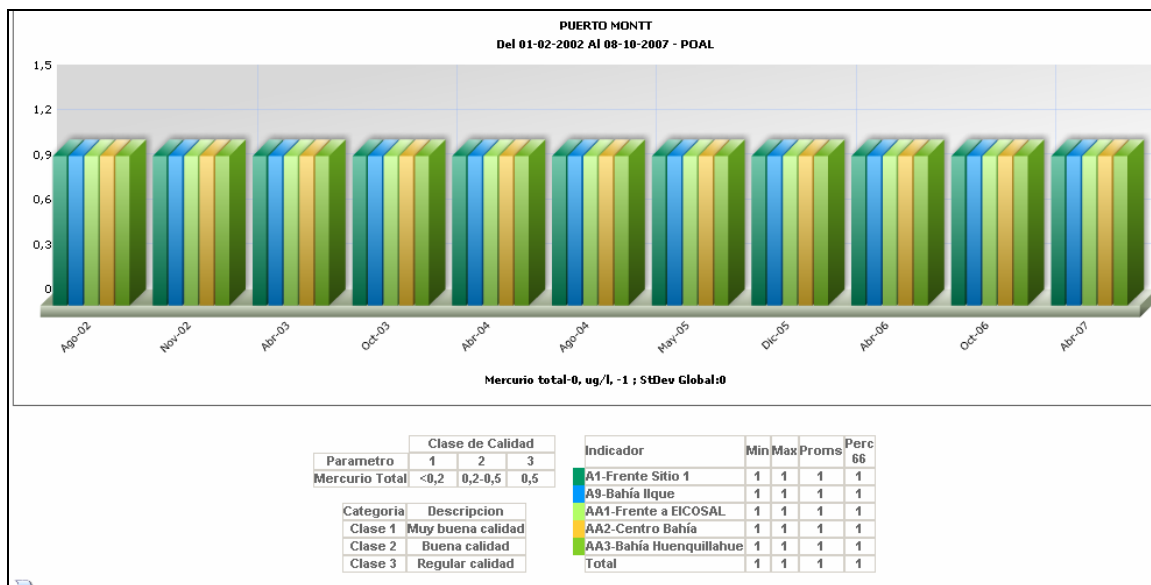


Gráfico N° 2.185 Comportamiento ambiental de mercurio (ppb) en agua de mar

No se detectó mercurio en muestras de aguas de mar en la bahía Puerto Montt. Todas las mediciones estuvieron por debajo del límite de detección (< 1 ppb).

#### Cromo Total y Plomo Total en Agua:

Los gráficos N°2.186 y N°2.187 muestran las variaciones de plomo y cromo en las estaciones de agua de mar de la Bahía de Puerto Montt obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

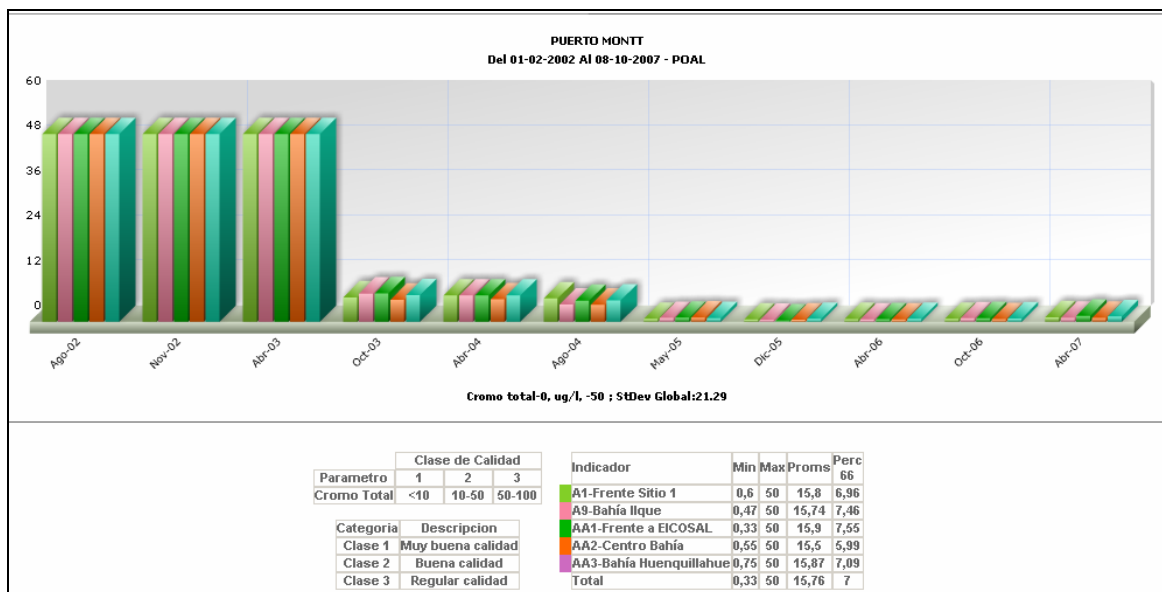


Gráfico N° 2.186 Comportamiento ambiental de cromo (ppb) en agua de mar

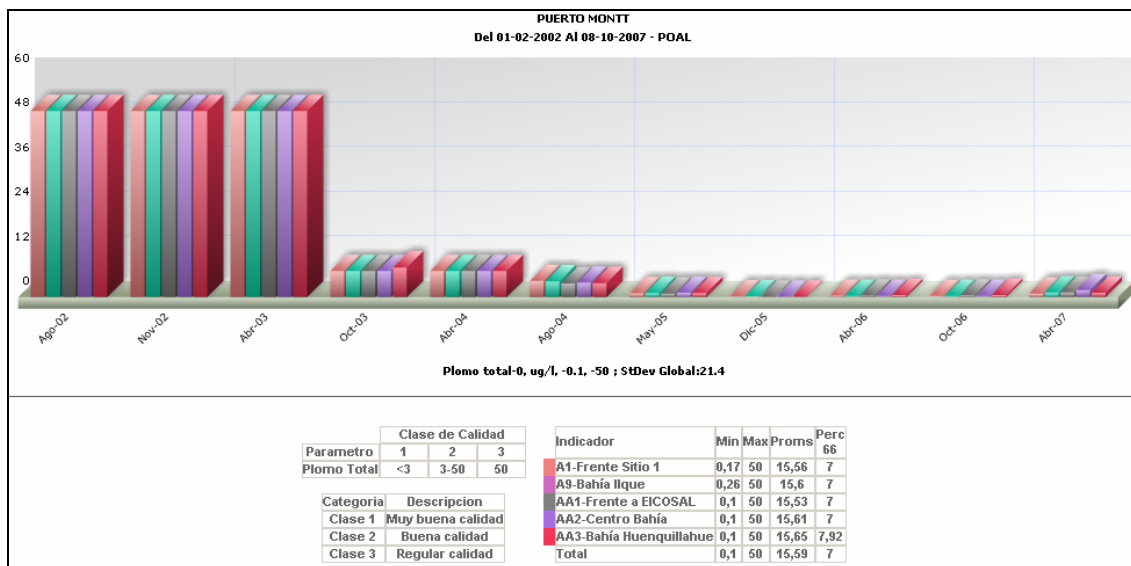


Gráfico N° 2.187 Comportamiento ambiental de plomo (ppb) en agua

Los metales pesados cromo y plomo medidos en agua de mar, no mostraron concentraciones importantes. Los resultados obtenidos indican que las aguas de la bahía pertenecen a la Clase 1 (muy buena calidad) respecto al cromo y a la Clase 2 (buena calidad) respecto al plomo. Sin embargo, debe tenerse presente que este criterio es conservador, ya que los percentiles están considerando los valores más altos obtenidos en las primeras campañas y ellos corresponden a los límites de detección en ambos casos (cromo y plomo). En este sentido, para ambos metales, la calidad de las aguas de Puerto Montt puede considerarse como de “muy buena calidad”.

#### Cobre Total y Cadmio Total En Agua:

Los gráficos N°2.188 y N°2.189 muestran las variaciones de cobre y cadmio en las estaciones de agua de mar obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

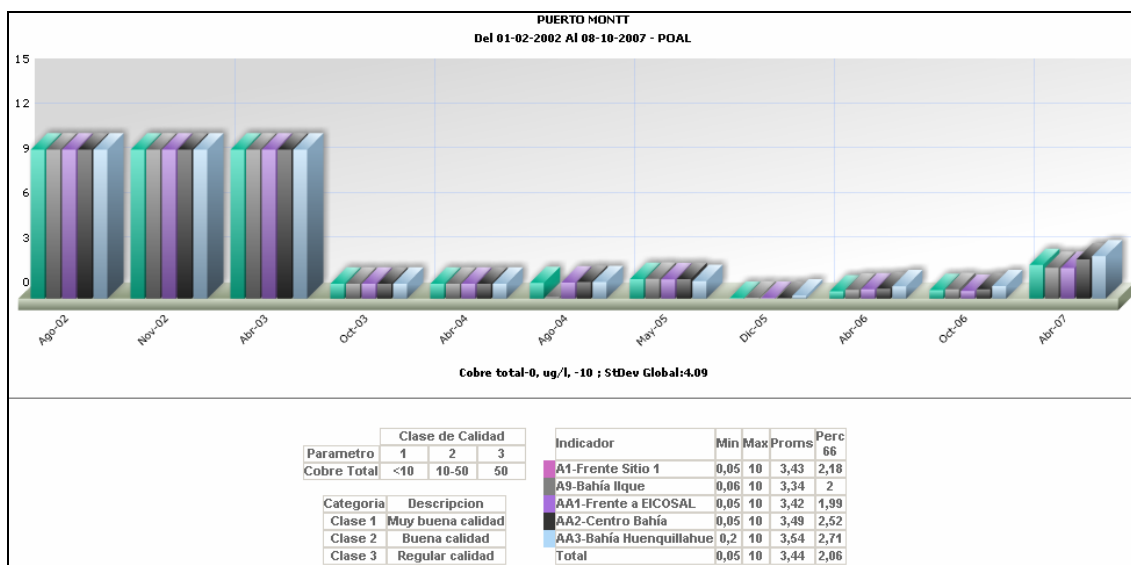


Gráfico N° 2.188 Comportamiento ambiental de cobre (ppb) en agua de mar

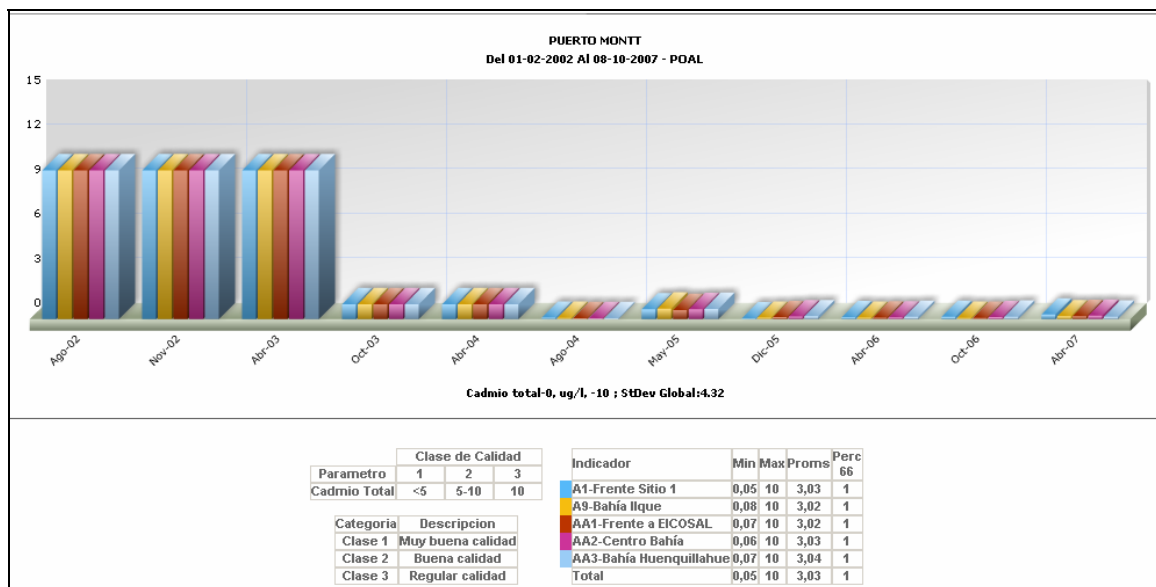


Gráfico N° 2.189 Comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua de mar

Cobre y cadmio, no reflejaron contaminación en las muestras de agua. Para ambos metales, la calidad de las aguas es Clase 1 “muy buena calidad”, definida por la Guía CONAMA.

#### Zinc Total en Agua:

El gráfico N°2.190 muestra las variaciones de zinc en agua de mar de la Bahía de Puerto Montt obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

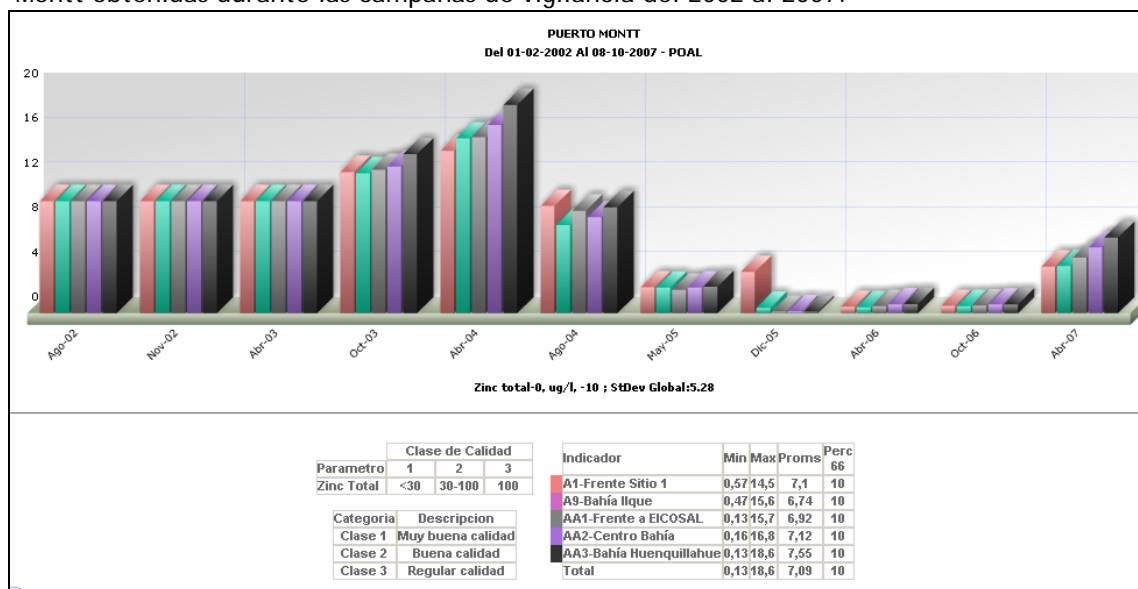


Gráfico N° 2.190 Comportamiento ambiental de zinc (ppb) en agua de mar

Si bien se aprecia un aumento en las concentraciones de zinc en el agua de mar de toda la bahía, particularmente en la estación AA3 (Bahía Huenquillahue), éstos no sólo no son significativos sino también disminuyeron a partir de agosto 2004 lo que permite clasificar las aguas de la bahía de Puerto Montt en la Clase 1 “muy buena calidad” respecto a zinc.

**Amonio en Agua:**

El gráfico N°2.191 muestra el comportamiento de las concentraciones de amonio las estaciones de agua obtenidas durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

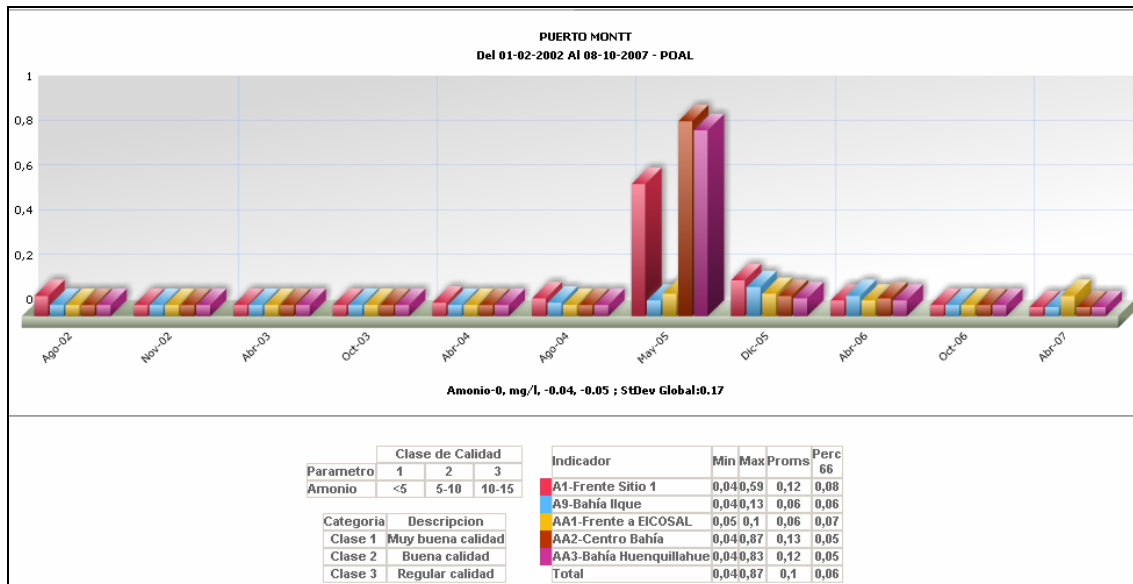


Gráfico N° 2.191 Comportamiento ambiental de amonio (ppm) en agua de mar

Los valores detectados de amonio (menores a 5 ppm) en la bahía de Puerto Montt son indicadores de aguas de “muy buena calidad” (Clase 1). Ninguna estación superó 1 ppm.

**Aceites y Grasas en Agua:**

Los datos analizados corresponden a las campañas semestrales realizadas desde el 2002 al 2007 para aceites y grasas las que se reflejan en el gráfico N° 2.192.

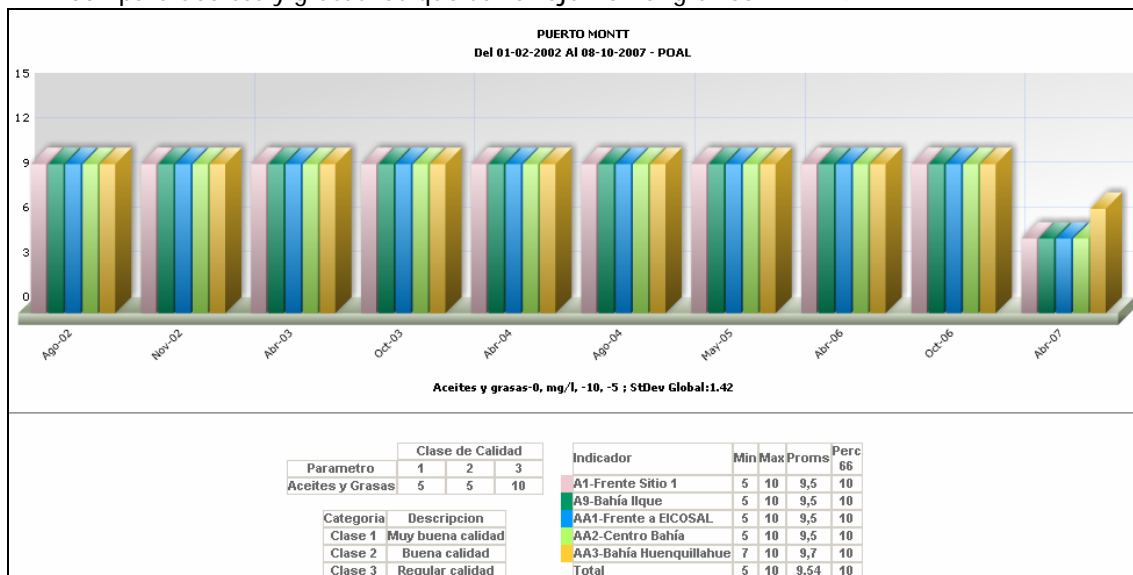


Gráfico N° 2.192 Comportamiento ambiental de aceites y grasas (ppm) en agua de mar

No se detectó aceites y grasas en las muestras de agua, ya que los valores informados corresponden al límite de detección.

**Coliformes en Agua:**

El gráfico N° 2.193, evidencia las variaciones de coliformes fecales en el agua durante el período 2002 y 2007.

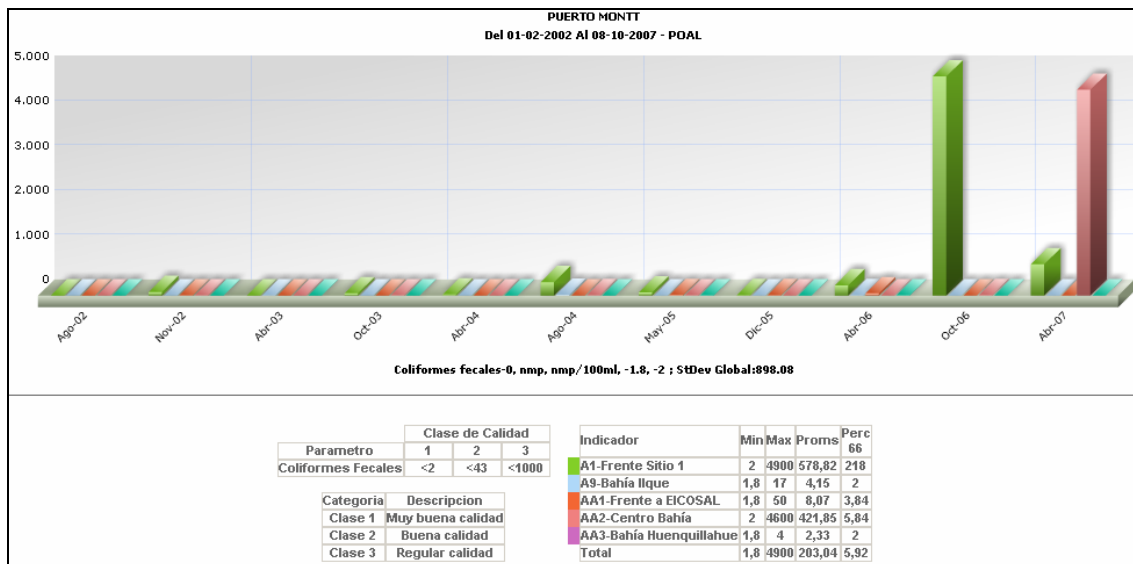


Gráfico N° 2.193 comportamiento ambiental de coliformes fecales (NMP) en agua

En general los últimos muestreos han detectado un grado de contaminación por la presencia de coliformes fecales específicamente en las estaciones A1 (Frente Sitio 1) y AA2 (Centro Bahía). Los altos valores detectados corresponden a eventos puntuales ocurridos en las cercanías de estas estaciones.

**F.3.- Análisis Muestras de Sedimento:****Mercurio Total en Sedimento:**

El gráfico N° 2.194, presenta el comportamiento ambiental de mercurio en sedimentos entre los años 2002 y 2007.

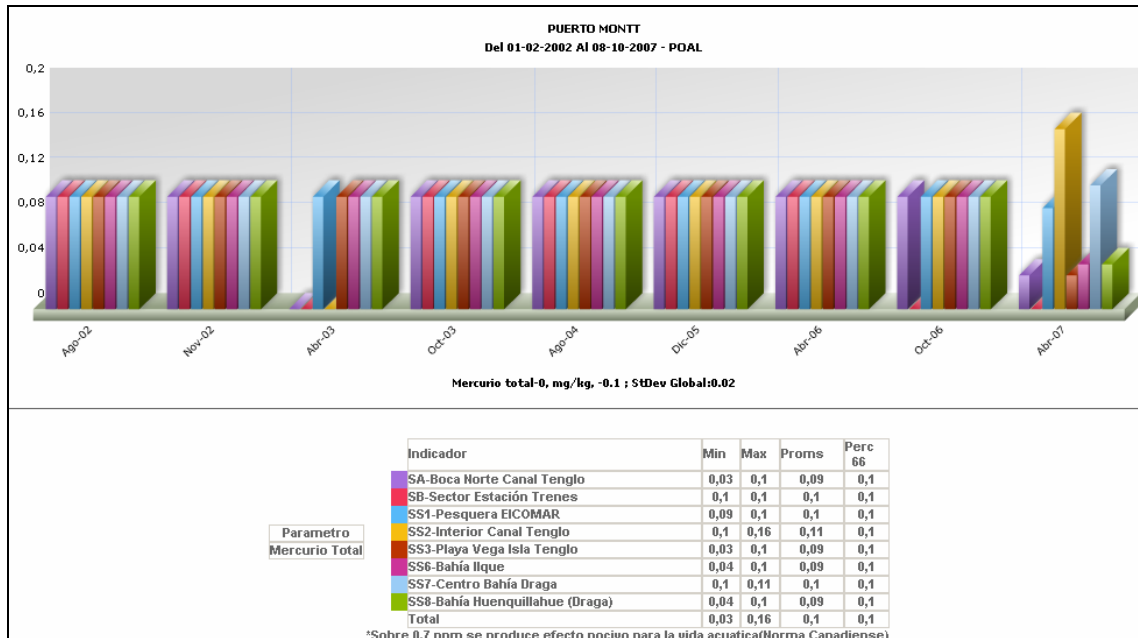


Gráfico N° 2.194 comportamiento ambiental de mercurio (ppm) en sedimentos

No se encontró contaminación con mercurio en los sedimentos de la bahía de Puerto Montt. Las concentraciones estuvieron siempre bajo el umbral crónico de 0,7 ppm propuesto por la directriz canadiense.

#### Cadmio Total y Plomo Total en Sedimentos:

Los gráficos N° 2.195 y 2.196, representan las variaciones de cadmio y plomo en la matriz sedimentaria entre los años 2002 y 2007.

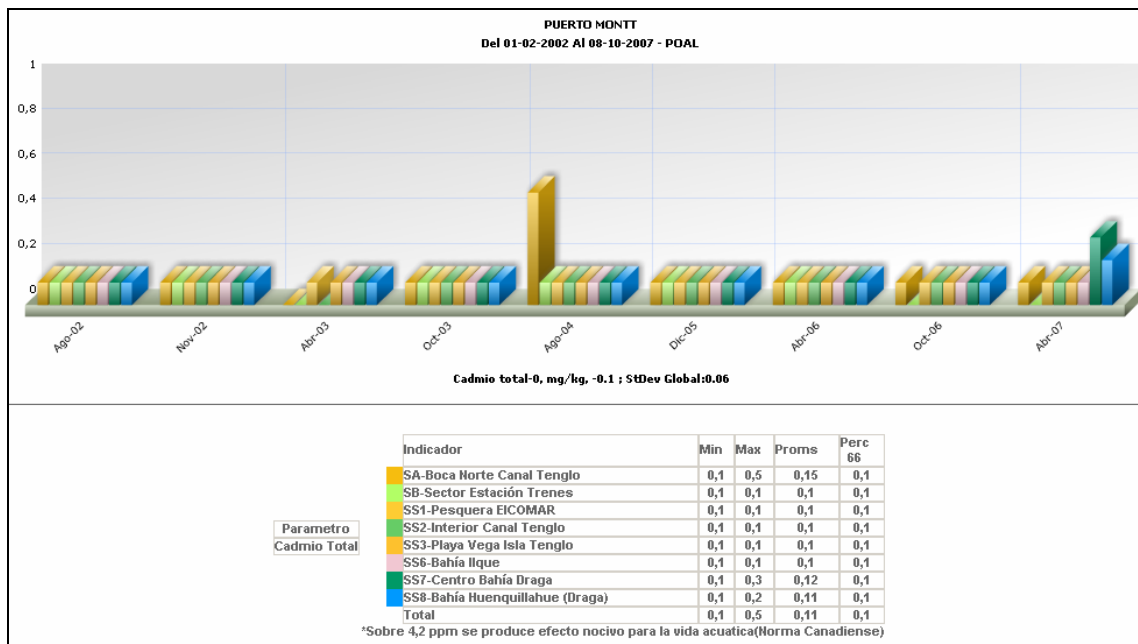


Gráfico N° 2.195 comportamiento ambiental de cadmio (ppm) en sedimentos

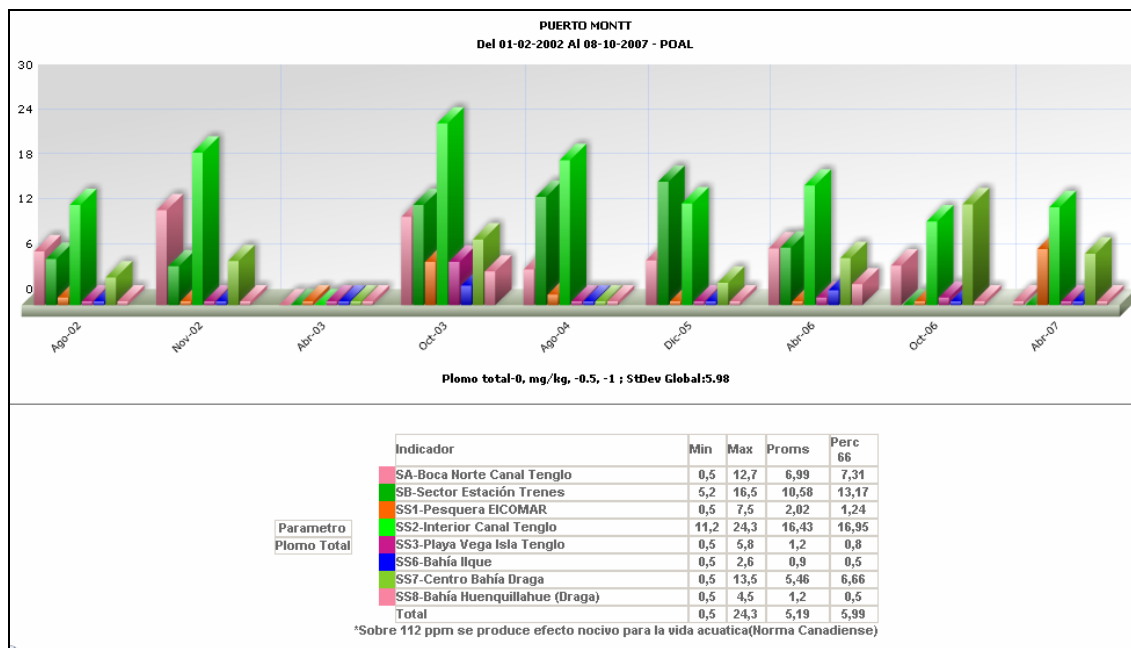


Gráfico N° 2.196 comportamiento ambiental de plomo (ppm) en sedimentos

Los contenidos de plomo y cadmio estuvieron bajo el límite crónico propuesto por las directrices canadienses, considerándose estos sedimentos como “normales” respecto a estos metales pesados.

#### Cromo Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.197 representa las variaciones de cromo en la matriz sedimentaria entre los años 2002 y 2007 en la bahía de Puerto Montt.

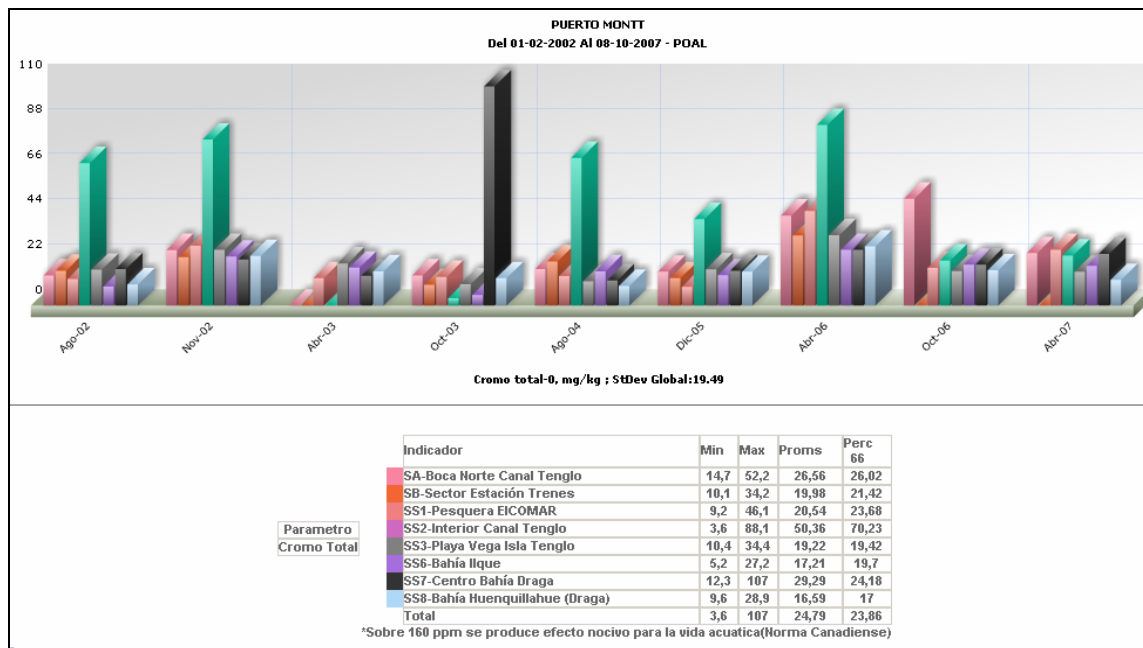


Gráfico N° 2.197 comportamiento ambiental de cromo (ppm) en sedimentos



Los sedimentos de la bahía se encuentran en condiciones “normales” en cuanto a cromo, conforme a la norma canadiense que hemos utilizado a modo comparativo. Ninguna muestra superó el valor referencial de 160 ppm.

#### Cobre en Sedimento:

El gráfico N° 2.198 indica el comportamiento de cobre en sedimentos en los años 2002 y 2007.

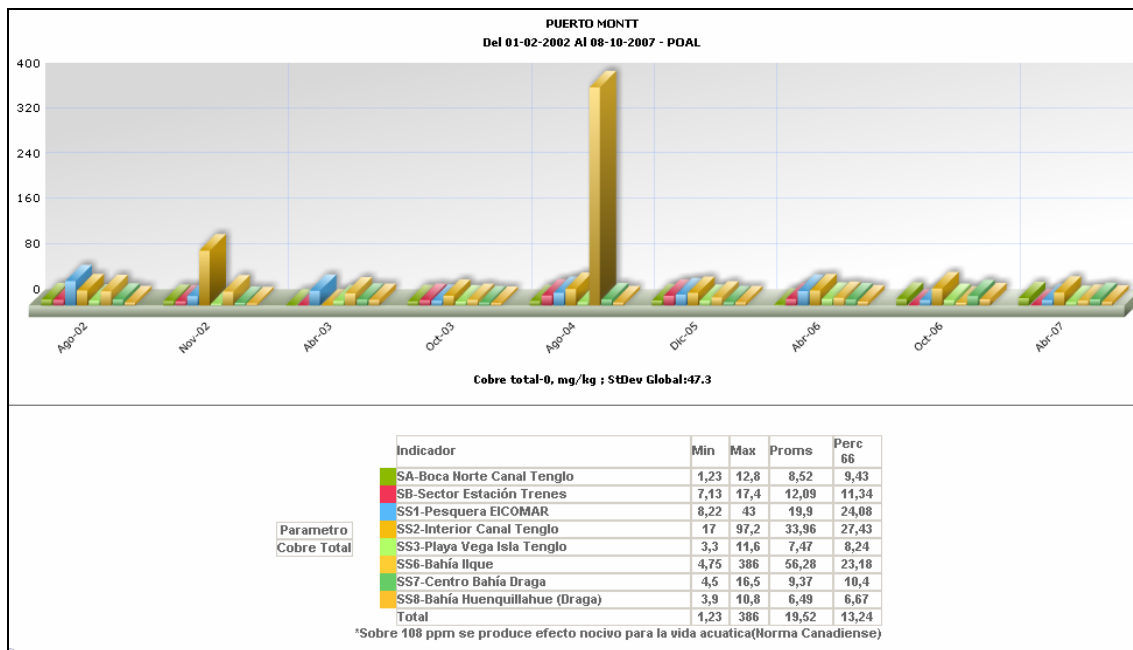


Gráfico N° 2.198 comportamiento ambiental de cobre (ppm) en sedimentos

No existe contaminación por cobre en los sedimentos de la bahía Puerto Montt. Sólo se apreciaron condiciones normales, es decir, no alteradas.

La estación SS6 (Bahía Ilque), exhibió un máximo de cobre de 386 ppm, que si bien está sobre el límite de 108 ppm, esta estación registró posteriormente concentraciones que están por debajo del umbral crónico, los sectores restantes no muestran estar contaminados con cobre.

#### Zinc Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.199, muestra la variación de zinc en sedimentos entre los años 2002 y 2007.

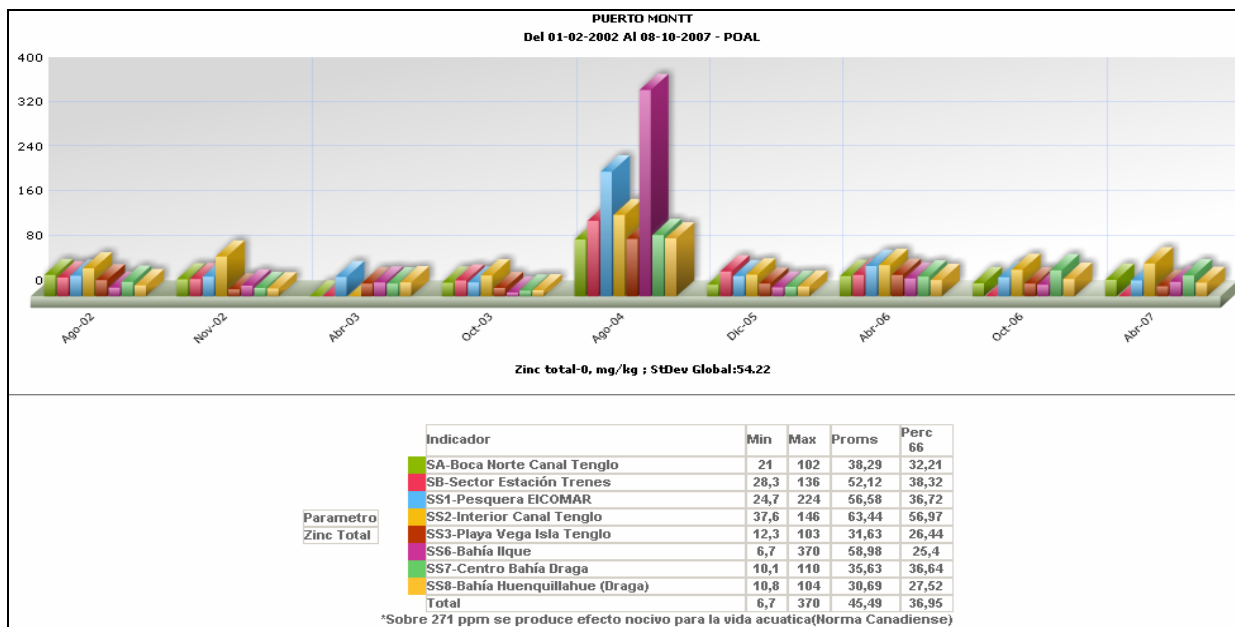


Gráfico N° 2.199 comportamiento ambiental de zinc (ppm) en sedimentos

Al igual que todos los demás metales pesados, no existe contaminación por zinc en los sedimentos de la bahía de Puerto Montt. En general los valores de zinc estuvieron por debajo del límite crónico de 271 ppm, solamente durante la campaña del 2004, se reflejaron contenidos en una estación SS6 (Bahía Ilque), que superó dicho umbral, valor que disminuyó notablemente en las campañas posteriores.

#### Nitrógeno Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.200, muestra la variación de nitrógeno en sedimentos entre los años 2002 y 2007.

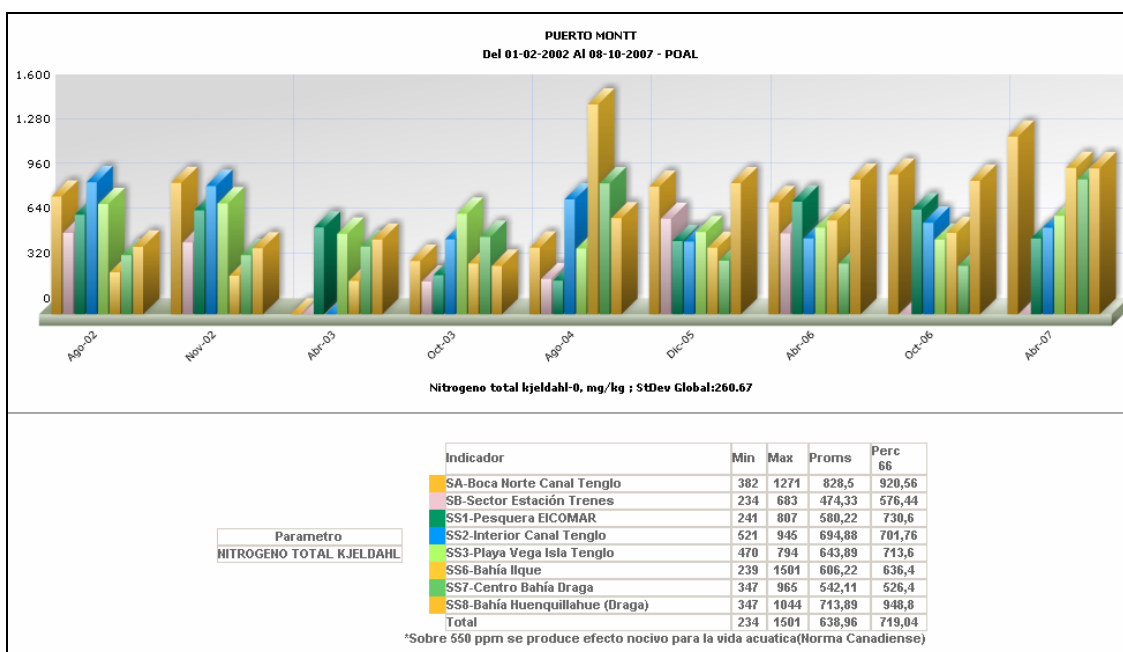


Gráfico N° 2.200 comportamiento ambiental de nitrógeno total (ppm) en sedimentos

Con los datos obtenidos, es posible concluir que la bahía de Puerto Montt posee sedimentos contaminados con Nitrógeno. Este nutriente fue detectado en concentraciones mayores al umbral nocivo para la vida acuática, establecido en 550 ppm según la norma canadiense. Sólo poseen un nivel moderado de contaminación las estaciones SB (Sector Estación de Trenes) y la estación SS7 (Centro Bahía Draga).

#### Fósforo Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.201, muestra la variación de Fósforo en sedimentos entre los años 2002 y 2007.

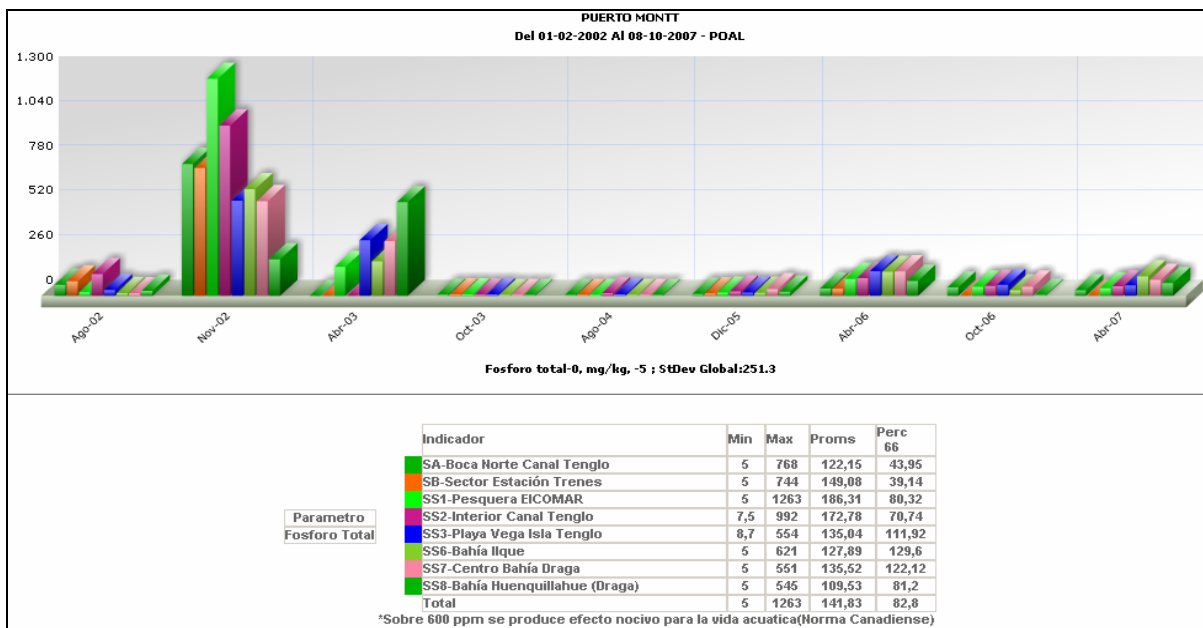


Gráfico N° 2.201 comportamiento ambiental de fósforo (ppm) en sedimentos

Sólo las primeras campañas de vigilancia, 2002 y 2003, mostraron concentraciones altas de fósforo, sobre el límite referencial de 600 ppm. Sin embargo, esta condición disminuyó en los muestreos siguientes, ya que los valores observados fueron bajos y no superaron los 250 ppm. En estas condiciones, los sedimentos pueden calificarse como “normales”.

#### Materia Orgánica en Sedimentos:

El gráfico N° 2.202, refleja la variación de materia orgánica en sedimentos en el período 2002 y 2007.

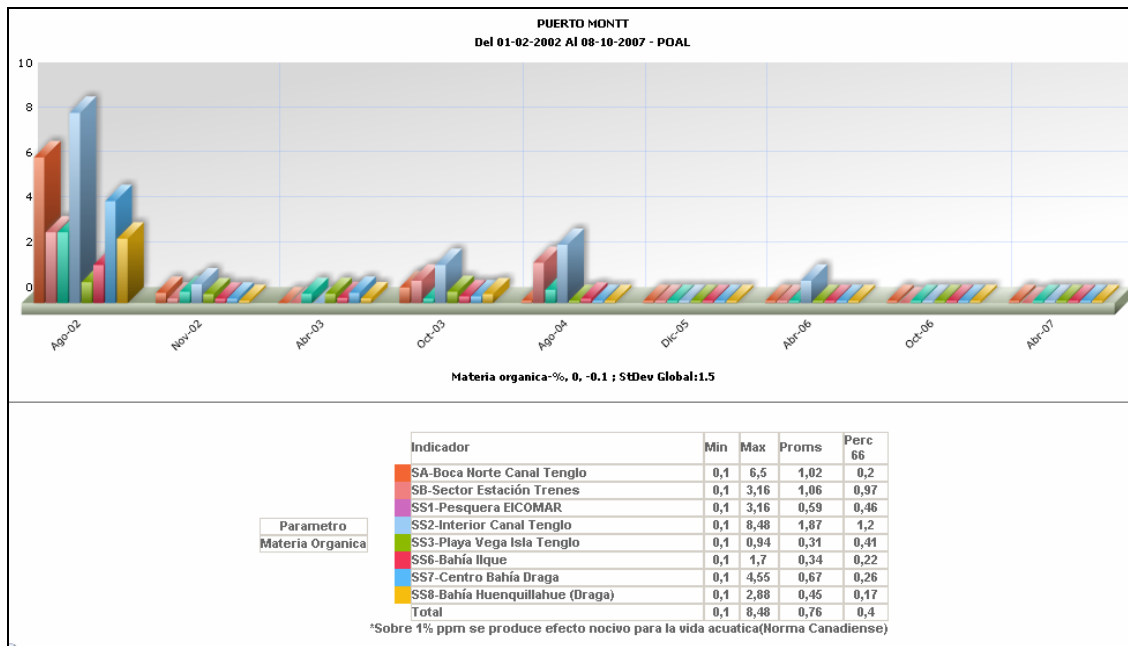


Gráfico N° 2.202 comportamiento ambiental de materia orgánica (%) en sedimentos

Al Interior de Canal Tenglo (SS2), fue donde se encontraron los contenidos más altos de materia orgánica, con 1,86% como promedio de todo el período de vigilancia. Las demás estaciones tuvieron valores moderados en el sector del puerto y frente a la ciudad, y poco significativos en los demás sectores, la mayoría bajo el umbral del 1%. Con estos antecedentes es posible señalar que los sedimentos nocivos se encuentran localizados en el sector portuario y frente a la ciudad.

#### Hidrocarburos en Sedimentos:

El gráfico N° 2.203, refleja la variación de hidrocarburos totales en sedimentos en el período 2002 y 2007.

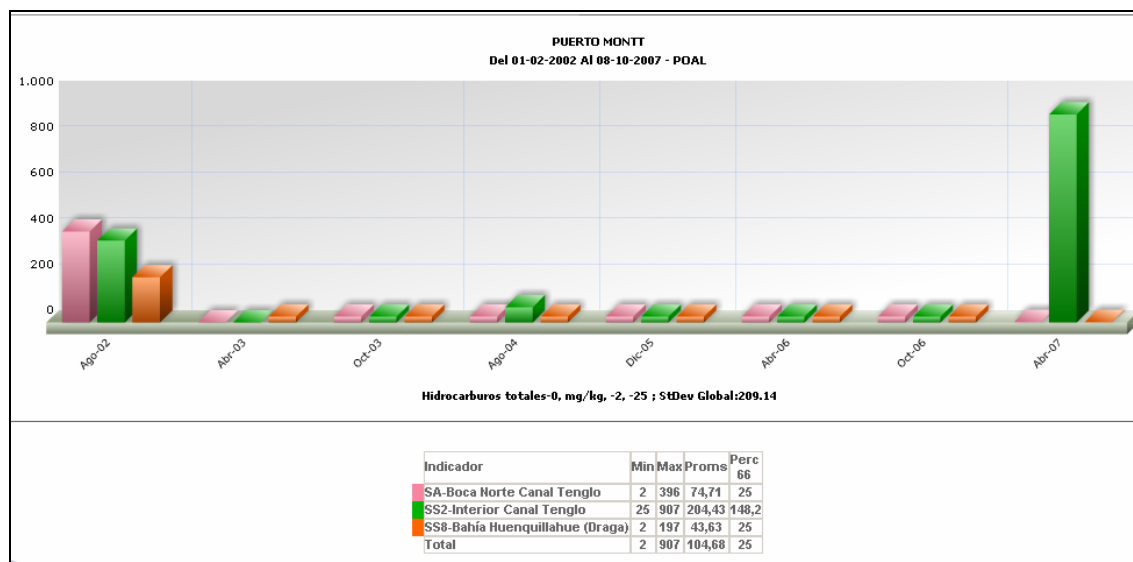


Gráfico N° 2.203 comportamiento ambiental de hidrocarburos totales (ppm) en sedimentos

Si bien no se cuenta con referencias para hidrocarburos totales, se aprecia en el gráfico que la estación SS2 (Interior Canal Tenglo), es quien refleja mayores contenidos de este compuesto orgánico con 907 ppm, mientras que las demás estaciones mostraron valores bajos. Esta distribución coincide con el área de mayor uso de todas las muestreadas.

#### F.4.- Clasificación ambiental de la calidad del agua

La comparación de los percentiles 66 obtenidos de los analitos obtenidos permiten definir la calidad de las aguas de la bahía de Pto. Montt en una de las tres categorías propuestas por la Guía Conama. Estas categorías son: Clase 1, aguas de muy buena calidad; Clase 2, aguas de buena calidad y Clase 3, aguas de regular calidad.

A continuación, en la siguiente tabla resumen, se aplica esta clasificación de acuerdo a los resultados obtenidos en la vigilancia ambiental, tras 6 años de monitoreo de la calidad de las aguas de la bahía de Puerto Montt.

Parámetros	A1 (Frente Sitio 1)	A9 (Bahía Ilque)	AA1 (Frente Eicosal)	AA2 (Centro Bahía)	AA3 (Bahía Huenquillahu e)
Mercurio ppb	No se detecta	No se detecta	No se detecta	No se detecta	No se detecta
Cadmio ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Plomo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad
Cobre ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Zinc ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cromo ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Amonio ppm	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Coliformes Fecales NMP/100ml	Regular calidad	Muy Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Aceites y Grasas ppm	No se detecta	No se detecta	No se detecta	No se detecta	No se detecta

En general las aguas de la bahía de Puerto Montt se encuentran en buenas condiciones ambientales. Sólo debe destacarse el deterioro que ocasionan las descargas de aguas servidas en el sector portuario, frente al sitio 1 y en menor medida, en los sitios frente a Eicosal (AA1) y en el centro de la bahía (AA2) que también entregan evidencias de descarga de aguas servidas.

En cuanto a metales pesados, no se encontraron niveles importantes de contaminantes con la sola excepción de plomo el cual, en todas las estaciones se encontraron niveles que bordean el límite que hemos utilizado como umbral para detectar contaminación.

### F.5.- Clasificación ambiental de la calidad de los sedimentos

En la siguiente tabla resumen, se aplica una clasificación basada en una normativa canadiense y su comparación con los resultados obtenidos en la vigilancia ambiental de los sedimentos, luego de 6 años de monitoreo, de la bahía de Puerto Montt.

Parámetros	SA (Boca Norte Canal Tenglo)	SB (Sector Estación Trenes)	SS1 (Pesquera EICOMAR)	SS2 (Interior Canal Tenglo)	SS3 (Playa Vega Isla Tenglo)	SS6 (Bahía Ilque)	SS7 (Centro Bahía (Draga))	SS8 (Bahía Huenquillahue (Draga))
Mercurio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cadmio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Plomo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cobre ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Zinc ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cromo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Nitrógeno total ppm	Contaminado	Moderado	Contaminado	Contaminado	Contaminado	Contaminado	Moderado	Contaminado
Fósforo Total ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Materia Orgánica %	Moderado	Moderado	Normal	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal

No se encontró contaminación por metales pesados en los sedimentos de la bahía. Todos los valores estuvieron por debajo de los valores referenciales para cada metal.

La situación ambiental de los sedimentos no fue igual respecto a los niveles tróficos de los sedimentos. Los fondos de la bahía poseen un importante nivel de deterioro caracterizado por la presencia importante de nitrógeno y materia orgánica capaces de generar fenómenos de eutrofización y el consiguiente deterioro de la calidad de las aguas subyacentes y el perjuicio para la flora y fauna que ello significa.

### F.6.- Discusión de Resultados Obtenidos en Agua y Sedimentos

La matriz acuosa no revela la presencia de contaminación por metales, ya que los contenidos detectados presentan una condición ambiental de muy buena calidad, solamente plomo registra una calidad buena, que no interviene en el desarrollo de actividades pesqueras. La ocurrencia de amonio no reflejó niveles nocivos, asimismo aceites y grasas no fue cuantificado analíticamente. Sin embargo, la calidad microbiológica de la matriz acuosa no se vio afectada, ya que en la mayor parte de este cuerpo de agua los coliformes fecales no evidenciaron concentraciones altas, rayendo casi toadas dentro de una clase de calidad entre muy buena y buena.

Si bien la matriz sedimentaria, no evidencia un enriquecimiento metalogénico, si registra altos contenidos de nitrógeno total en la mayoría de las estaciones de muestreo, siendo éstas SA (Boca Norte Canal Tenglo), SS1 (Pesquera EICOMAR), SS2 (Interior Canal Tenglo), SS3 (Playa Vega Isla Tenglo), SS6 (Bahía Ilque) y SS8 (Bahía Huenquillahue (Draga)), se observa en la Figura N° 27 ,

que las estaciones impactadas se encuentran altamente influenciadas por aportes antrópicos provenientes del sector industrial asociadas especialmente con actividades pesqueras.

Se destaca además que en el sector SS2 (Interior Canal Tenglo), hay altos contenidos de materia orgánica e hidrocarburos totales, lo cual sugiere que este sector está siendo sometido a impactos ambientales persistentes y de diferente origen.

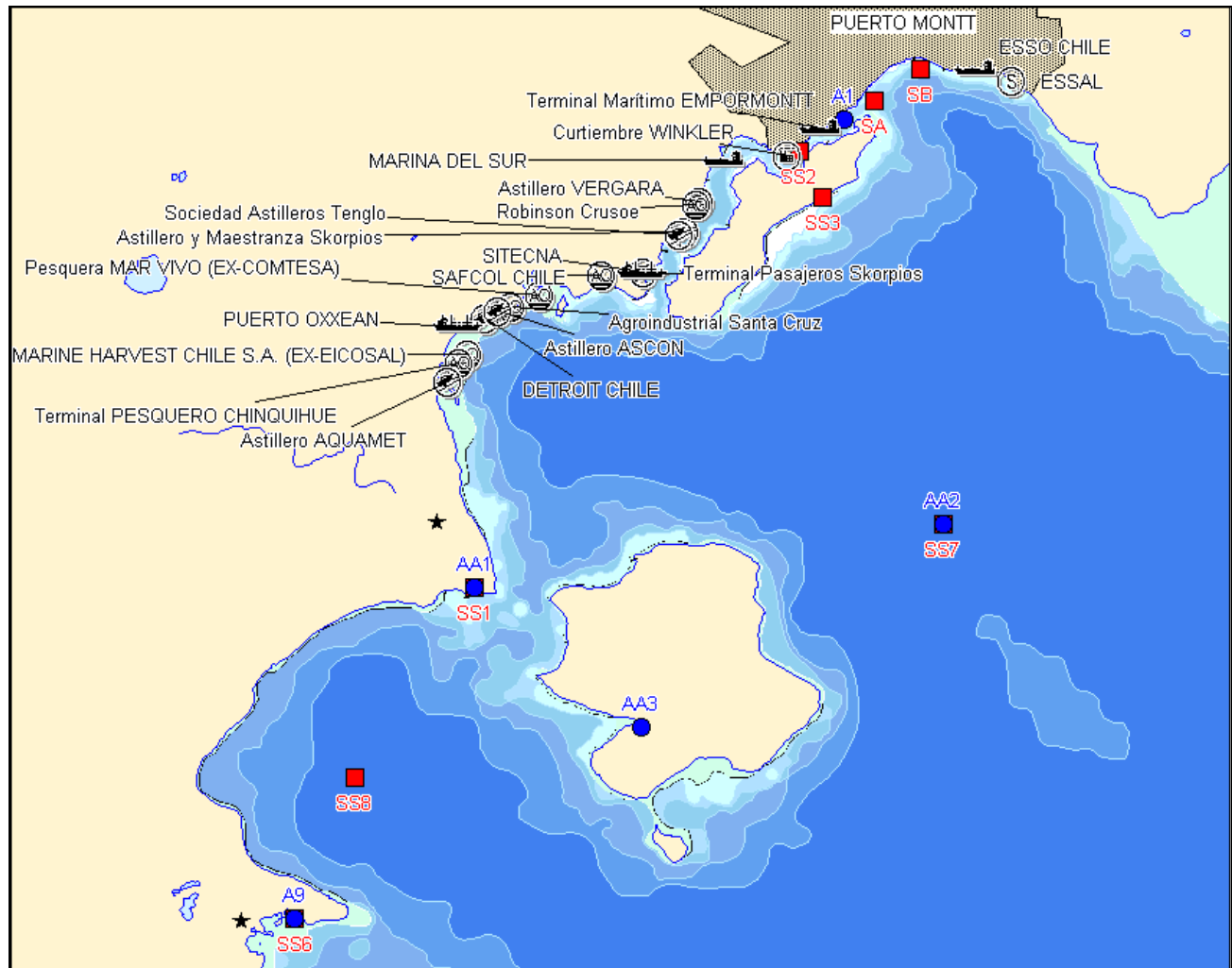


Figura N° 27: actividades económicas desarrolladas en el borde costero de la Bahía de Puerto Montt.

## F.7.- Conclusiones

Los resultados obtenidos en el cuerpo de agua de Puerto Montt en agua y sedimento, permiten concluir lo siguiente:

1. No hay evidencias de contaminación por metales pesados en las aguas de Puerto Montt.
2. En general las aguas de la bahía de Puerto Montt se encuentran en buenas condiciones ambientales. Sólo debe destacarse el deterioro que ocasionan las descargas de aguas servidas en el sector portuario, frente al sitio 1 y en menor medida, en los sitios frente a Eicosal (AA1)

y en el centro de la bahía (AA2) que también entregan evidencias de descarga de aguas servidas.

3. Los fondos sedimentarios de la Bahía de Puerto Montt no evidenciaron problemas ambientales generalizados, que pudiesen afectar nocivamente la vida acuática.
4. En la mayoría de los sectores muestreados, predominó la presencia de compuestos nitrogenados asociados a actividades pesqueras, además el sector del Interior Canal Tenglo, evidenció altos contenidos de materia orgánica, que pueden atribuirse a usos actuales realizados en el sector portuario, lo que además es coincidente de que este sector presentó además contenidos altos de hidrocarburos totales.



## ESTERO DE CASTRO



## II.2.12.- CASTRO

### A) ANTECEDENTES FISICOS

La región de los Lagos posee una superficie de 67.457 Km., equivalentes al 8,9% de la superficie total del país, excluido el Territorio Chileno Antártico.

En el sector sur, en donde la depresión intermedia se encuentra sumergida en el mar dando origen a gran cantidad de islas, fiordos y canales que conforman el Archipiélago de Chiloé, la Cordillera de la Costa se presenta bajo la forma de lomajes suaves que caracterizan el paisaje de esta provincia. Palena, la más austral de las provincias de la Región, está conformada básicamente por la Cordillera de los Andes.

Las principales hoyas hidrográficas de esta región son de norte a sur; la hoya del río Valdivia, del río Bueno, del río Maullín, del río Petrohué, del río Puelo y la del río Yelcho.

### B) ANTECEDENTES DEMOGRAFICOS

Tal como se observa en la tabla N° 1, la población de la Región de Los Lagos aumentó en 13,1% entre 1992 y 2002. Los crecimientos más significativos de la década se produjeron en las comunas de Puerto Montt (35,4%), Puerto Varas (24,1%), Quellón (45%) y Dalcahue (37,7%). La densidad poblacional de la región es de 16.01 Hab/Km. y a nivel País es de 19.9 Hab/Km.

Tabla N° 1: Crecimiento intercensal 1992-2002.

	Población 1992	Población 2002
Puerto Varas	26.529	32.912
Castro	29.931	39.366
Ancud	37.516	39.946
Chonchi	10.627	12.572
Curaco de Vélez	3.021	3.403
Dalcahue	7.763	10.693
Puqueldón	4.248	4.160
Queilén	4.952	5.138
Quellón	15.055	21.823
Quemchi	8.188	8.689
Quinchao	9.088	8.976
Chaitén	7.256	7.182
Futaleufú	1.735	1.826
Hualaihué	8.104	8.273
Palena	1.653	1.690

Fuente: Infopais; Sistema de Información Regional, Mideplan 2005.

### C) ANTECEDENTES ECONOMICOS

La región es la principal zona productora de moluscos del país. La forma del litoral facilita la presencia del mar en todo el sector meridional de la región de Los Lagos. Esta forma del territorio contribuye también al incremento de la actividad turística, tanto terrestre como insular.

La pesca industrial se dedica principalmente a la producción de harinas, aceites, conservas, Y productos refrigerados y congelados, siendo el destino principal la exportación.

El principal producto de la acuicultura son los salmones y truchas, que representan el 82% del total de la cosecha a nivel nacional, especialmente en lo que se refiere al salmón del atlántico y el salmón rey. El segundo cultivo en importancia en la zona son las algas (específicamente el pelillo), que al año 2001 presentó una cosecha de 52.300 toneladas, es decir el 80% de la producción a nivel nacional.

#### D) PROBLEMAS AMBIENTALES

Uno de los principales problemas en la salmonicultura, se debe a la anemia infecciosa del salmón (ISA), con un brote detectado en los alrededores de la isla Lemuy en Chiloé, provocando una alza de mortalidad en los salmones del lugar.

Por otra parte la sobreexplotación de fauna marina se ha visto afectada en gran medida, debido a las faenas extractivas de buques-factoría que se han provocado en la zona.

#### E) PRINCIPALES EMPRESA DE LA REGIÓN Y SUS PRINCIPALES CONTAMINANTES

GM CASTRO					
EMPRESA	N° de Plantas	N° de Ductos	Naturaleza de Descarga	Tipo Emisario	Principales Contaminantes
Pesquera Inmobiliaria Lo Valdés S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	
Estación de Cosecha Río Dulce	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Demanda biológica de oxígeno Coliformes Totales Aceites y Grasas Nitrógeno SAAM
Pesqueros Silgar Ltda.	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Demanda biológica de oxígeno Temperatura Coliformes Totales Fósforo Total Nitrógeno total kjeldahl Poder espumogeno Aceites y Grasas.
Pesquera Queitao	1	1	Agua de proceso	Submarino	
Planta de Recursos Hidrobiológicos	1	1	Agua de proceso	Submarino	
Salmones Pacific Star S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Aguas Servidas de Achao	1	1	Agua de servidas	Submarino	

Pacifico Austral Ltda	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Demanda biológica de oxígeno Temperatura Coliformes Totales Fósforo Total Nitrógeno total kjeldahl Poder espumogeno Cloruros Aceites y Grasas.
Aguas Servidas de Ancud	1	1	Agua servidas	Submarino	
Promex Ltda	1	1	Agua de proceso	Submarino	
Pesquera Messamar S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	
Agromar Ltda	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Antarfood S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Estacion de Cosecha Dalcahue	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Demanda biológica de oxígeno Temperatura Aceites y Grasas Fósforo Nitrógeno total kjeldahl SAAM Sólidos Sedimentables.
Cultivos Marinos Chiloe Ltda Ancud	1	1	Agua de proceso	Submarino	Aceites y Grasas Aluminio Arsénico Cadmio Cianuro Cobre Índice de Fenol Cromo Hexavalente Cromo Detergente Estaño Fluoruro Hidrocarburos Hidrocarburos Volátiles Manganeso Mercurio Molibdeno Níquel pH Plomo Selenio Sólidos Sedimentables Sólidos Totales Suspendidos Sulfuros Zinc.

Semillas Marinas S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Temperatura Coliformes Totales Detergentes Sólidos Sedimentables
Salmones Antártica S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Coliformes Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables SAAM
Mainstream Chile S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Pesquera El Golfo S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Cataluña Ltda	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Marine Harvest Chile S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Aguas Servidas de Chaiten	1	1	Agua de proceso	Submarino	
Procesadora Hueñocoihue Ltda	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Demanda biológica de oxígeno Temperatura Sólidos Sedimentables Aceites y Grasas.
Salmonprocesos S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	
Congelados del Sur S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	
Pesquera Deep Sea Food Ltda	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Pesca y Cultivos Don Jorge S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos

					Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Sociedad Huimar Ltda	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Granja Marina Tornagaleones S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	
Toralla S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Cia Pesquera Camanchaca S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Pesquera Isla Magna Ltda	1	1	Agua de proceso	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Hidrocarburos volátiles Sulfuro SAAM Demanda biológica de oxígeno Cloruros Boro Nitrógeno total kjeldahl Sulfato
Blue Shell S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	
Pesquera Yadrán S.A	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
Antartic Marin Produc	1	1	Agua de proceso	Submarino	
Conservas Dalcahue S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Demanda biológica de oxígeno Temperatura Aceites y Grasas Fósforo Total Nitrógeno total kjeldahl SAAM Sólidos Sedimentables
Soc. de Productos Pesqueros S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	
Alimentos Multiexport S.A.	1	1	Agua de proceso	Submarino	

Pesquera Palacios S.A	1	1	Agua de proceso	Submarino	PH Sólidos Suspendidos Totales Aceites y Grasas Sólidos Sedimentables Detergentes.
-----------------------	---	---	-----------------	-----------	--

## F) RESULTADOS

A continuación se entregan los resultados obtenidos luego de 6 años de análisis de contaminantes en agua y sedimentos en el Estero de Castro.

### F.1.- Ubicación Puntos de Muestreo:

Este cuerpo de agua tiene tres estaciones de muestreo en agua y cinco estaciones en sedimentos, las coordenadas y profundidades de las estaciones se detallan a continuación:

CASTRO				
EST.	LAT. SUR	LONG OESTE	PROF	NOMBRE LOCAL
A1	42°29'18"	73°45'34"	6	Boya Castro
A6	42°23'00"	73°39'00"	13	Dalcahue
AA1	42°38'00"	73°45'45"	6	Chonchi
BA	42°28'24"	73°44'58"	-	Sector Norte Castro
BB	42°32'28"	73°47'48"	-	Sector Sur Castro
S1	42°29'18"	73°45'34"	6	Boya Castro
S6	42°23'00"	73°39'00"	13	Dalcahue
S7	42°31'48"	73°47'57"	10	Rauco
SA1	42°38'00"	73°45'45"	6	Chonchi
SS1	42°34'09"	73°45'30"	10	Boca Fiordo Castro

Según la conformación topográfica del borde costero, este cuerpo de agua es clasificado en la categoría de protegido. En la Figura N° 28, se representa la distribución de los puntos de muestreo del cuerpo de agua

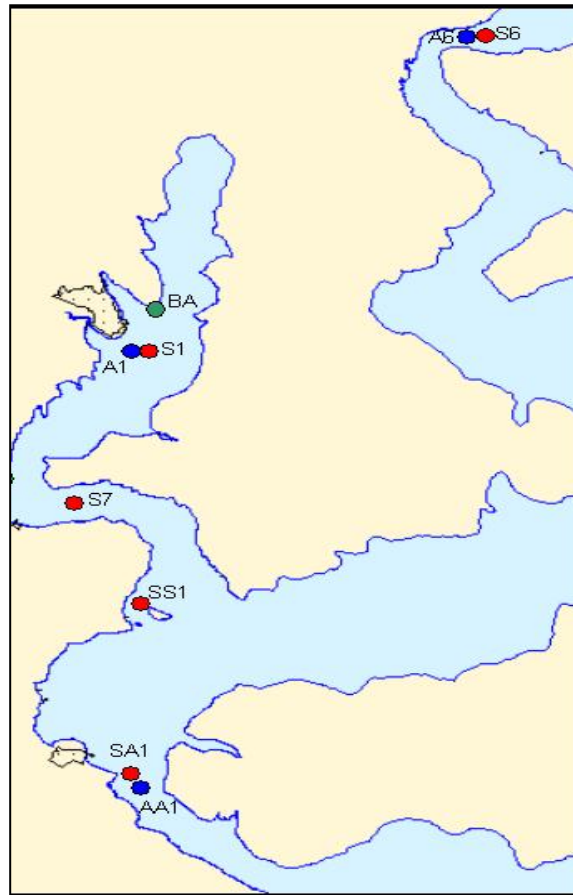


Figura N° 28 : Estaciones de muestreo en el borde costero de Castro.

#### F.2.- Análisis Muestras de Agua:

##### Mercurio Total en Agua:

El gráfico N° 2.204 muestra el conjunto de datos analizados de mercurio en agua, que corresponden a las campañas semestrales realizadas desde el 2002 al 2007.



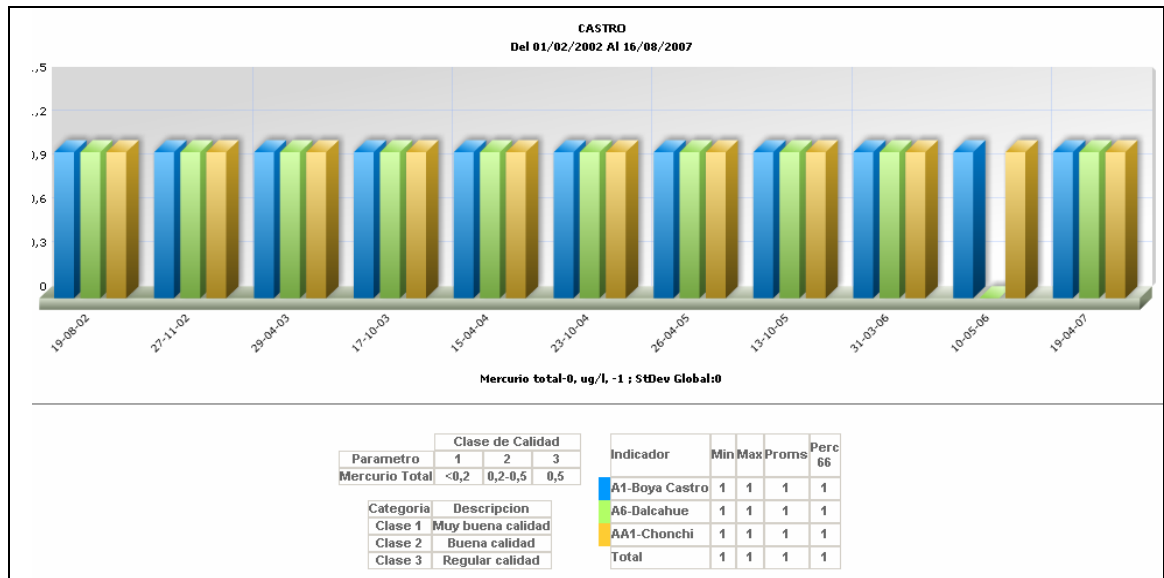


Gráfico N° 2.204 comportamiento ambiental de mercurio (ppb) en agua

La presencia de mercurio en las muestras de agua no reviste mayor relevancia desde el punto de vista ambiental. Todos los resultados están bajo los límites de detección, esto es < 1 ppb.

#### Cromo Total y Plomo Total en Agua:

Los gráficos N° 2.205 y N° 2.206, presentan las variaciones de cromo y plomo en el agua entre los años 2002 y 2007.

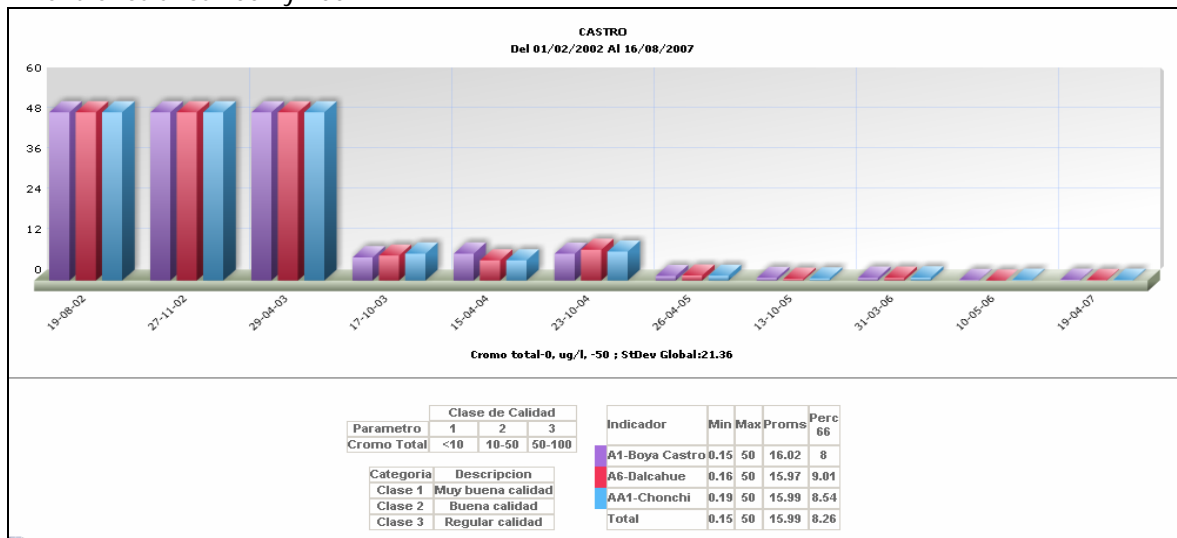


Gráfico N° 2.205 comportamiento ambiental de cromo (ppb) en agua de mar

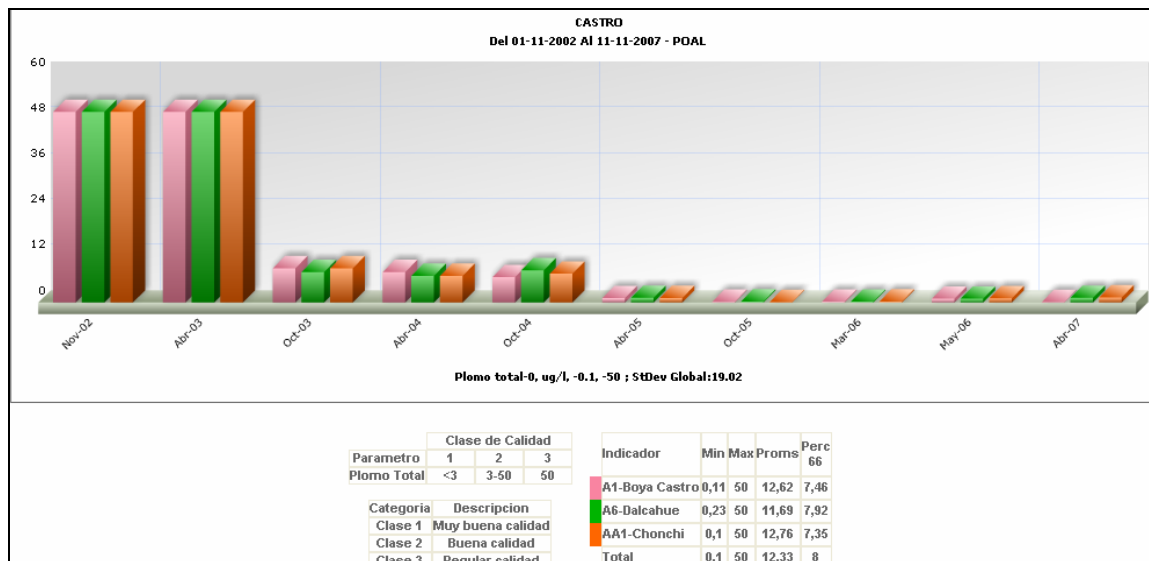


Gráfico N° 2.206 comportamiento ambiental de plomo (ppb) en agua de mar

Las tres primeras campañas, 2002 - 2003, no muestran las concentraciones de estos metales pesados sino los límites de detección, es decir, valores menores de 50 ppb. Las campañas siguientes los contenidos estuvieron bajo los 10 ppb para ambos parámetros, cromo y plomo. De esta manera el criterio conservador que hemos aplicado permitió clasificar las aguas de la ensenada de Castro en la Clase 2 "buena calidad" respecto al plomo y Clase 1 "muy buena calidad" respecto al cromo.

#### Cadmio Total y Cobre Total en Agua:

Los gráficos N° 2.207 y N° 2.208 muestran los datos obtenidos para las concentraciones de cadmio y cobre en el período 2002 - 2007.

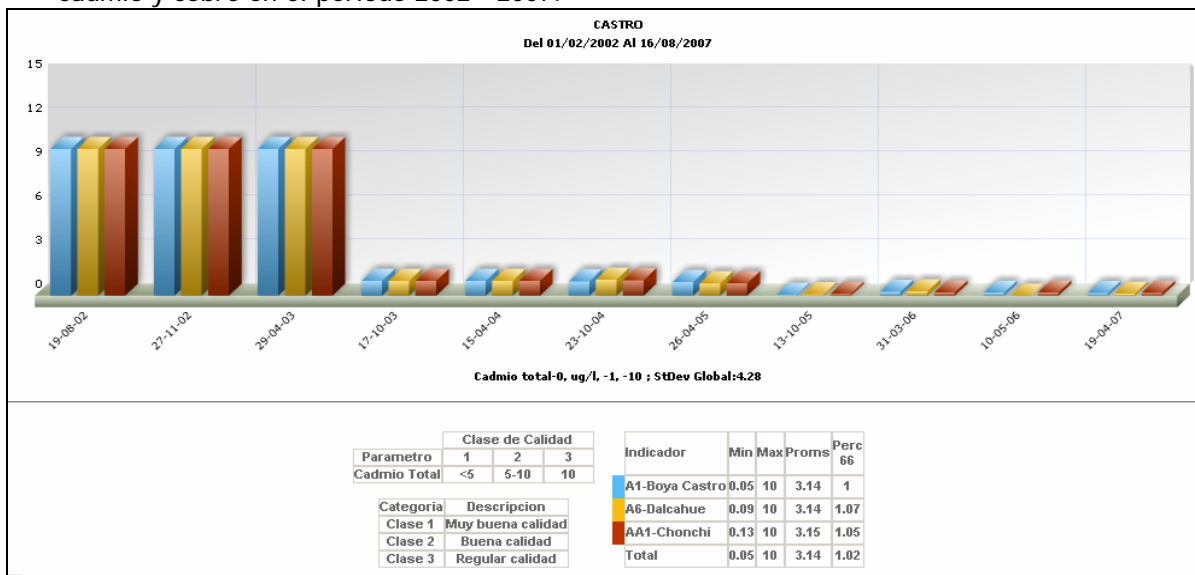


Gráfico N° 2.207 comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua de mar

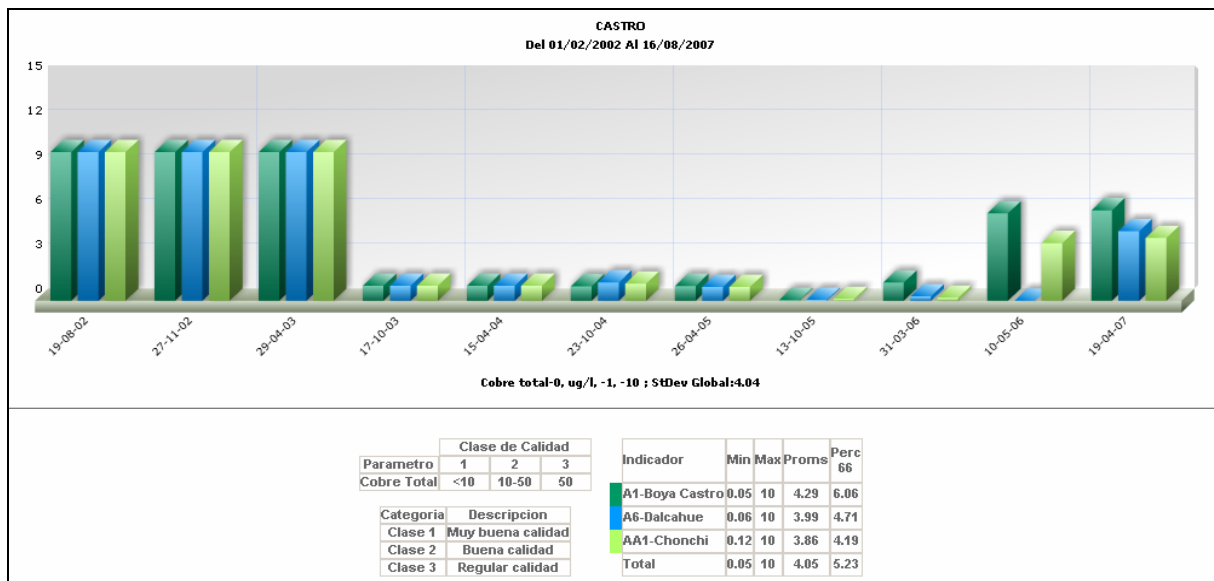


Gráfico N° 2.208 comportamiento ambiental de cobre (ppb) en agua de mar

Cadmio y cobre presentan una situación similar a la analizada anteriormente, ya que los máximos de concentración detectados entre el 2002 y el 2003 corresponden al límite de detección de < 10 ppb, asimismo los valores obtenidos después corresponden a valores bajos que no exceden los 2 ppb para cadmio y los 6,5 ppb para cobre. Por lo tanto para ambos metales pesados, las aguas de la ensenada de Castro se clasifican como de “muy buena calidad”.

#### Zinc Total en Agua:

El gráfico N° 2.209 refleja las fluctuaciones de zinc en agua entre el período 2002 y 2007.

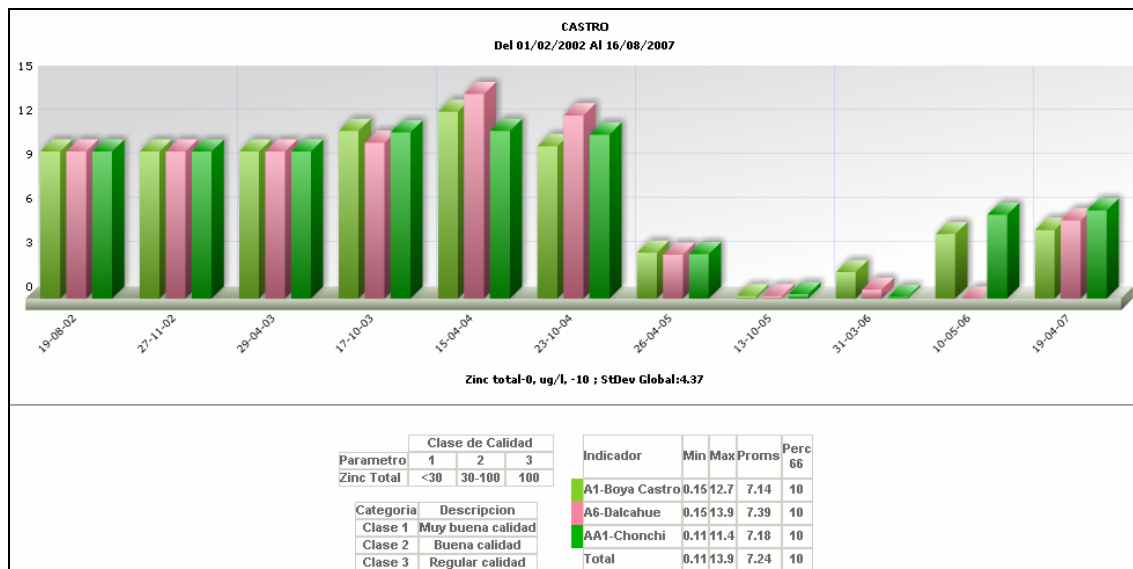


Gráfico N° 2.209 comportamiento ambiental de zinc (ppb) en agua

Como se puede apreciar, los mayores contenidos de zinc se registraron durante las campañas efectuadas en el 2004, siendo la estación A6 (Dalcahue), la que registró un máximo de

13,9 ppb. No obstante, estos valores están bajo el umbral de calidad de las aguas, por lo que ellas pueden clasificarse como “de muy buena calidad” para el zinc.

#### Amonio en Agua:

Se aprecia en el gráfico N° 2.210, la serie de tiempo para amonio en agua entre los años 2002 y 2007.

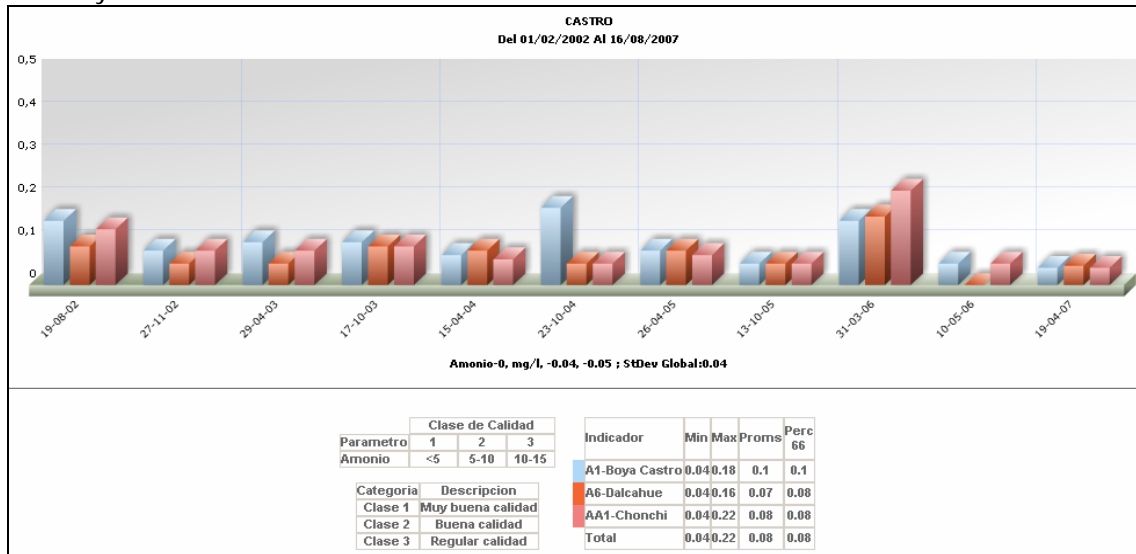


Gráfico N° 2.210 comportamiento ambiental de amonio (ppm) en agua de mar

Los contenidos de amonio evidencian que en general los valores de concentración detectadas en las muestras de agua son bajos, con máximos de 0,22 ppm para la estación AA1 (Chonchi). De esta manera y aplicando el criterio para clasificar la calidad de las aguas, Castro posee aguas de “muy buena calidad” respecto al amonio.

**Aceites y Grasas en Agua:**

El gráfico N° 2.211, refleja la serie de tiempo entre el 2002 y 2007 para aceites y grasas.

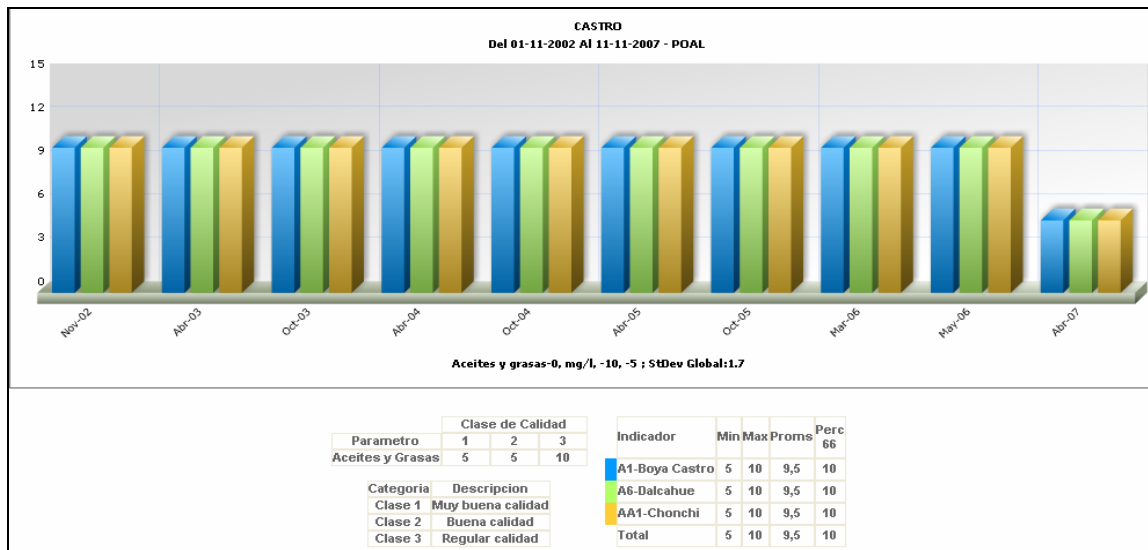


Gráfico N° 2.211 comportamiento ambiental de aceites y grasas (ppm) en agua de mar

Los contenidos de aceites y grasas fueron bajos en las estaciones de muestreo, ya que siempre los registros estuvieron en el límite de detección de los equipos, es decir de < 10 ppm (2002 al 2006) y de < 5 ppm (2007). La estación A6 (Dalcahue), no fue muestreada durante la segunda campaña del 2006.

**Coliformes Fecales en Agua:**

El gráfico N° 2.212, muestra la variación de coliformes fecales en el agua durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

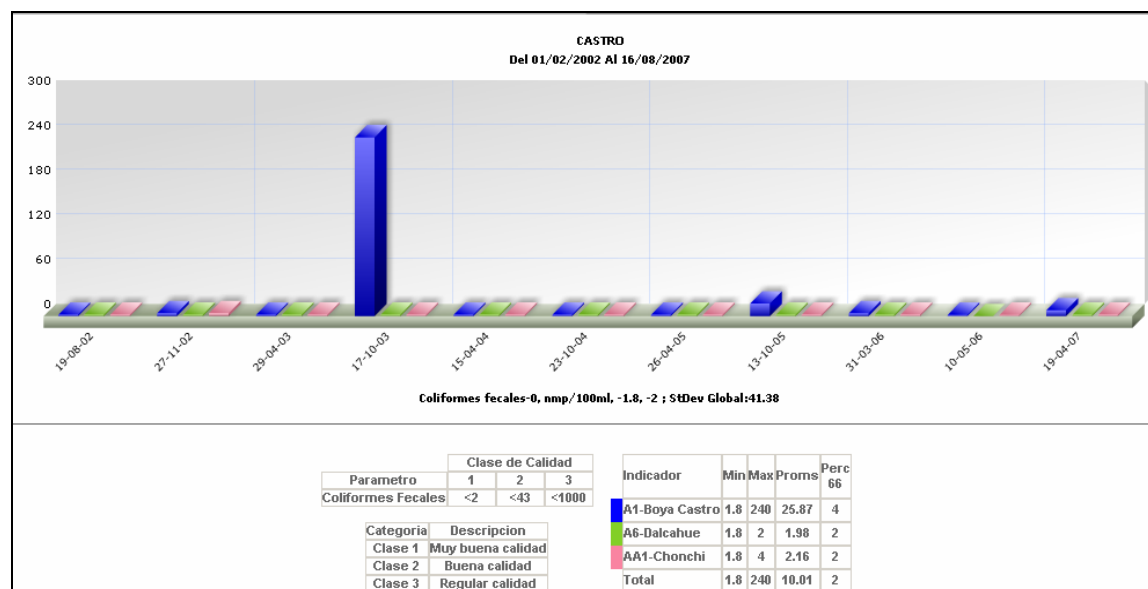


Gráfico N° 2.212 comportamiento ambiental de coliformes fecales (NMP) en agua de mar

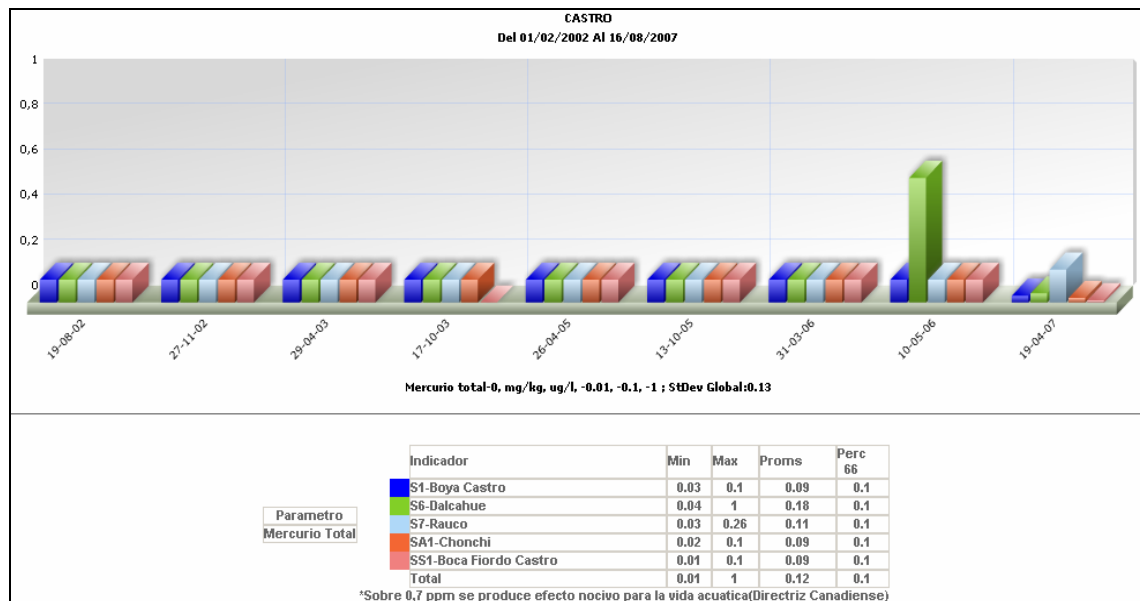
Los recuentos de coliformes fueron muy bajos, incluso al límite de detección de < 2 NMP/110mL. Solamente una estación reflejó un valor levemente alto de 240 NMP en la estación A1

(Boya Castro), situación que disminuyó considerablemente en las siguientes campañas. En este sentido, las aguas de Castro se clasifican como de “buena calidad”.

### F.3.- Análisis Muestras de Sedimento:

#### Mercurio Total en Sedimento:

El gráfico N° 2.213, presenta el comportamiento ambiental de mercurio en sedimentos entre los años 2002 y 2007.



**Gráfico N° 2.213 comportamiento ambiental de mercurio (ppm) en sedimentos**

Durante casi todas las campañas de muestreo el mercurio no fue detectado en sedimentos (límite de detección < 0,1 ppm). Sólo en la primera campaña de 2006 los niveles de mercurio total en las muestras de sedimentos de la estación S6 (Dalcahue), registró un máximo de 0,55 ppm, valor que en todo caso, está por debajo del umbral utilizado para clasificar la calidad de los sedimentos. De este modo, los fondos del Estero Castro se clasifican como “normales” respecto a este metal pesado.

#### Cadmio en Sedimentos:

El gráfico N° 2.214, muestra el comportamiento de cadmio en sedimentos en los años 2002 y 2007.

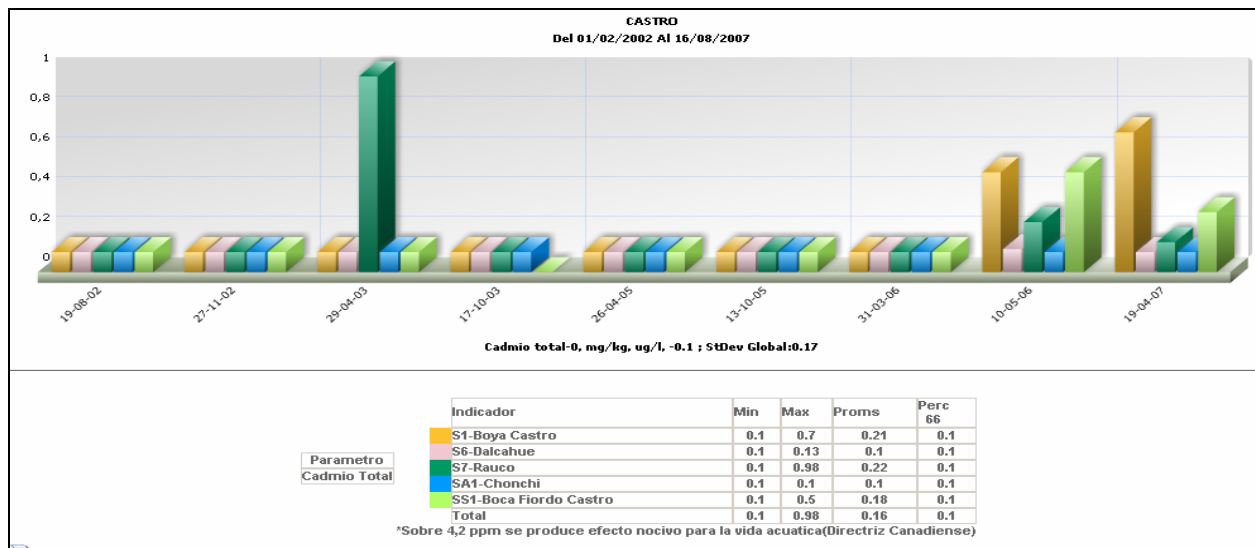


Gráfico N° 2.214 comportamiento ambiental de cadmio (ppm) en sedimentos

Los valores de concentración de cadmio detectados en sedimentos son muy bajos, los niveles no alcanzan 1 ppm, siendo la estación que presenta la mayor concentración la S7 (Rauco) con 0,98 ppm. Sin embargo, esta situación disminuyó en el tiempo registrando, durante el muestreo de 2007, una concentración de 0,15 ppm, los promedios siempre estuvieron bajo el umbral de 4,2 ppm propuesto en la directriz canadiense, pudiendo calificarse como normales los sedimentos del Estero castro, respecto al cadmio.

#### Cromo y Plomo en Sedimentos:

Los gráficos N° 2.215 y N° 2.216 reflejan las fluctuaciones de cromo y plomo en los fondos sedimentarios entre los años 2002 y 2007.

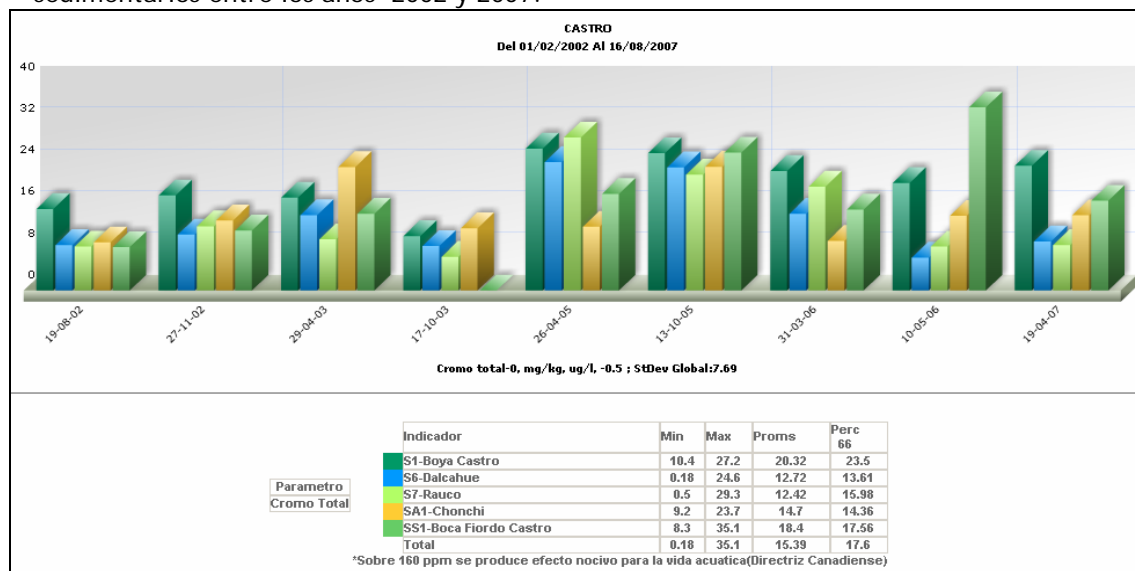


Gráfico N° 2.215 comportamiento ambiental de cromo (ppm) en sedimentos

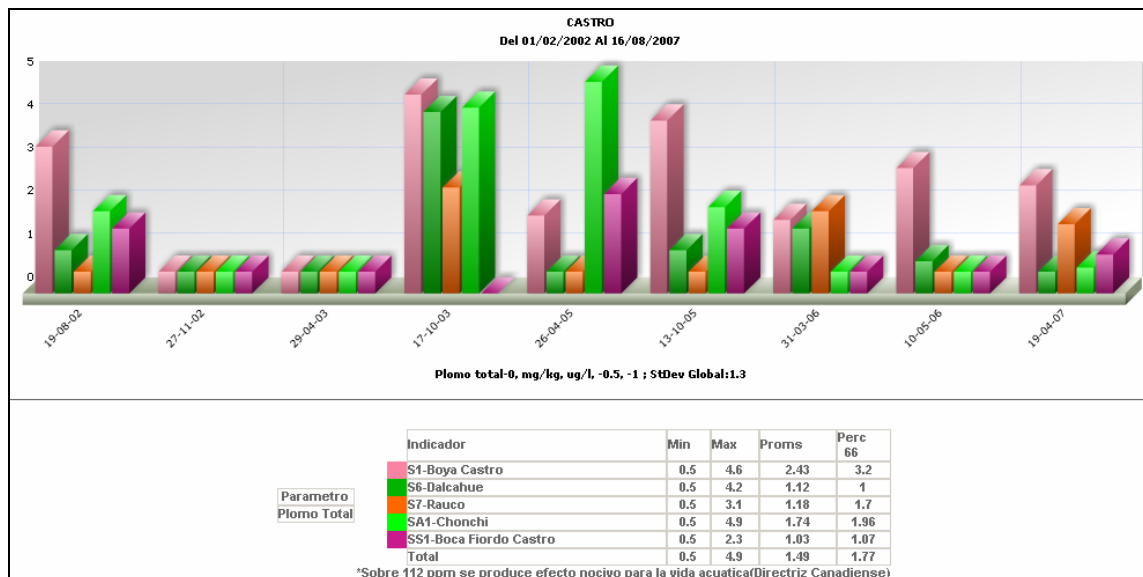


Gráfico N° 2.216 comportamiento ambiental de plomo (ppm) en sedimentos

Las estaciones de muestreo S1 (Boya Castro), son las que presentan los promedios de concentración comparativamente más altos para cromo y plomo total. No obstante las cantidades detectadas para cromo no superan los 40 ppm y para plomo 5 ppm, valores de concentración que están bajo los umbrales y en consecuencia se trata de sedimentos normales.

#### Cobre en Sedimentos:

El gráfico N° 2.217 muestra el comportamiento de cobre en los sedimentos entre los años 2002 y 2007.

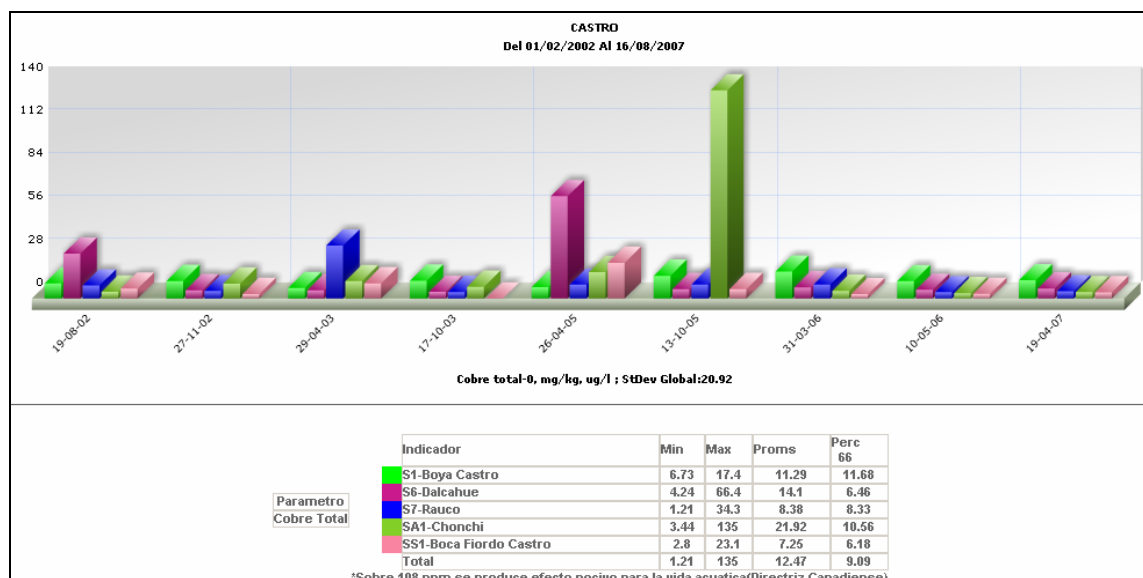


Gráfico N° 2.217 comportamiento ambiental de cobre (ppm) en sedimentos

Los niveles de cobre total encontrados en las últimas campañas de muestreo en las muestras de sedimentos son bajas en comparación con las detectadas durante la campaña del 2005, obteniéndose un máximo de concentración en la estación SA1 (Chonchi), con un valor máximo de 135 ppm, que está por sobre el umbral de 108 ppm. No obstante los promedios



permanecieron bajo el umbral evidenciando el carácter de “normalidad” de los sedimentos del Estero de Castro, respecto al cobre.

#### Zinc Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.218, evidencia la variación de zinc en sedimentos entre los años 2002 y 2007.

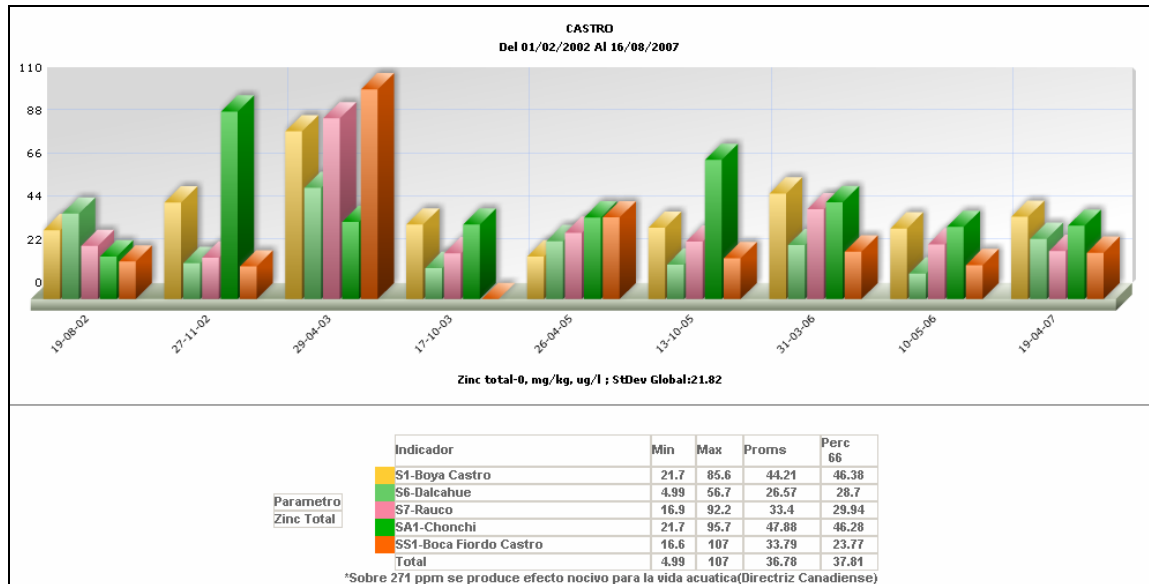


Gráfico N° 2.218 comportamiento ambiental de zinc (ppm) en sedimentos

No se encontró contaminación por zinc en los sedimentos del Estero de Castro. Todas las concentraciones promedios están bajo el límite referencial de 271 ppm. Los índices más altos fueron detectados entre los años 2002 y 2003, situación que disminuyó hacia las últimas campañas de muestreo (2006-2007). El valor más alto, de 107 ppm, se encontró en la estación SS1 (Boca Fiordo Castro) durante la segunda campaña del 2003. En síntesis, los sedimentos del Estero de Castro son normales en cuanto a zinc.

#### Fósforo Total en Sedimentos:

Se observa en el gráfico N° 2.219 las variaciones de fósforo total en los fondos sedimentarios durante los años 2002 al 2007.

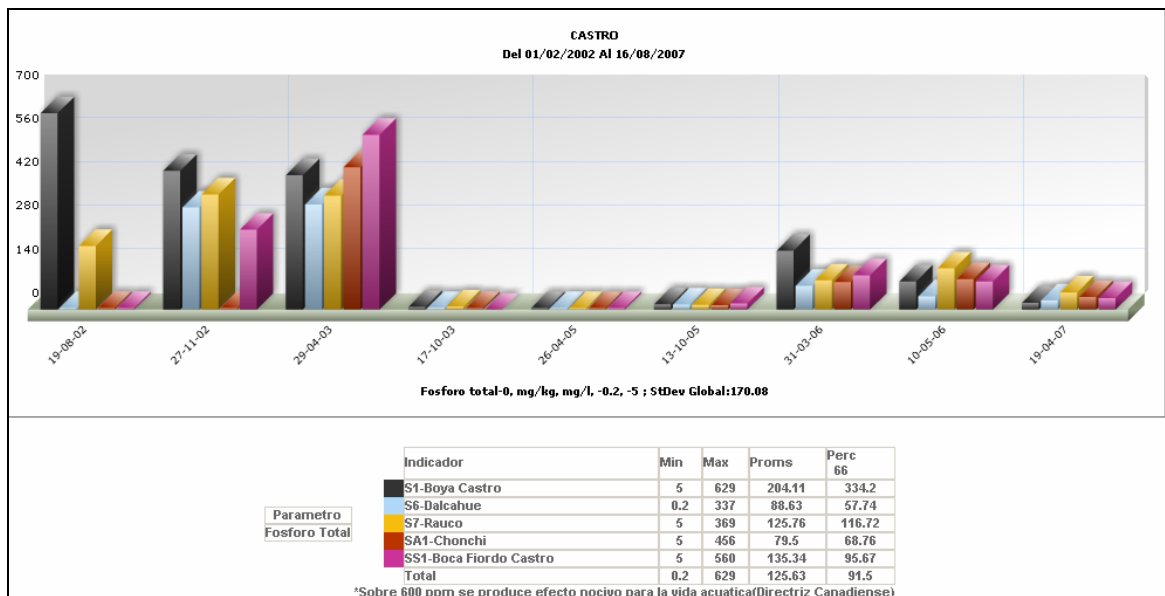


Gráfico N° 2.219 comportamiento ambiental de fósforo (ppm) en sedimentos

No hay aportes importantes de fósforo a los sedimentos del Estero de Castro, encontrándose en condiciones normales en cuanto a este importante nutriente. Las concentraciones promedio están bajo el límite de 600 ppm. Desde la segunda campaña del 2003 y todo el 2005 los valores de fósforo presentes en los sedimentos fueron muy bajos, en comparación con los detectados en el año 2002 y el 2006. Las concentraciones disminuyen nuevamente durante la campaña del 2007. Los valores máximos se registraron en la estación S1 (Boya Castro) durante el muestreo del 2002 y fue de 629 ppm.

#### Nitrógeno Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.220, muestra la variación de nitrógeno total en sedimentos en el período de 2002 y 2007.

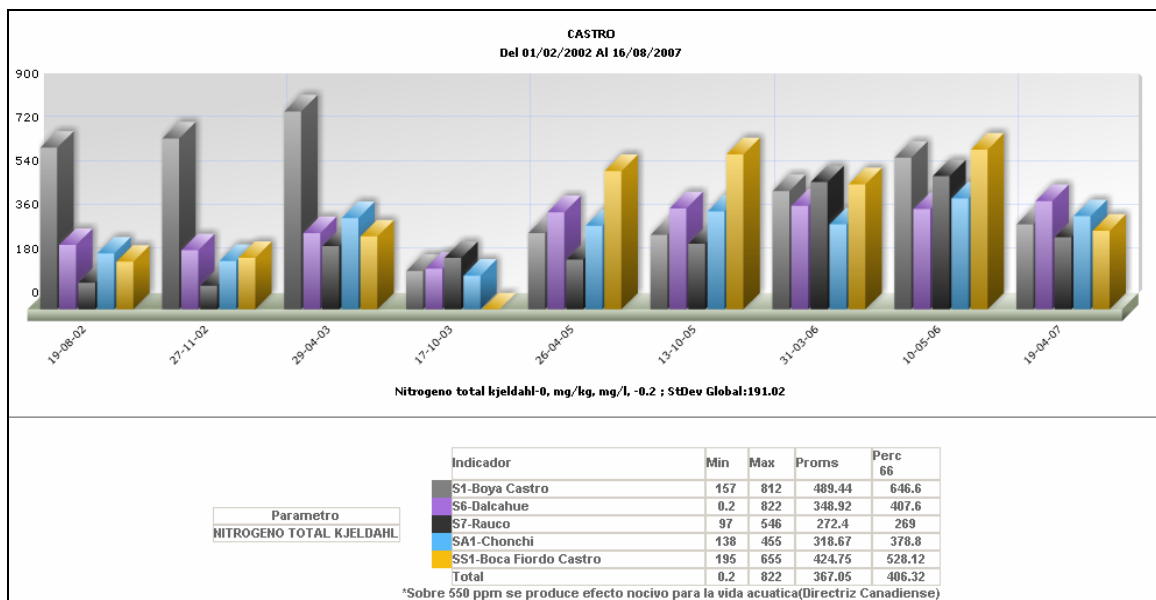
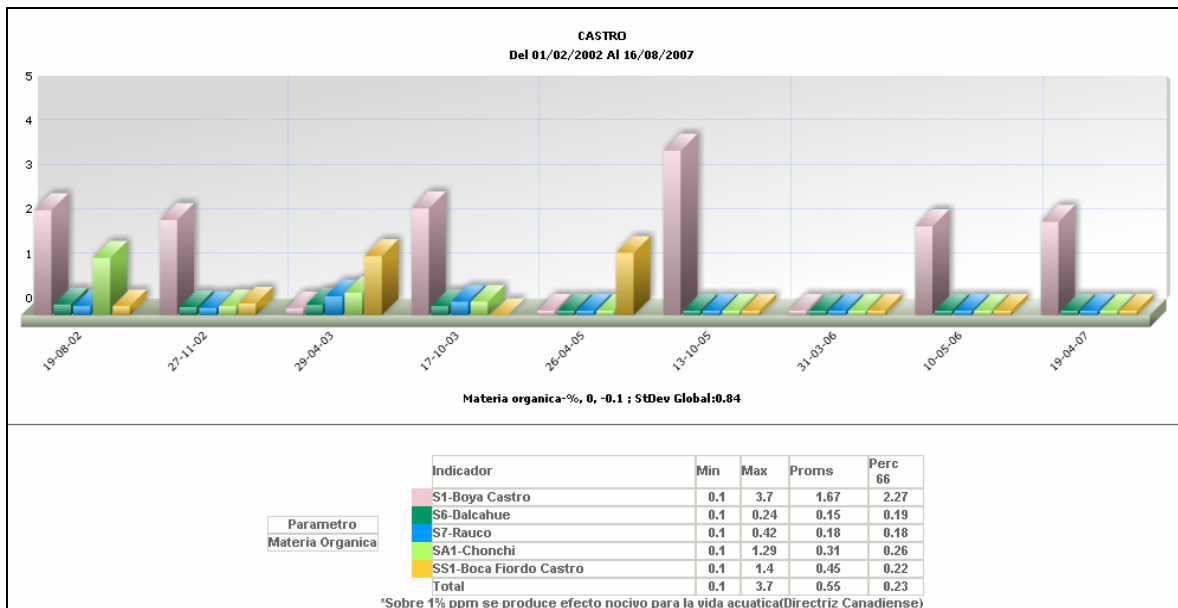


Gráfico N° 2.220 comportamiento ambiental de nitrógeno (ppm) en sedimentos

Si bien los contenidos promedio de nitrógeno total no superan el umbral de la directriz canadiense de 550 ppm, se han registrado contenidos altos que exceden dicho umbral, siendo las estaciones S1 (Boya Castro), S6 (Dalcahue) y SS1 (Boca Fiordo Castro) los que bordean el valor umbral. De esta manera, los sedimentos del Estero Castro poseen una contaminación por nitrógeno “moderada” localizada en estos sitios.

#### Materia Orgánica en Sedimentos:

El gráfico N° 2.221, refleja la variación de materia orgánica en sedimentos en el período 2002 y 2007.



**Gráfico N° 2.221 comportamiento ambiental de materia orgánica (%) en sedimentos**

En el gráfico se observa que la estación S1 (Boya Castro), está muy intervenida por contenidos de materia orgánica, superando el umbral de 1% el promedio obtenido en esta estación. Las demás estaciones no muestran cantidades importantes de este parámetro.

#### F.4.- Clasificación ambiental de la calidad del agua

La comparación de los percentiles 66 obtenidos de los análisis por parámetro permiten definir la calidad de las aguas del Estero de Castro y Dalcahue en una de las tres categorías propuestas por la Guía CONAMA. Estas categorías son: Clase 1, aguas de muy buena calidad; Clase 2, aguas de buena calidad y Clase 3, aguas de regular calidad.

A continuación, en la siguiente tabla resumen, se aplica esta clasificación de acuerdo a los resultados obtenidos en la vigilancia ambiental, tras 6 años de monitoreo de la calidad de las aguas del Estero de Castro y Dalcahue.

Parámetros	A1 (Boya Castro)	A6 (Dalcahue)	AA1 (Chonchi)
Mercurio ppb	No se detecta	No se detecta	No se detecta
Cadmio ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Plomo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad
Cobre ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad

Zinc ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cromo ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Amonio ppm	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Coliformes Fecales NMP/100ml	Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Aceites y Grasas ppm	No se detecta	No se detecta	No se detecta

La buena calidad de las aguas del Estero Castro, incluido las de Dalcahue, queda en evidencia al ver los resultados obtenidos en las campañas de vigilancia ambiental del 2002 al 2007. Sólo pequeñas alteraciones se pudieron apreciar en el contenido de plomo en agua en todas las estaciones y de coliformes fecales frente a la ciudad de Castro (A1).

La presencia de plomo podría ser consecuencia de los aportes de la escorrentía desde la ciudad. Respecto a los coliformes fecales, sería consecuencia de la descarga eventual de desechos domésticos de la ciudad de Castro ocurrida durante un período breve. Ambos parámetros sin embargo, no han deteriorado de manera importante la calidad de las aguas.

#### F.5.- Clasificación ambiental de la calidad de los sedimentos

En base a las concentraciones promedios determinadas de los análisis a las muestras de sedimentos tomadas en el Estero de Castro y Dalcahue y su comparación con la directriz canadiense que hemos tomado como referencia, es posible determinar en el cuerpo de agua si los sedimentos poseen una condición de contaminación Normal (N), Moderada (M), o Contaminada (C), para cada parámetro según se indica en la siguiente tabla:

Parámetros	S1 (Boya Castro)	S6 (Dalcahue)	S7 (Rauco)	SA1 (Chonchi)	SS1 (Boca Fiordo Castro)
Mercurio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cadmio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Plomo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cobre ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Zinc ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cromo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Nitrógeno total ppm	Moderado	Moderado	Normal	Normal	Moderado
Fósforo Total ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Materia Orgánica %	Contaminado	Normal	Normal	Normal	Normal

Los sedimentos del cuerpo de agua Estero de Castro se encuentra en condiciones de buena calidad. Los niveles de la mayoría de los contaminantes analizados son bajos, especialmente metales pesados de los cuales no hay evidencia de contaminación en los sedimentos. La única excepción a esta generalidad es la carga orgánica que encontrada. Los contenidos de Nitrógeno en todos los sitios analizados, y de Materia Orgánica frente a la ciudad de Castro, demuestran un deterioro que deberá ser controlado e identificado en cuanto a su origen.

### F.6.- Discusión de Resultados Obtenidos en Agua y Sedimentos

En la Figura N° 29, se indican las fuentes terrestres que descargan al medio marino en los Esteros de Castro y de Dalcahue, esto permite asociar los niveles de impactos generados por la descarga de residuos líquidos al medio marino.

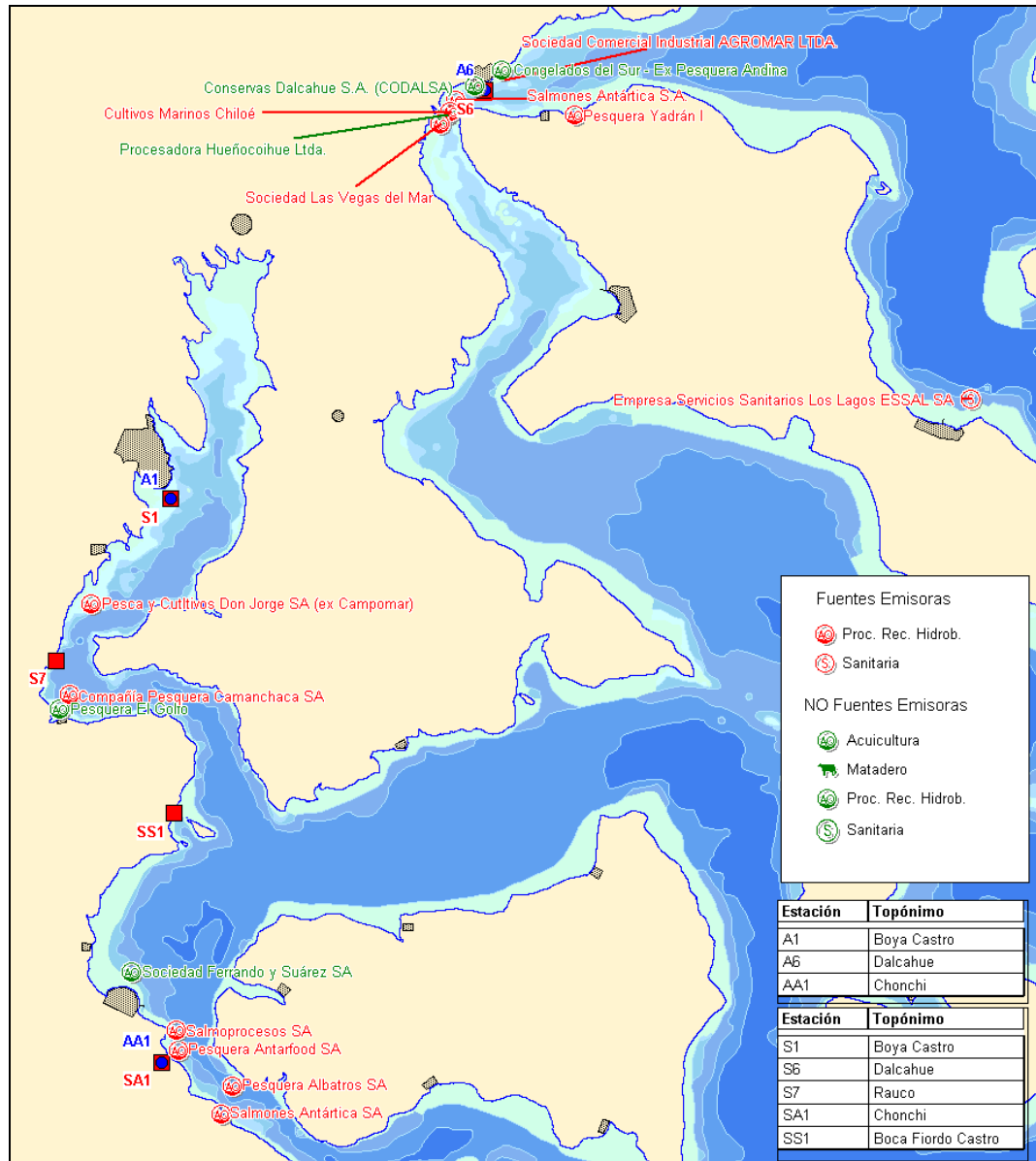


Figura N° 29: actividades económicas desarrolladas en el borde costero del Estero de Castro.

Así del análisis efectuado anteriormente es posible señalar que las aguas de Castro no se encuentran intervenidas, toda vez que la calidad ambiental que presenta para la mayoría de los parámetros corresponden a la Clase 1 definida por la Guía CONAMA como un agua de muy buena calidad, apta para la conservación de las comunidades acuáticas. El plomo clasifica las aguas dentro de la Clase 2 que corresponde a un agua sólo de buena calidad, apta para el desarrollo de pesca extractiva. La estación A1 (Boya Castro), también presenta esta última condición.

En cuanto a la calidad ambiental de la matriz sedimentaria, al comparar los resultados con las directrices internacionales, se puede señalar que en general los parámetros medidos en las estaciones de muestreo están dentro de una condición normal. Solamente la estación S1 (Boya Castro), evidencia un grado de contaminación por Nitrógeno y Materia Orgánica perjudicial para la vida acuática. Esta estación podría estar siendo intervenida por las descargas del sector pesquero y sanitario, con desechos domésticos que descargan sus riles sin tratamiento, directamente al mar.

#### F.7.- Conclusiones

Respecto a la calidad del agua del Estero de Castro y Dalcahue:

1. Las aguas presentan una calidad ambiental que puede calificarse como “muy buena”. Esto significa que es un medio apto para la conservación de las comunidades acuáticas.
2. Los niveles de plomo bordean los de contaminación de las aguas, pero aun así su calidad ambiental es buena, es decir, no permiten la conservación de comunidades acuáticas, pero sí el desarrollo de actividades pesqueras.
3. Solamente frente a la ciudad de Castro existe una condición ambiental con señales de deterioro de la calidad de las aguas por presencia de coliformes fecales. Este hecho sin embargo, no implica una alteración ambiental en el cuerpo de agua con niveles inaceptables para cualquier tipo de actividad. Más allá de estas aguas, existen condiciones libres de contaminación de origen fecal.

Respecto a la calidad de los sedimentos:

4. El centro de la actividad económica de Castro, y sus áreas adyacentes, lo conforma la acuicultura. Se sabe que esta actividad genera como principal efecto ambiental un fuerte aporte de materia orgánica y nutrientes, las que finalmente se concentran en el fondo marino. Se detectaron sedimentos contaminados por materia orgánica. Posiblemente la causa sea la actividad pesquera en conjunto con descargas de desechos domésticos sin tratamiento provenientes de la población urbana.
5. La matriz sedimentaria evidenció características similares a la matriz acuática. Es decir, no hay evidencias de contaminación por metales pesados. La matriz presenta una condición normal, según la comparación con directrices referenciales.
6. Si bien se detectaron nutrientes en los sedimentos, las concentraciones promedio estuvieron bajo los umbrales respectivos. Los sedimentos contienen cantidades importantes de nutrientes, los que podrían provenir de los sectores industriales pesqueros o de los desechos domésticos. Estos contaminantes aún no constituyen un daño ambiental para la vida acuática.

## PUERTO CHACABUCO





## II.2.13.- PUERTO CHACABUCO

### A) ANTECEDENTES FISICOS

La región de Aysén se extiende desde los 44° a los 49° de latitud sur, donde limita con la región de Magallanes. El territorio regional comprende una superficie de 108.631,2 km<sup>2</sup>, que representan el 14,4% de la superficie nacional, excluido el Territorio Chileno Antártico.

Esta región posee un relieve muy accidentado debido a procesos tectónicos de hundimiento continental, los que han permitido que el mar penetre hacia el interior inundando todas las depresiones, cuencas y valles, dando origen a líneas de costa muy irregulares, formadas por islas, canales, golfos, penínsulas, archipiélagos, estuarios y fiordos (Figura N° 30 Mapa Físico Undécima Región).

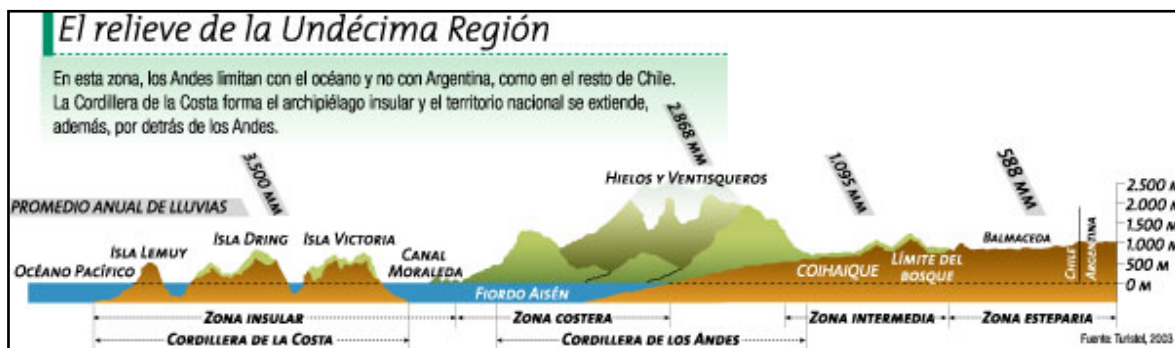


Figura N° 30: Mapa Físico Undécima Región

Desde el punto de vista hidrográfico, la región presenta la continuación hacia el sur de condiciones similares a las hoyas hidrográficas del territorio de Chiloé continental, siendo la hoya del río Palena el límite norte de la región. Los principales ríos de la región de Aysén son el Cisne, Aysén, Baker, Bravo y Pascua, siendo todos ellos de carácter trasandinos.

### B) ANTECEDENTES DEMOGRAFICOS

Esta región es una de las más extensas en territorio y la menos poblada del país. El 71,9% de la población se concentra en las comunas de Coyhaique y Aysén. La densidad es de 0.8 habitantes por kilómetro cuadrado. La tasa media estimada de crecimiento anual, para el período 2000-2005, es de 1,35 personas por cada 100 habitantes.

Tabla N° 1: Crecimiento intercensal 1992-2002 Región de Aysén.

Localidad	Población 1992	Población 2002
Región Aysén del Gral. Carlos Ibáñez Del Campo	80.501	91.492
Coyhaique	43.297	50.041
Lago Verde	1.168	1.062
Aysén	19.090	22.353
Cisnes	5.353	5.739
Guaitecas	1.283	1.539
Cochrane	2.996	2.867
O'Higgins	337	463
Tortel	448	507
Chile Chico	3.757	4.444
Río Ibáñez	2.772	2.477

Fuente: Infopais; Sistema de Información Regional, Mideplan 2005



### C) ANTECEDENTES ECONOMICOS

El crecimiento industrial es muy poco significativo. En ello influyen las severas condiciones climáticas, la falta de fuentes de energía instalada, a pesar de la presencia de un número importante de ríos que tienen condiciones naturales para generar energía; y la situación de aislamiento con el resto del país. Existen algunos centros menores que elaboran productos industriales derivados de la ganadería y de la leche.

Aysén se presenta como la región que tiene el mayor potencial acuícola, producto de las características propias que posee su litoral y, además, porque cuenta con un gran número de lagos. Por otra parte la región de Los Lagos, principal región acuícola actual, se encuentra saturada lo que impediría el otorgamiento de más concesiones.

Si bien la región tiene ciertas debilidades como las malas condiciones climáticas, la fuerte estacionalidad de su turismo y el difícil acceso a sus atractivos turísticos, en la última década el turismo ha presentado tasas de crecimiento crecientes las cuales se espera se sostengan en el futuro con lo cual esta actividad será cada vez más importante para la economía regional.

En el rubro industrial tienen importancia las actividades vinculadas a la ganadería y plantas lecheras. La situación de aislamiento ha motivado también la instalación de plantas frigoríficas y centros procesadores de lanas.

### D) PROBLEMAS AMBIENTALES

En la región de Aysén, la disponibilidad de agua excede ampliamente las demandas actuales.

La baja densidad poblacional y la poca industrialización de la región, determinan una baja emisión global de contaminantes, en comparación con otras regiones del país.

En éste sentido se estima que un alto porcentaje de las emisiones que favorecen la eutrofización de las aguas provienen de las ciudades y centros poblados. De igual forma la fertilización de los suelos, puede ser un factor que acelere éste proceso aumentando principalmente la cantidad de nitrógeno y fósforo disponible en los sistemas hidrológicos.

Por último, la carga de materia orgánica aportada por la pisciculturas, ya sea por el alimento no consumido, por restos de peces muertos o por excrementos, son factores que pueden llevar a un creciente deterioro biológico de un lago.

Uno de los probables conflictos ambientales en la región esta relacionado con el uso de agua para la generación de energía hidroeléctrica, el cual se torna incompatible con los usos recreacionales, paisajísticos, turísticos y de preservación de biodiversidad de las cuencas.

## E) PRINCIPALES EMPRESAS DE LA REGION.

GM AYSÉN					
EMPRESA	N° de Plantas	N° de Ductos	Naturaleza de Descarga	Tipo Emisario	Principales Contaminantes
Pesquera Camila	1	1	RIL	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Sólidos Sedimentables,
Pesquera Deep Sea Food	1	1	RIL	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Sólidos Sedimentables,
Planta Pesca Chile	1	1	RIL	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Sólidos Sedimentables,
Planta Proceso Salmones Friosur	1	1	RIL	Submarino	Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Sólidos Sedimentables, Detergentes.

## F) RESULTADOS

A continuación se entregan los resultados obtenidos luego de 6 años de análisis de contaminantes en agua y sedimentos en Puerto Chacabuco.

## F.1.- Ubicación Puntos de Muestreo:

En la Bahía de Chacabuco, se monitorean estaciones en agua y sedimento distribuidas de la siguiente manera:

CHACABUCO				
EST.	LAT. SUR	LONG OESTE	PROF	NOMBRE LOCAL
AA1	45°27'40,10"	72°49'30,20"	11	Frente Terminal COPEC
AA2	45°28'14,60"	72°49'58"	66	Centro Bahía
AA3	45°28'25"	72°52'36,70"	2.5	Caleta Bluff
BB1	45°28'54"	72°50'00"	10	Sector Fondo Bahía
BB2	45°27'33,20"	72°50'30"	-	Sector Punta Weste
SA1	45°27'40,10"	72°49'30,20"	11	Frente Terminal COPEC
SA3	45°28'25"	72°52'36,70"	2.5	Caleta Bluff
SS1	45°28'02"	72°49'10,60"	15	Sector Muelle
SS2	45°28'18,70"	72°50'18"	4	Sector ALUMYSA

En virtud de las características topográficas del borde costero, este cuerpo de agua se clasifica como protegido, en la Figura N° 31 se representa la distribución de los puntos de muestreo en agua y sedimento:

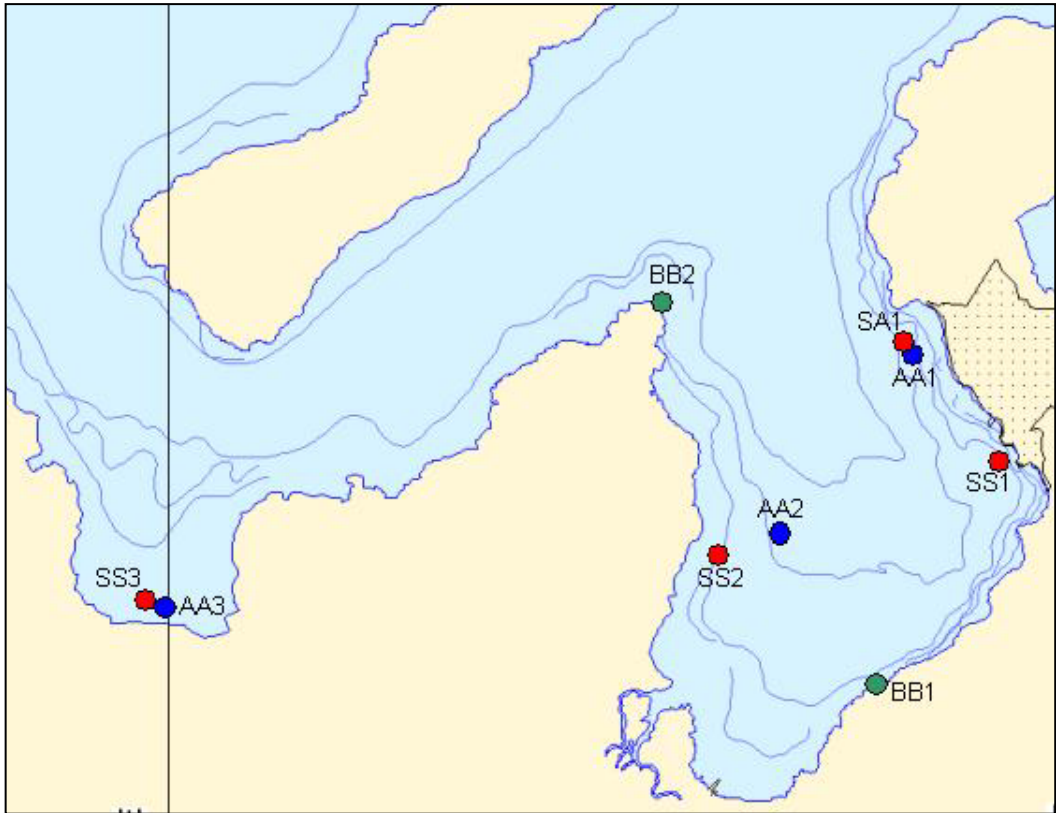


Figura N° 31: Estaciones de muestreo en el cuerpo de agua Puerto Chacabuco

F.2.- Análisis Muestras de Agua:

Mercurio Total en Agua:

El gráfico N° 2.222 muestra el conjunto de datos analizados de mercurio en agua, que corresponden a las campañas semestrales realizadas desde el 2002 al 2007.

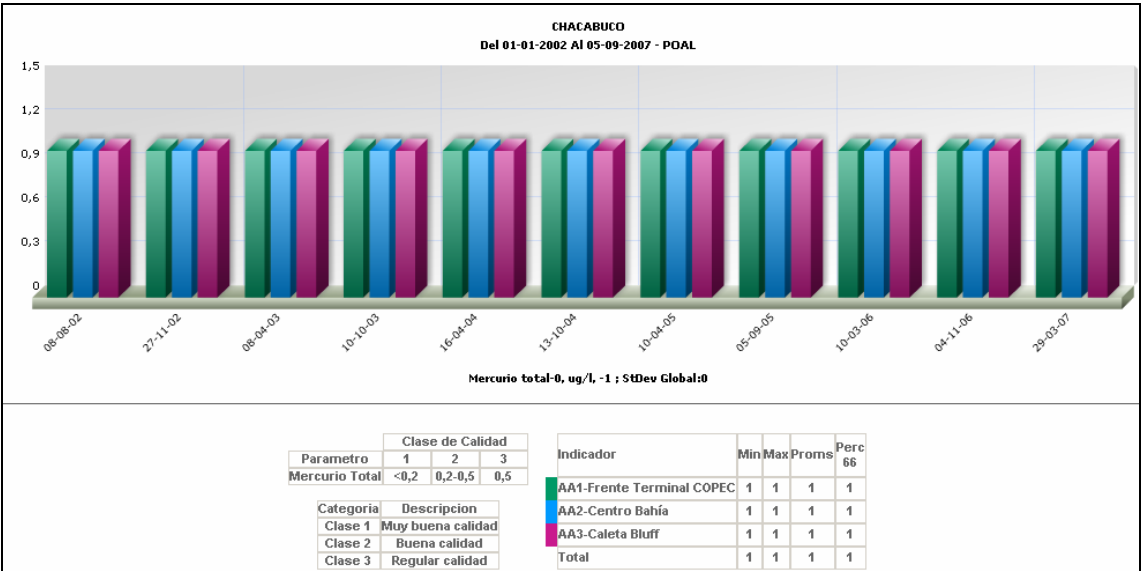


Gráfico N° 2.222 comportamiento ambiental de mercurio (ppb) en agua

De los resultados obtenidos para el caso de los metales pesados determinados en el agua de mar el parámetro mercurio no fue detectado analíticamente, debido a que los registros informados por el laboratorio corresponden al límite de detección de 1,00 ppb.

#### Cromo, Cobre, Zinc y Cadmio Total en Agua:

Los gráficos N° 2.223, 2.224, 2.225 y 2.226, presentan las variaciones de cromo, cobre, zinc y cadmio respectivamente, en las aguas de bahía Chacabuco entre los años 2002 y 2007.

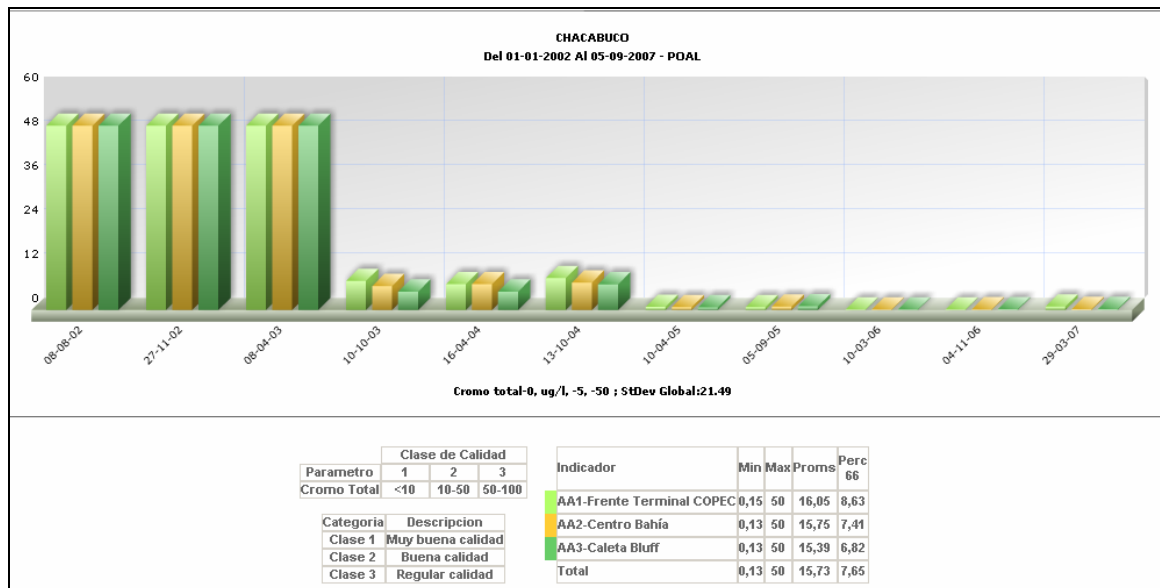


Gráfico N° 2.223 comportamiento ambiental de cromo (ppb) en agua de mar

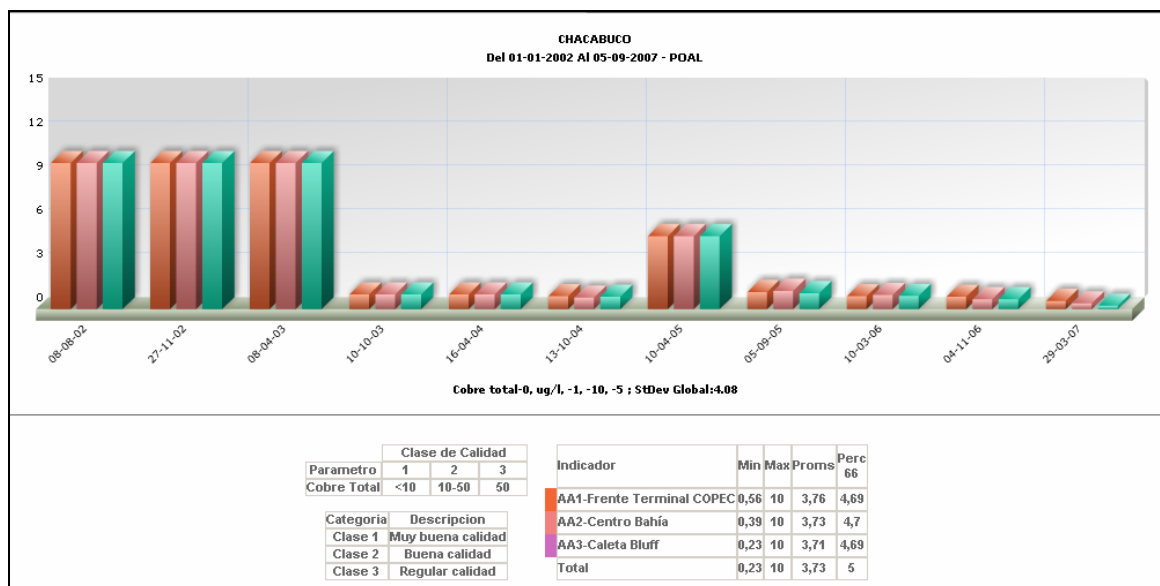


Gráfico N° 2.224 comportamiento ambiental de cobre (ppb) en agua de mar

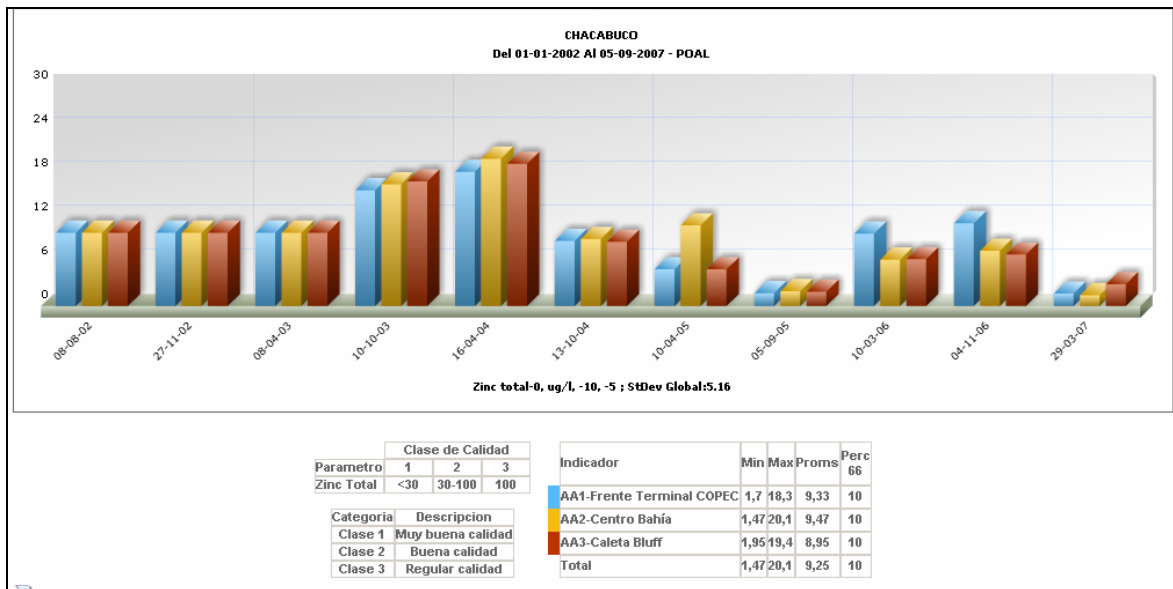


Gráfico N° 2.225 comportamiento ambiental de zinc (ppb) en agua

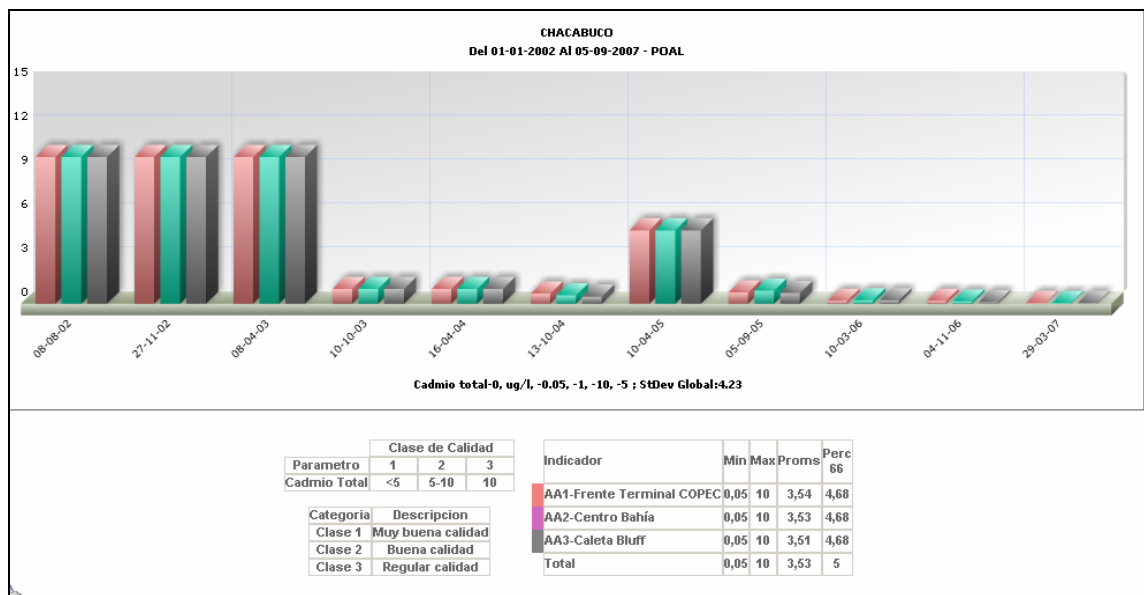


Gráfico N° 2.226 comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua de mar

Se encontraron bajos contenidos de cromo, cobre, zinc y cadmio en las aguas de Bahía Chacabuco. Las concentraciones indican, según la Guía CONAMA, que se trata de aguas de muy buena calidad para estos metales pesados.

#### Plomo Total en Agua:

El gráfico N° 2.227 muestra los datos obtenidos para las concentraciones de cadmio en el período 2002 - 2007.

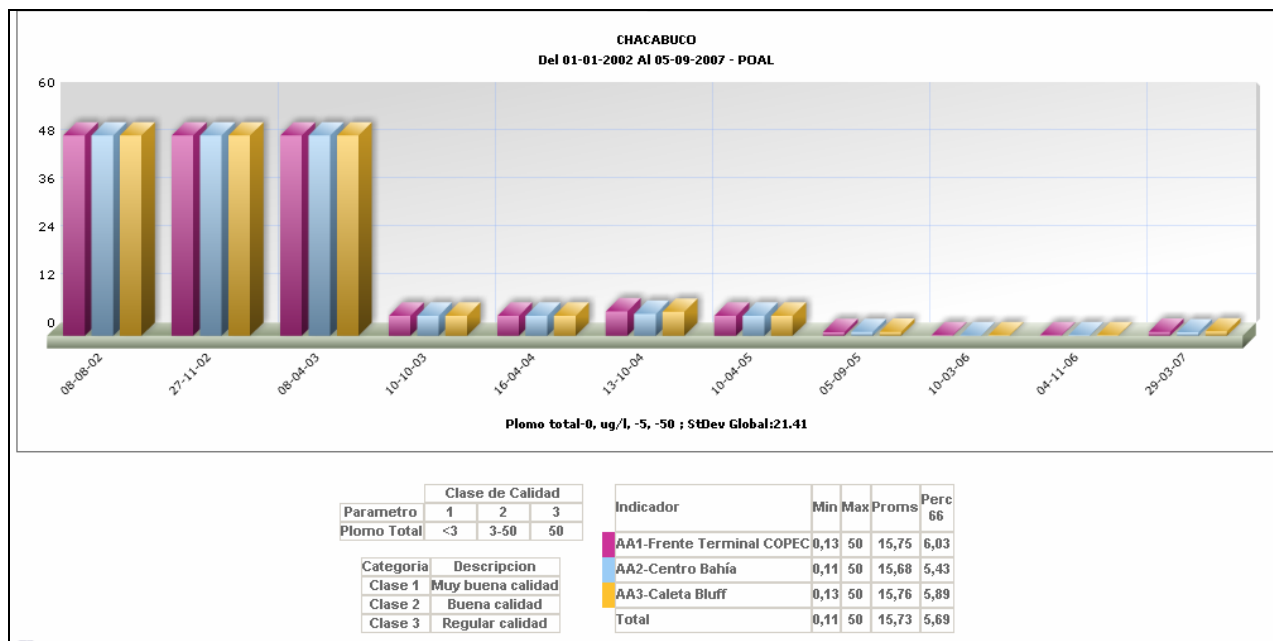


Gráfico N° 2.227 comportamiento ambiental de plomo (ppb) en agua de mar

Los percentiles obtenidos de las concentraciones de plomo permiten clasificar esta agua en la clase 2 de la Guía CONAMA, aguas de buena calidad. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que se están considerando los registros obtenidos en el año 2002 como “límite de detección”, esto es, 50 ppb durante las tres primeras campañas. Este valor disminuyó durante las campañas siguientes al mejorar la metodología analítica. Así, los últimos valores registrados los años 2005 a 2007, dan cuenta de aguas de muy buena calidad (Clase 1), sin embargo, debido a que se han aplicado criterios conservadores para el análisis, el resultado para todo el período es sólo de aguas de “buena calidad” para el plomo.

#### Amonio en Agua:

Se aprecia en el gráfico N° 2.228, la serie de tiempo para amonio en agua entre los años 2002 y 2007 en bahía Chacabuco.

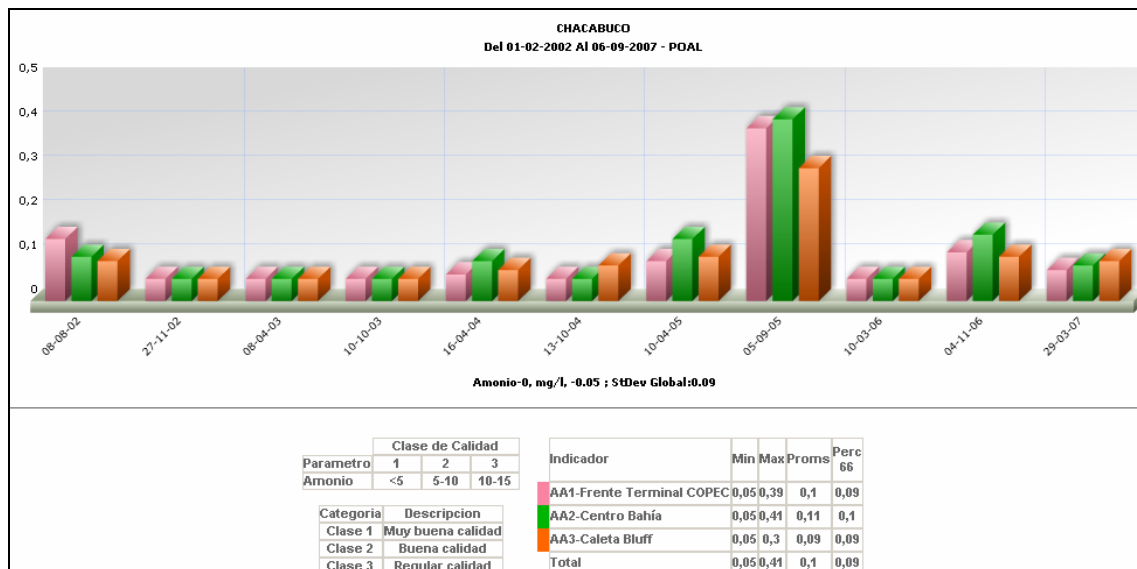


Gráfico N° 2.228 comportamiento ambiental de amonio (ppm) en agua de mar

La presencia de amonio en las muestras de agua, evidencian una clase de calidad ambiental definida como muy buena (Clase 1). Solo el muestreo de septiembre 2005 se registraron contenidos superiores a los obtenidos en los muestreos anteriores, sin embargo los resultados no modifican la conclusión señalada.

#### Aceites y Grasas en Agua:

El gráfico N° 2.229, refleja la serie de tiempo entre el 2002 y 2007 para aceites y grasas en las aguas de bahía Chacabuco.

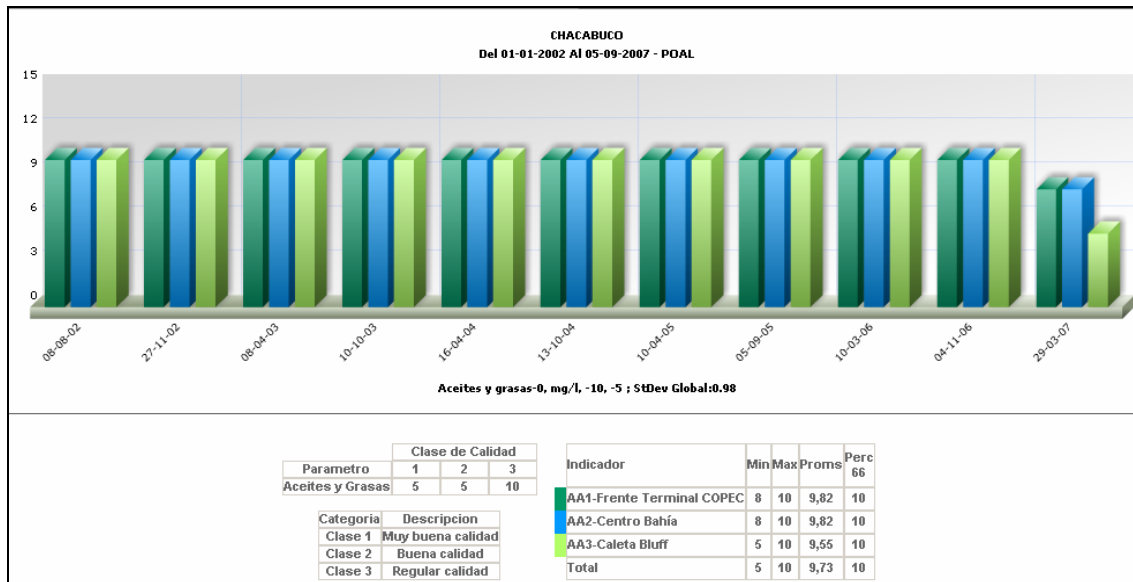


Gráfico N° 2.229 comportamiento ambiental de aceites y grasas (ppm) en agua de mar

No se detectó aceites y grasas en el agua. Los valores corresponden al límite de detección de 10 ppb hasta el 2006 y de 5 ppb el 2007.

#### Coliformes Fecales en Agua:

El gráfico N° 2.230, evidencia la variación de coliformes fecales en el agua durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007 en bahía Chacabuco.

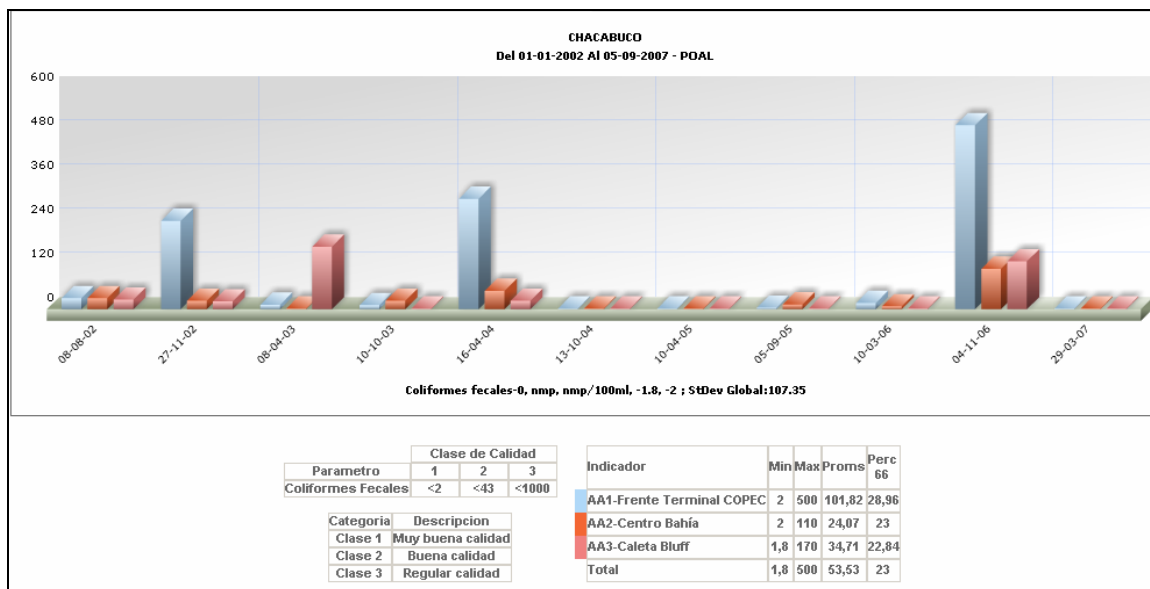


Gráfico N° 2.230 comportamiento ambiental de coliformes fecales (NMP/100 mL) en agua de mar

Los análisis microbiológicos realizados a las aguas de la Bahía de Chacabuco clasifican sus aguas en la Clase 2, aguas de buena calidad. El máximo lo presentó la estación AA1 (Frente Terminal COPEC) con 500 NMP/ 100 mL.

### F.3.- Análisis Muestras de Sedimento:

#### Mercurio, Cromo, Cadmio, Cobre y Plomo Total en Sedimento:

Los gráficos N° 2.231, 2.232, 2.233, 2.234 y 2.235 muestran el comportamiento ambiental de mercurio, cromo, cadmio, cobre y plomo en los sedimentos de bahía Chacabuco entre los años 2002 y 2007.

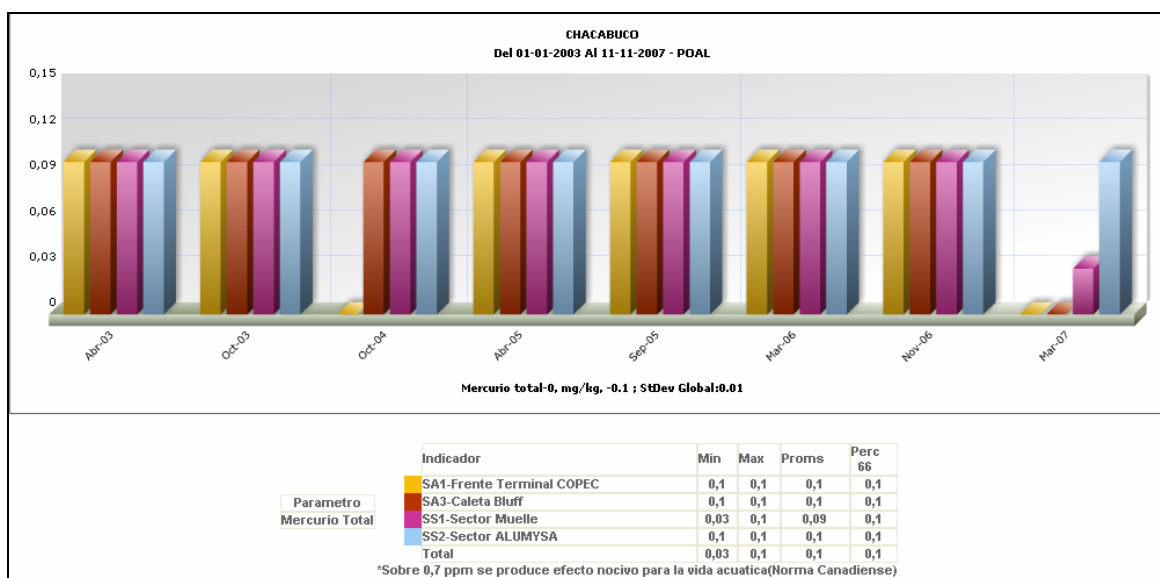


Gráfico N° 2.231 comportamiento ambiental de mercurio (ppm) en sedimentos



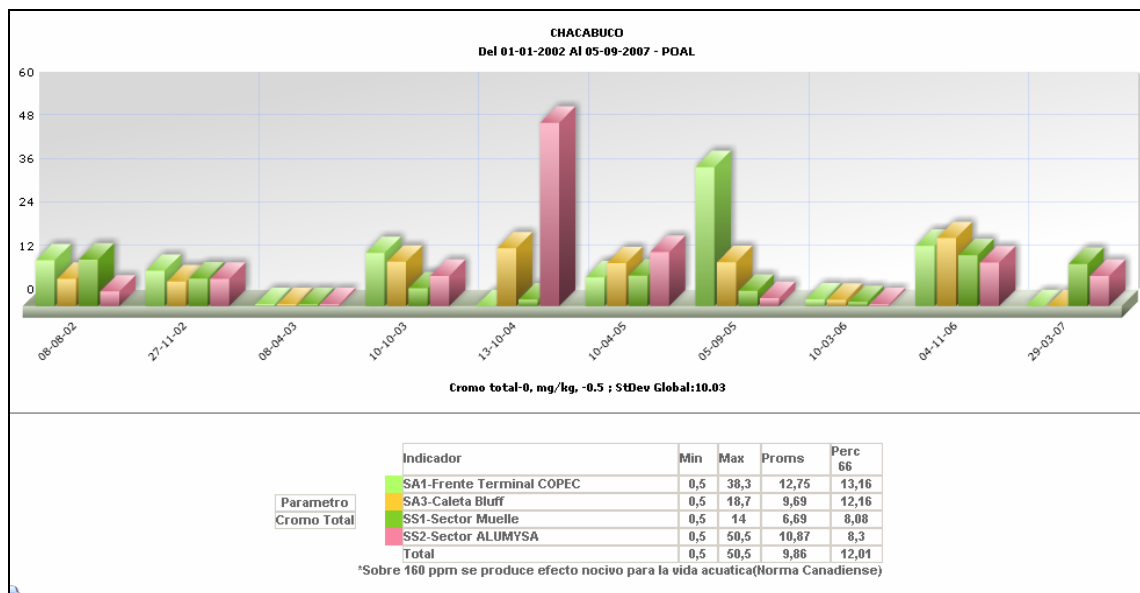


Gráfico N° 2.232 comportamiento ambiental de cromo (ppm) en sedimentos

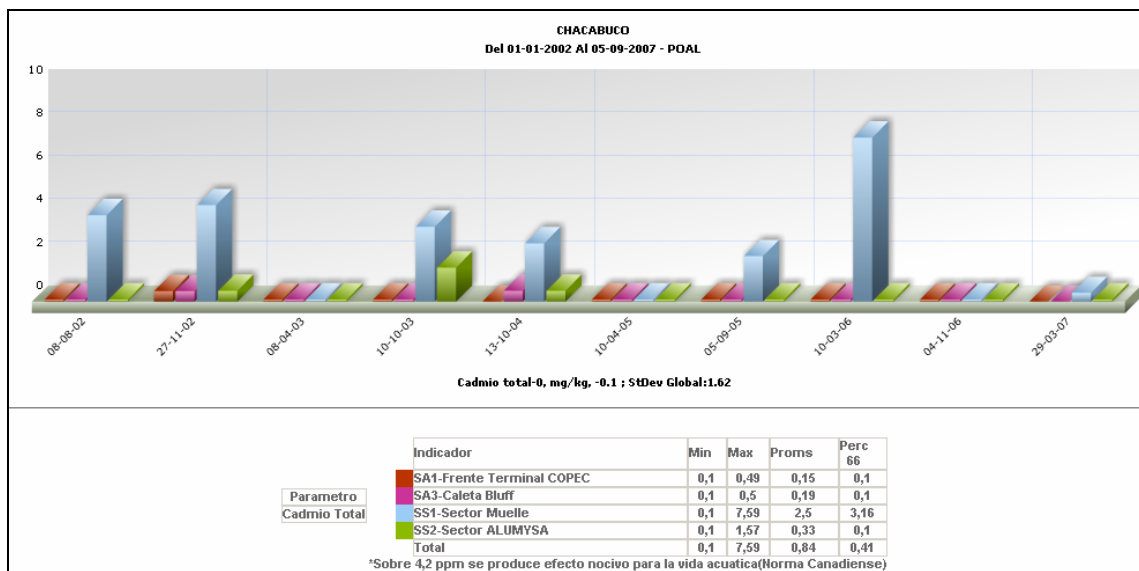


Gráfico N° 2.233 comportamiento ambiental de cadmio (ppm) en sedimentos

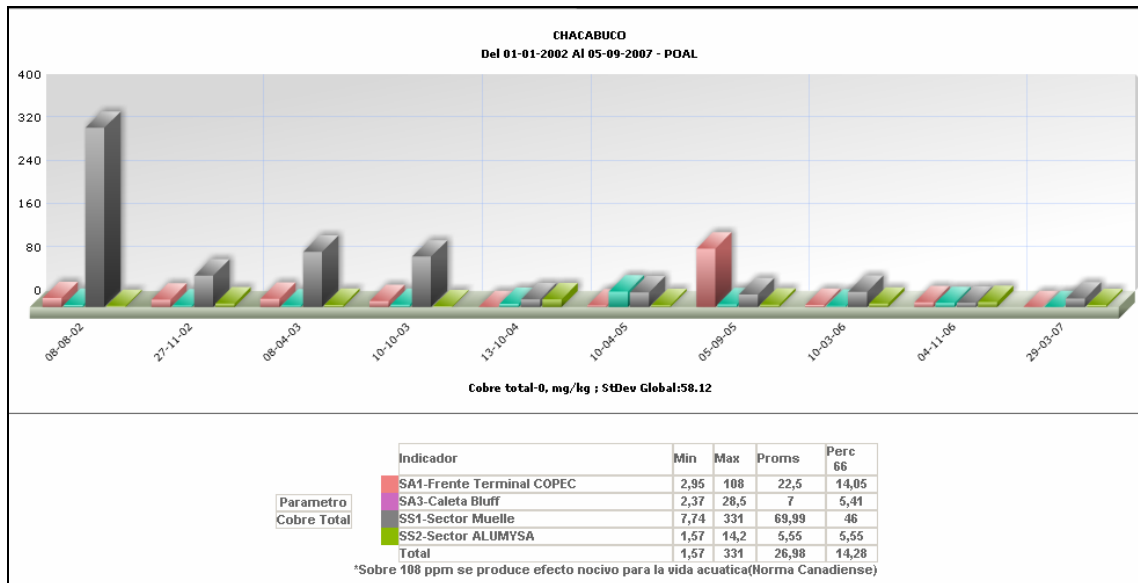


Gráfico N° 2.234 comportamiento ambiental de cobre (ppm) en sedimentos

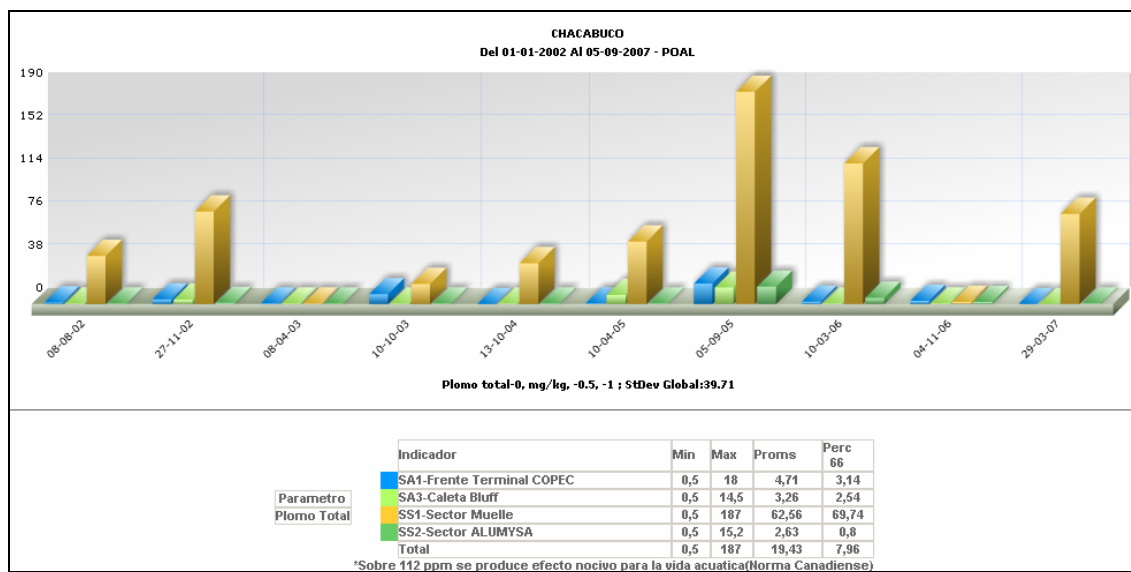


Gráfico N° 2.235 comportamiento ambiental de plomo (ppm) en sedimentos

La matriz sedimentaria, en los cuatro sectores muestreados correspondientes a Frente Terminal COPEC (SA1), Sector Muelle (SS1), Caleta Bluff (SA3) y Sector Alumysa (SS2) no reflejan contaminación por estos metales pesados (mercurio, cromo, cadmio, cobre, plomo). Las concentraciones, a través de los contenidos medios de la serie de datos, siempre estuvieron bajo los umbrales señalados por las directrices canadienses. Sin embargo, hay que señalar que hubo eventos puntuales, tanto en el tiempo como en el espacio, de valores máximos que superaron el umbral, lo cual debe llamar la atención en cuanto a la necesidad de mantener una estrecha vigilancia en los sectores del muelle y el Terminal COPEC, respecto a los aportes de plomo, cadmio, zinc y cobre.

**Zinc Total en Sedimentos:**

El gráfico N° 2.236, evidencia la variación de zinc en sedimentos entre los años 2002 y 2007.

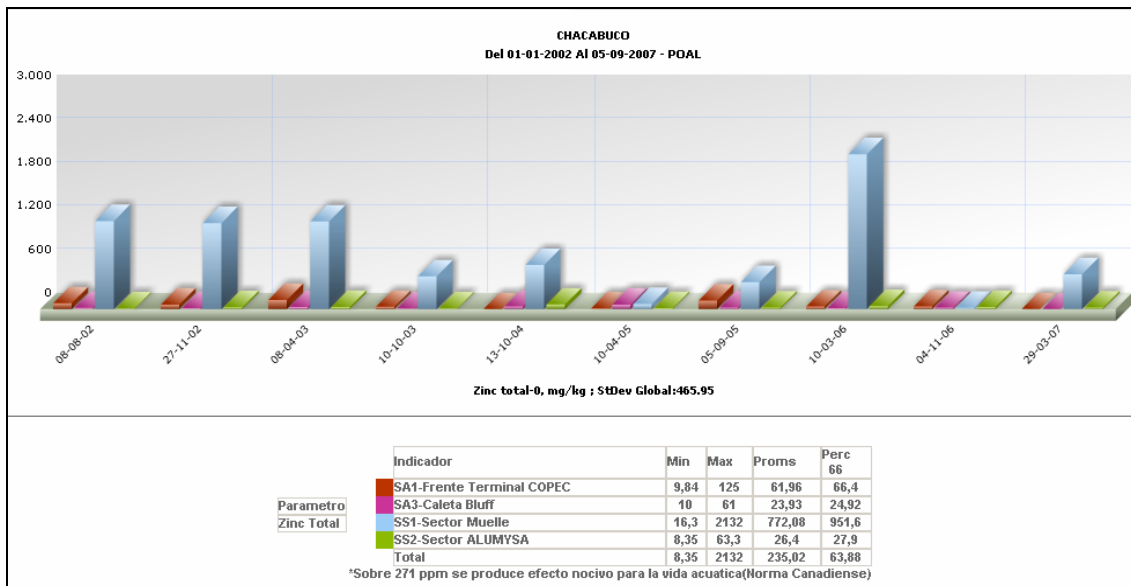


Gráfico N° 2.236 comportamiento ambiental de zinc (ppm) en sedimentos.

Los sectores Terminal COPEC (SA1), Caleta Bluff (SA3) Sector Alumysa (SS2), no evidencian contaminación por zinc en sedimentos. Sin embargo, el Sector Muelle (SS1) registró altas concentraciones de zinc, detectándose 2.132 ppm, esto significa casi 8 veces el valor umbral de la directriz canadiense (271 ppm). Las campañas anteriores, la concentración ya había superado varias veces el umbral indicado catalogando estos sedimentos como “contaminados” con zinc.

**Nitrógeno Total en Sedimentos:**

El gráfico N° 2.237 muestra la variación de nitrógeno total en sedimentos en el período de 2002 y 2007 en Puerto Chacabuco.

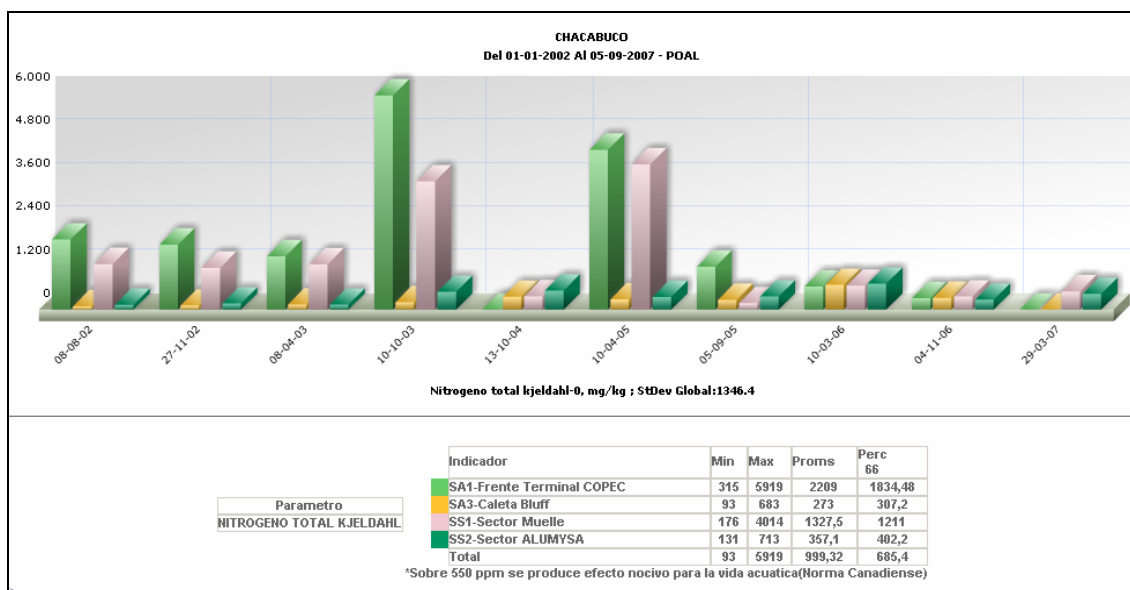


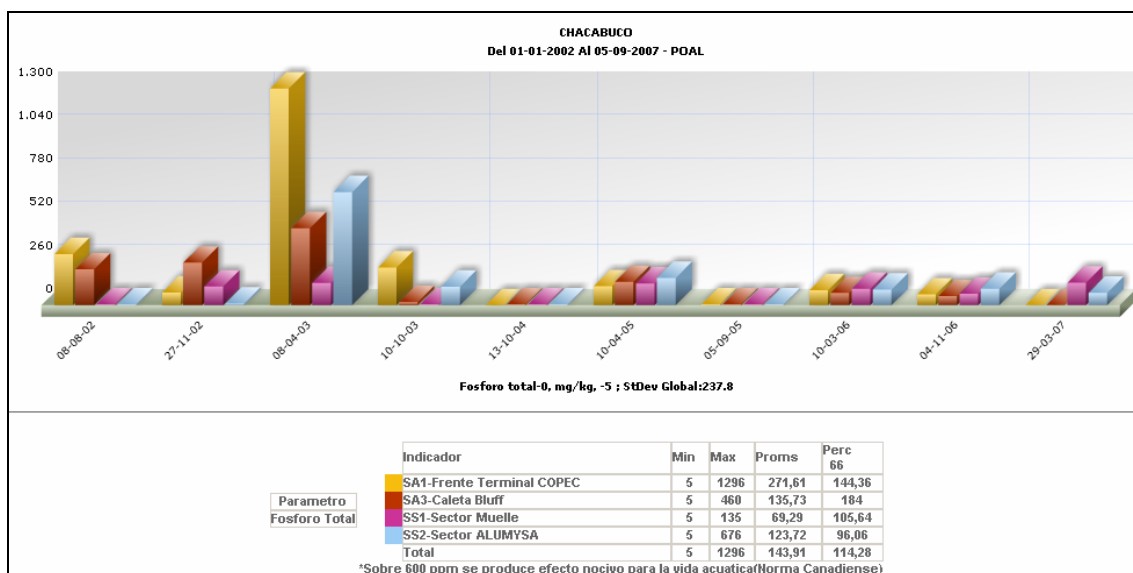
Gráfico N° 2.237 comportamiento ambiental de nitrógeno (ppm) en sedimentos

El sector Terminal Copec (SA1) y Sector Muelle (SS1), se encuentran intervenidos por altos contenidos de nitrógeno total. El límite umbral es de 550 ppm. Con esta referencia, los sectores mencionados mostraron, en promedio, concentraciones 4 veces superiores a este umbral (2.209 ppm) en SA1 y 2,5 veces (1.327,5 ppm) en SS1.

Estos resultados muestran una evidente contaminación orgánica en la matriz sedimentaria de Puerto Chacabuco. Los controles sobre aportes de aguas servidas y de materia orgánica sin tratamiento deben enfatizarse para evitar fenómenos de eutrofización y deterioro en el ecosistema de Puerto Chacabuco. Los sectores de mayor preocupación son la zona costera situada entre el terminal COPEC y el muelle.

#### Fósforo Total en Sedimentos:

Se observa en el gráfico N° 2.238 las variaciones de fósforo total en los fondos sedimentarios de Puerto Chacabuco durante los años 2002 al 2007.



**Gráfico N° 2.238 comportamiento ambiental de fósforo (ppm) en sedimentos**

Si bien en general las concentraciones de fósforo total, están bajo el límite de 600 ppm, el Sector del Terminal COPEC, registró las mayores concentraciones, con un máximo de 1.296 ppm durante el muestreo del 2003. Este valor disminuyó considerablemente los monitoreos posteriores, incluso bajo el umbral mencionado.

Estos resultados deben llamar la atención ya que implican un riesgo real de eutrofización en el sector puerto e industrias de Puerto Chacabuco. Existen aportes de nitrógeno y de fósforo los que en conjunto generan este riesgo y sus consecuencias: disminución del oxígeno disuelto, proliferación de fitoplancton, aparición de mareas rojas, depositación y posterior descomposición de la materia orgánica generada, producción de ácido sulfhídrico, entre otros problemas ambientales.

**Materia Orgánica en Sedimentos:**

El gráfico N° 2.239, refleja la variación de materia orgánica en sedimentos en el período 2002 y 2007 en el puerto Chacabuco.

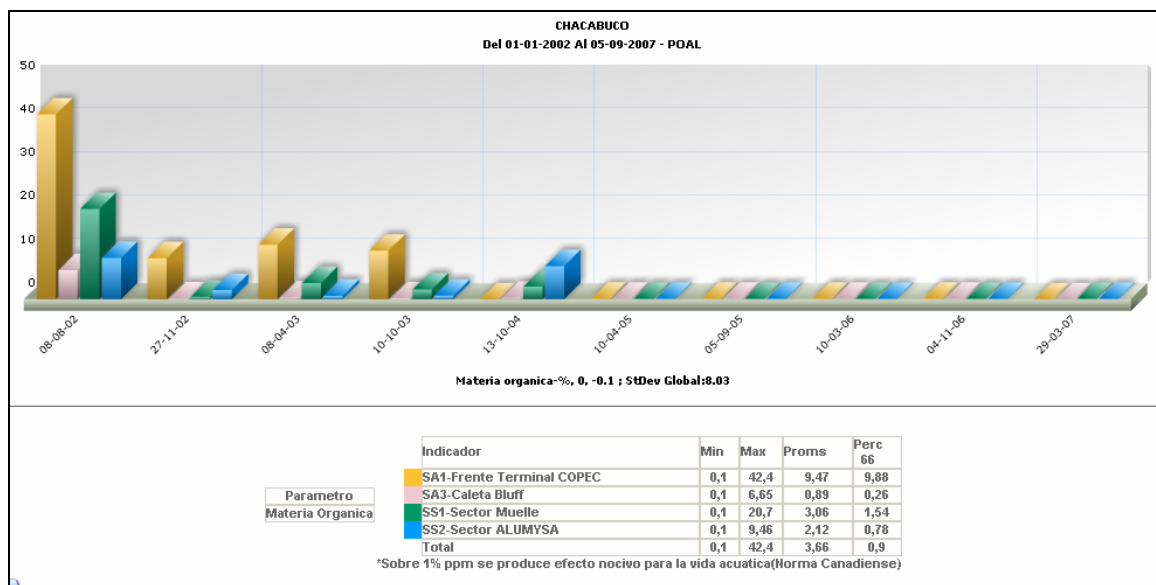


Gráfico N° 2.239 comportamiento ambiental de materia orgánica (%) en sedimentos

La materia orgánica mostró concentraciones importantes durante los primeros muestreos (2002), con concentraciones 40 veces superiores al límite de 1%. Sin embargo, las últimas campañas disminuyeron notoriamente. La estación frente al Terminal Copec (SA1) es la de mayor preocupación y debe enfatizarse el control de las descargas en este sector para evitar volver a los niveles que tenían estos fondos el 2002.

**Hidrocarburos Totales en Sedimentos:**

El gráfico N° 2.240, refleja la variación del contenido de hidrocarburos totales en sedimentos en el período 2002 y 2007 en Puerto Chacabuco.

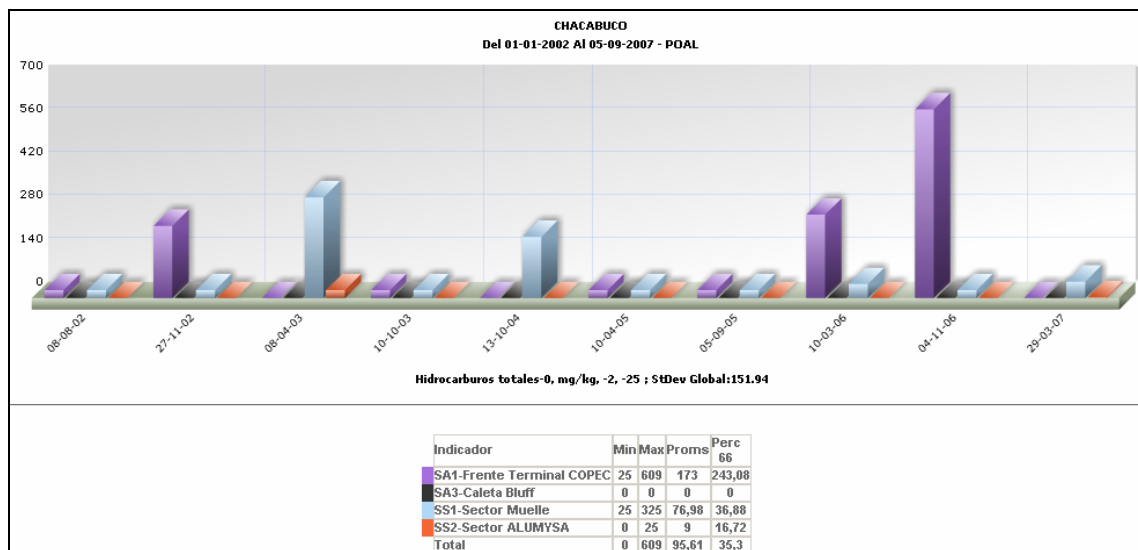


Gráfico N° 2.240 comportamiento ambiental de hidrocarburos totales (ppm) en sedimentos

Las mayores concentraciones de hidrocarburos se encontraron en el sector del Terminal Copec (SA1) durante las últimas campañas, registrándose una concentración de 609 ppm. Un estudio realizado por CONAMA para la implementación de las normas secundarias para sedimentos, propuso como límite máximo una concentración de 300 ppm, indicando que sobre este valor se produce daño a la vida acuática.

#### F.4.- Clasificación ambiental de la calidad del agua

A continuación se presenta un resumen de los contenidos químicos analizados en agua y que fueron determinados en la Bahía de Puerto Chacabuco:

Parámetros	AA1 Frente Terminal Copec	AA2 Centro Bahía	AA3 Caleta Bluff
Mercurio ppb	No se detectó	No se detectó	No se detectó
Cadmio ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Plomo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad
Cobre ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Zinc ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cromo ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Amonio ppm	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Coliformes Fecales NMP/100ml	Buena Calidad	Buena Calidad	Buena Calidad
Aceites y Grasas ppm	No se detectó	No se detectó	No se detectó

#### F.5.- Clasificación ambiental de los sedimentos

Sobre la base de la comparación efectuada entre las concentraciones promedio determinadas en cada muestras tomada en los distintos puntos distribuidos en la Bahía de Puerto Chacabuco y las directrices referenciales propuestas a nivel internacional es posible determinar en el cuerpo de agua, una condición normal (N), Moderada (M), o Contaminada (C) de los parámetros que se indican en la tabla siguiente:

Parámetros	SA1 (Frente Terminal COPEC)	SA3 (Caleta Bluff)	SS1 (Sector Muelle)	SS2 (Sector ALUMYSA)
Mercurio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Cadmio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Plomo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Cobre ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Zinc ppm	Normal	Normal	Contaminado	Normal
Cromo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Hidrocarburos Totales ppm	Moderado	Normal	Normal	Normal
Nitrógeno total ppm	Contaminado	Normal	Contaminado	Normal
Fósforo Total ppm	Normal	Normal	Normal	Normal
Materia Orgánica %	Moderado	Normal	Moderado	Moderado

#### F.6.- Discusión de Resultados Obtenidos en Agua y Sedimentos

La calidad microbiológica detectada en las estaciones de muestreo no presentan una situación preocupante, según se desprende de las concentraciones obtenidas, catalogándose las aguas como de buena calidad.

Respecto de los metales pesados, ellos no muestran valores altos que indiquen la existencia de condiciones de deterioro ambiental en la matriz acuosa, a excepción de plomo, el que registró valores de concentración que indican aguas sólo de “buena calidad”. La presencia de plomo está directamente asociado con las actividades antrópicas que se desarrollan en el borde costero (ver Figura N° 32).

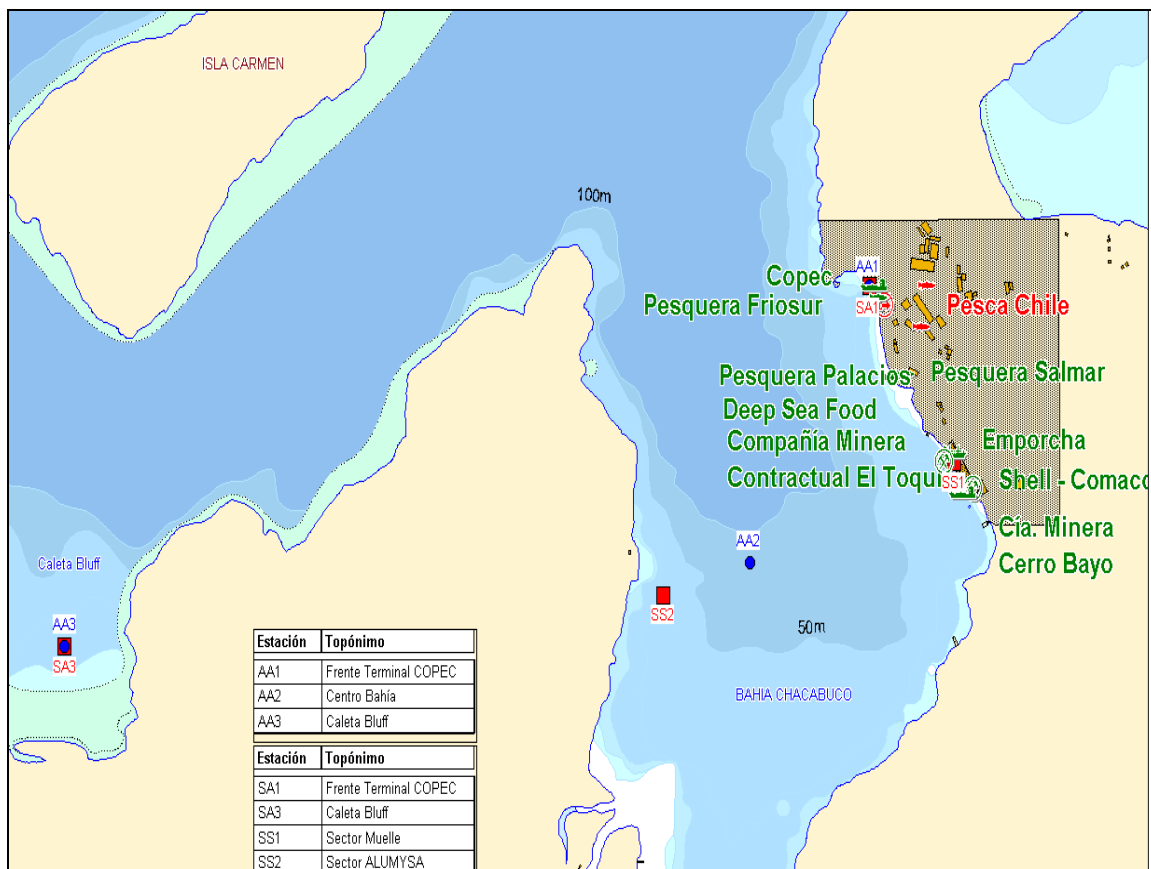


Figura N° 32: Actividades industriales del borde costero de Bahía de Chacabuco

El Sector del Muelle presenta una importante presencia de zinc en la matriz sedimentaria. Los contenidos en este sector pueden ser atribuibles a las faenas de embarque de concentrado de minerales que se efectúa a través del muelle. Por otra parte la concentración de hidrocarburos en este sector también refleja la ocurrencia de aportes producto de las actividades que allí se desarrollan.

La estrechez de la boca de la bahía de Chacabuco podría ser el factor que limita la renovación de las aguas, lo que provoca depositación del nitrógeno y materia orgánica que llega al mar, generando fondos reductores, principalmente en el Sector Muelle y Frente Terminal COPEC, indicación de que están ocurriendo procesos de enriquecimiento orgánico importantes que deben controlarse.

#### F.7.- Conclusiones

Los resultados obtenidos de los muestreos efectuados en el agua en la Bahía Chacabuco permiten concluir lo siguiente:

- 1.- Los valores de concentración determinados para cadmio, cobre, zinc y cromo son indicadores de una calidad muy buena para el agua de mar de Puerto Chacabuco. Esto implica que estas aguas son aptas para la conservación de comunidades acuáticas y desalinización de agua para consumo humano.
- 2.- Si bien es cierto no se encontró contaminación por metales pesados en los sedimentos de Puerto Chacabuco, hay que señalar que se observan eventos puntuales, tanto en el tiempo



como en el espacio, con valores máximos que superaron el umbral, por lo cual debe mantenerse una estrecha vigilancia en los sectores siguientes y respecto a los metales que se indican a continuación.

- El plomo mostró en una oportunidad un valor máximo que superó la directriz canadiense (112 ppm) alcanzando 187 ppm, hecho que se presentó en el sector del muelle de Puerto Chacabuco. También en el sector muelle, el cadmio superó el umbral (4,2 ppm) en varias oportunidades, alcanzando un máximo de 7,59 ppm.
  - El cobre mostró sólo en una oportunidad valores sobre el umbral (108 ppm) no sólo en el sector muelle sino también frente al Terminal COPEC, con valores de 331 ppm y 108 ppm respectivamente. Sin embargo, el promedio se mantuvo por debajo de dicho valor y el percentil corrobora la clasificación de un sedimento con características normales.
  - Los contenidos de Nitrógeno en sedimentos muestran una evidente contaminación orgánica en la matriz sedimentaria de Puerto Chacabuco. Los controles sobre aportes de aguas servidas y de materia orgánica sin tratamiento deben enfatizarse para evitar fenómenos de eutrofización y deterioro en el ecosistema de Puerto Chacabuco toda vez que los aportes de fósforo también han sido fuertes en este mismo sector, aunque en forma esporádica.
- 3.- Los sectores de mayor impacto por las actividades que en ellos se desarrollan son la zona costera situada entre el terminal COPEC y el muelle.
- 4.- No se detectó mercurio ni aceites y grasas. Los valores informados corresponden al límite de detección respectivo de cada parámetro.
- 5.- El Sector del Muelle, se encuentra ambientalmente alterado ya que presenta altos contenidos de zinc, los cuáles están por sobre las directrices referenciales propuestas por Canadá, lo que implica un daño en la vida acuática presente en la matriz sedimentaria.

## RADA DE PUNTA ARENAS



## II.2.14.- RADA DE PUNTA ARENAS

### A) Antecedentes físicos

La región de Magallanes y de la Antártica Chilena es la más extensa del territorio nacional, incluyendo dentro de su espacio a la Antártica, en su parte territorial chilena. Desde el punto de vista geográfico físico esta región ocupa el extremo sur del continente americano y es la más austral de Chile.

### B) Antecedentes demográficos

Actualmente la capital regional es la ciudad de Punta Arenas. La región se encuentra dividida en 4 provincias (Ultima Esperanza, Magallanes, Tierra del Fuego y Antártica Chilena). De acuerdo al censo del año 2002 la Región de Magallanes y la Antártica Chilena presenta una población de 150.826 personas, lo que significa un incremento intercensal de un 5,33% y una tasa de crecimiento anual de 0,52%, que corresponde a menos de la mitad del promedio nacional de 1,2%.

Tabla N° 1: Crecimiento intercensal 1992-2002 Región de Magallanes

	Población 1992	Población 2002
Región de Magallanes y Antártica Chilena	143.198	150.826
Punta Arenas	113.666	119.496
Laguna Blanca	867	663
Río Verde	335	358
San Gregorio	1.643	1.158
Cabo de Hornos	1.814	2.262
Antártica	131	130
Porvenir	5.104	5.465
Primavera	1.629	1.016
Timaukel	252	423
Natales	17.275	19.116
Torres del Paine	482	739

Fuente: Infopais; Sistema de Información Regional, Mideplan 2005

### C) Principales actividades económicas

La evolución de los sectores productivos muestra que la ganadería ovina constituye la principal actividad de la región. La agricultura es escasa, practicándose sólo en reducidos espacios con condiciones de microclima y en invernaderos.

En cuanto a la minería, el petróleo crudo y gas natural, constituyen la principal potencialidad de la región; existen también algunos yacimientos metálicos de cobre y zinc pero no tienen mayor relevancia en cuanto a su aporte al desarrollo regional.

La actividad industrial está representada por el procesamiento y refinamiento del petróleo y sus derivados. La ganadería ovina tiene un período de esquila de la oveja y su correspondiente proceso posterior de lavado y empaque antes de ser exportada o distribuida dentro del país. Este tipo de trabajo tiene un carácter temporal concentrándose sólo en la época estival; a él recurren anualmente trabajadores provenientes de la isla de Chiloé.

**Minería:** Los recursos mineros no-metálicos son importantes tanto por la magnitud de sus reservas como por su grado de explotación, que genera el 40% del ingreso regional. Caracterizan el paisaje regional los yacimientos de hidrocarburos y gas natural que aportan alrededor del 43% de las necesidades nacionales.

Se destaca claramente la producción de petróleo que ha bajado a un tercio en una década; además, el gas natural ha disminuido a la mitad en los últimos 10 años. Respecto al carbón, se produjo el año 2003 solamente la quinta parte de lo producido el año 1994.

**Pesca:** La actividad pesquera en Magallanes ha experimentado un notable crecimiento en los últimos años, en tanto que la actividad acuícola ha mantenido una tendencia relativamente estable. Ambos rubros (principalmente la pesca) generan significativos ingresos de divisas por exportaciones, representando cerca de un tercio de las exportaciones regionales.

#### **D) Principales Problemas Ambientales**

La comuna de Punta Arenas, como capital regional, es la que presenta el mayor número de industrias dentro de su territorio; en ella funcionan mataderos, frigoríficos, pesqueras, industrias del petróleo, industrias químicas, etc. El área rural norte, es la zona que alberga la mayor cantidad de recintos industriales, encontrándose en la zona sur sólo algunos recintos pesqueros. Estos recintos, en su mayoría, tienen como cuerpo receptor de sus aguas residuales el Estrecho de Magallanes, y en algunas ocasiones descargan a cuerpos de agua continental. El Barrio Industrial es un conglomerado en el que funcionan diversas empresas de variados rubros, encontrándose éstas en la zona urbana norte de la comuna y dentro del territorio de concesión de ESMAG, por lo que cuentan con sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado de aguas servidas. En la zona urbana propiamente tal, se tiene actividad industrial de algunas pesqueras y la presencia de Servicentros e Imprentas; estos recintos están conectados al alcantarillado de aguas servidas.

Sin embargo, independiente de que las empresas estén o no conectadas al alcantarillado, el destino final de las aguas residuales de toda la actividad industrial realizada en Punta Arenas es el Estrecho de Magallanes, por lo que el mar es el aceptor final de todos los residuos líquidos de esta comuna. Por tanto se considera que el borde costero de la comuna, en donde se encuentran las descargas tanto industriales como domésticas, y el medio marino en sí, constituyen la zona de influencia de este estudio, que obviamente está directamente relacionado con lo que es físicamente esta comuna y su población.

#### **Puerto Natales**

En la comuna de Puerto Natales se tiene una actividad industrial centrada principalmente, en el rubro pesquero y matanza de animales. De preferencia estas actividades se desarrollan en la zona de Puerto Bories y sus inmediaciones, sector que se ubica al norte de la ciudad y corresponde a suelo rural. Además, se tiene presencia de actividad industrial en la zona sur de la ciudad, especialmente cercano a la costa, sector correspondiente al área urbana de la comuna.

Hacia el sur se ubica la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, la que descarga las aguas tratadas directamente al Canal Señoret. Unos 15 km al sur de la planta de tratamiento se encuentra el Vertedero Municipal, el que por su cercanía a la costa podría causar algún efecto sobre las aguas del canal, en caso de una incorrecta operación.

Por tanto, debido a que existen descargas de aguas residuales a lo largo de un extenso tramo costero de la comuna, desde Puerto Bories al Vertedero Municipal, es que se ha considerado esta extensión como área de influencia del estudio.

#### **Porvenir**

En la comuna de Porvenir la actividad industrial se encuentra bastante disminuida. Sólo se tiene como empresa relevante el Matadero SACOR, que descarga sus aguas de proceso hacia el Estrecho de Magallanes, y

la pesquera Rada Chilota, que sólo comenzó a funcionar durante el presente año, en el sector del embarcadero de Porvenir.

Sin embargo, debido a la entrada en vigencia de la Ley Navarino, y en especial al proyecto de relocalización de empresas ofrecido por Corfo que pretende descongestionar de industrias a la zona centro e incentivar la actividad en la parte austral del país, se prevé un aumento considerable de la actividad industrial en la zona, esperándose la instalación y funcionamiento de diversas empresas (pesqueras, curtiembres, etc.) en los próximos años.

Por tanto, y con la finalidad de tener una línea base ambiental de la zona previo a la instalación de empresas en la comuna, se ha considerado como área de influencia, toda la Rada de Porvenir, y el sector inmediatamente al norte de la Rada correspondiente al Estrecho de Magallanes, en donde se considera, en el futuro, la instalación de un emisario que descargará las aguas servidas de la ciudad de Porvenir (previo paso por una planta de pretratamiento).

#### E) PRINCIPALES EMPRESAS DE LA REGIÓN.

GM PUNTA ARENAS					
EMPRESA	N° de Plantas	N° de Ductos	Naturaleza de Descarga	Tipo Emisario	Principales Contaminantes
Enap/ Gergorio (GR1)	1	1	Aguas Servidas	Submarino	
Enap / Gregorio (GR2)	1	1	Riles	Submarino	
Enap / Posesión (POS)	1	1	aguas servidas	Descarga de Orilla	
Enap / BRC	1	1	Riles	Submarino	
Enap / Clarencia	1	1	Riles	Submarino	
ESMAG	1	1	aguas servidas	Descarga de Orilla	
Villa Puerto Edén	1	1	aguas servidas	Descarga de Orilla	
Pesquera Edén	1	1	Riles	emisario	
ESMAG	1	1	Aguas	Submarino	
Guarello	1	1	Aguas servidas	Submarino	
Matadero Trelke Aike	1	1	-	Descarga de Orilla	pH, Solidos Suspendidos Totales, Demanda Biológica de Oxígeno, T°, Coliformes Fecales, NTK, Solidos Sedimentables, Detergentes, Fósforo, Aceites y Grasas
Pesquera Edén I	1	1	-	Descarga de Orilla	
Pesquera Froward	1	1	-	Descarga de Orilla	
Methanex	1	1	Aguas de enfriamiento	Submarino	
Androc	1	1	Riles y Aguas servidas.	Descarga de Orilla	pH, Solidos Suspendidos Totales, Demanda Biológica de Oxígeno, T°, Coliformes Fecales, NTK, Solidos Sedimentables, Detergentes, Fósforo, Aceites y Grasas
Hanamar (ex Royale)	1	1	Riles	Descarga de Orilla	
Cabo de Hornos	1	1	Riles	Descarga de Orilla	
Frigorífico Simunovic	1	1	Riles	Descarga de Orilla	pH, Solidos Suspendidos Totales, , Detergentes, Aceites y Grasas
Laredo	1	1	Aguas servidas	Submarino	
Cabo Negro	1	1	Aguas servidas	Submarino	

Pesca Chile	2	2	Riles	Descarga de Orilla	
ESMAG	1	1	Aguas servidas	Submarino	
Standard Wool	1	1	Riles	Descarga de Orilla	pH, Solidos Suspendidos Totales, Demanda Biológica de Oxígeno, T°, Coliformes Fecales, NTK, Solidos Sedimentables, Detergentes, Fósforo, Aceites y Grasas
Valpomar	3	3	Riles y aguas servidas	Descarga de Orilla	pH, Solidos Suspendidos Totales, Demanda Biológica de Oxígeno, T°, Coliformes Fecales, NTK, Solidos Sedimentables, Detergentes, Fósforo, Aceites y Grasas
Aeropuerto	1	1	Aguas servidas	Descarga de Orilla	
FACH	1	1	Aguas servidas	Descarga de Orilla	

## F) RESULTADOS

A continuación se entregan los resultados obtenidos luego de 6 años de análisis de contaminantes en agua y sedimentos en la Rada de Punta Arenas.

### F.1.- Ubicación Puntos de Muestreo:

La Rada de Punta Arenas tiene 2 estaciones de muestreo de agua y 6 estaciones de muestreo de sedimentos, cuyas coordenadas geográficas y topónimos respectivos son los siguientes:

PUNTA ARENAS				
EST.	LAT. SUR	LONG OESTE	PROF	NOMBRE LOCAL
A1	53°10'18"	70°54'12"	12	Frente Muelle Prat
A5	53°11'06"	70°55'06"	7	Parque María Behety
SS1	53°06'21"	70°52'18"	9	Rada Catalina
S2	53°07'21"	70°51'36"	19	Tres Puentes
S3	53°09'18"	70°52'24"	6	Club Hípico
S4	53°10'15"	70°53'42"	-	Frente Muelle Loreto
S6	53°12'14"	70°55'48"	13	Punta Río Los Ciervos
S7	53°14'02"	70°55'51"	10	Punta Leñadura

Según la conformación topográfica del borde costero, este cuerpo de agua es clasificado en la categoría de expuesto. En la Figura N°33 se grafica la distribución de los puntos de muestreo del cuerpo de agua.

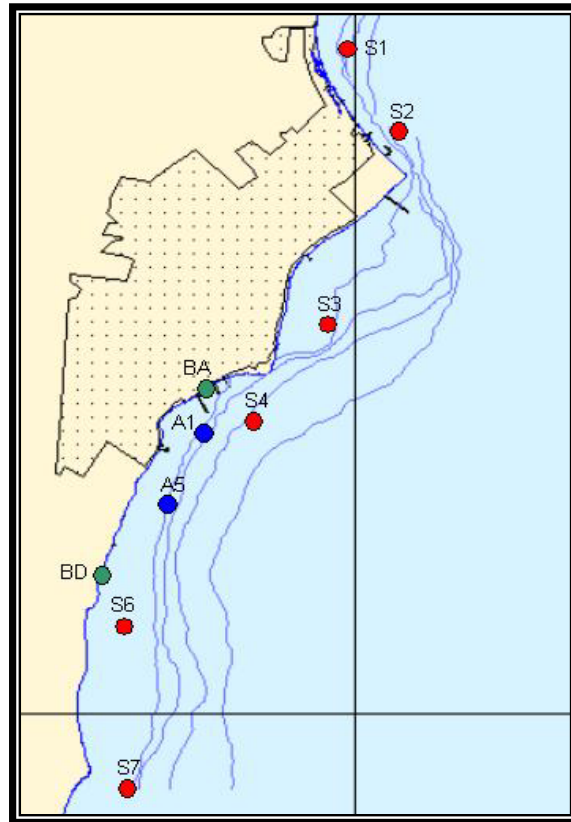


FIGURA N° 33: Estaciones de muestreo en distribuidas en la Rada de Punta Arenas.

## F.2.- Análisis Muestras de Agua:

### Mercurio Total en Agua:

El gráfico N° 2.241 muestra el conjunto de datos analizados de mercurio en agua, que corresponden a las campañas semestrales realizadas desde el 2002 al 2007 en la Rada de Punta Arenas.



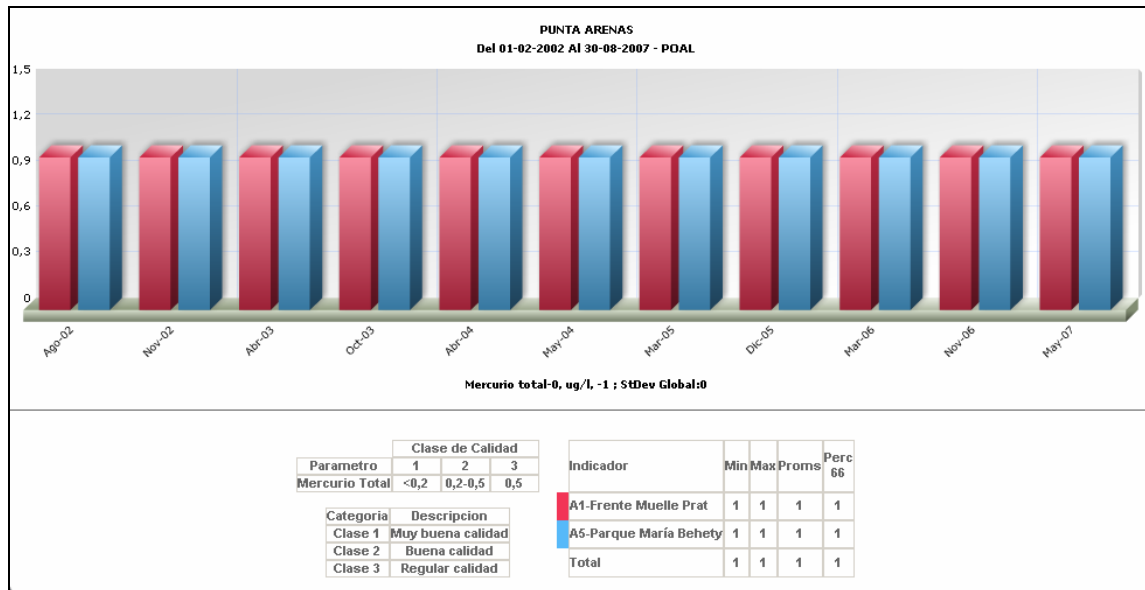


Gráfico N° 2.241 comportamiento ambiental de mercurio (ppb) en agua

Los contenidos de mercurio no fueron detectados analíticamente durante los muestreos realizados en los dos sectores de Punta Arenas correspondientes a Frente Muelle Prat y Parque María Behety.

#### Cromo Total y Plomo Total en Agua:

Los gráficos N° 2.242 y N° 2.243, presentan las variaciones de cromo y plomo en agua de mar entre los años 2002 y 2007.

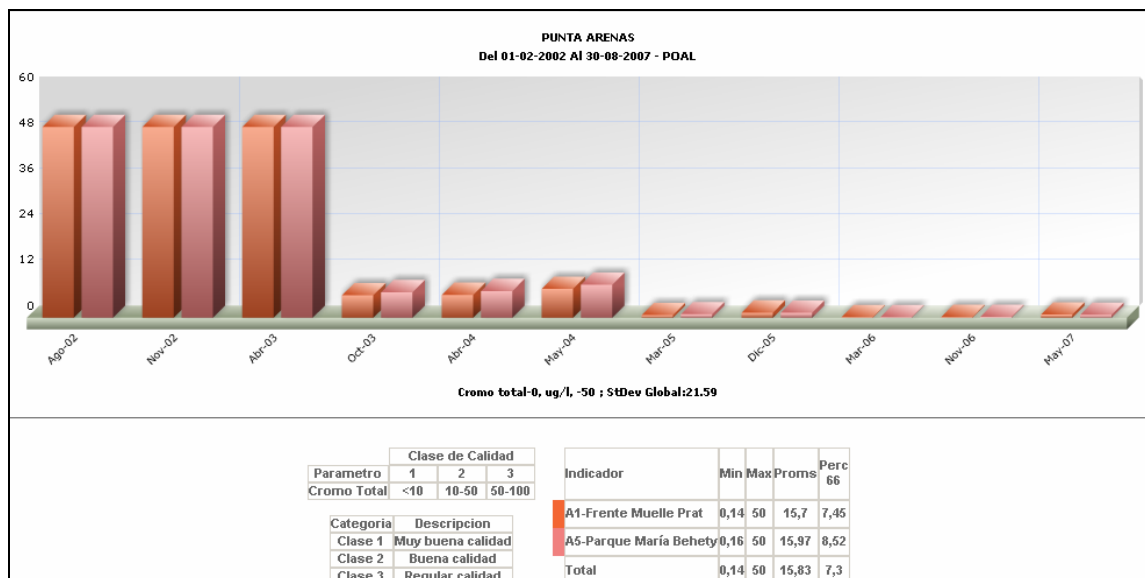


Gráfico N° 2.242 comportamiento ambiental de cromo (ppb) en agua de mar



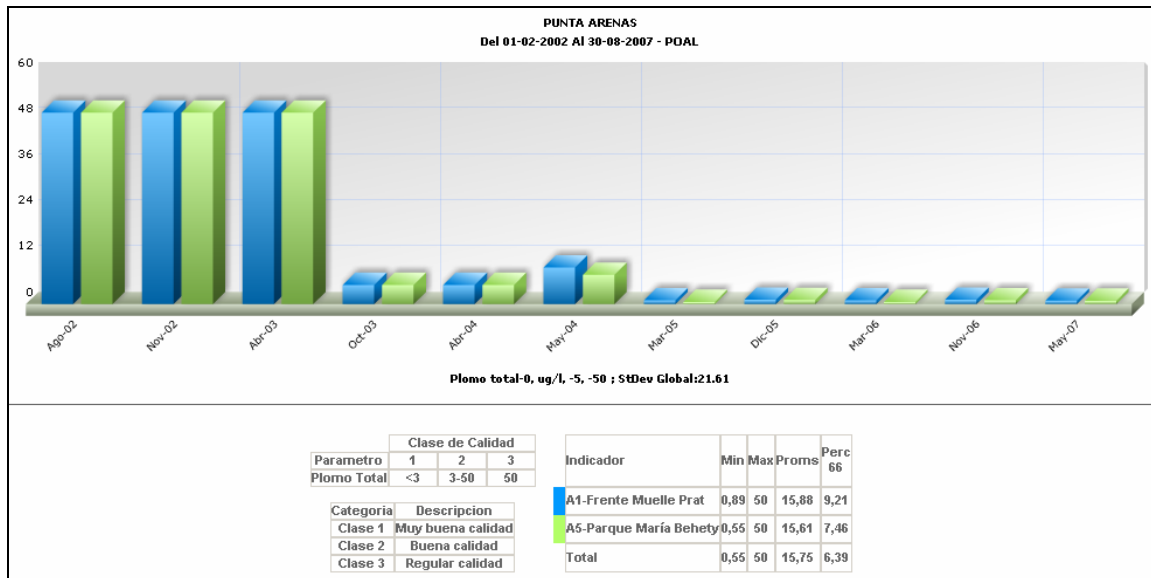


Gráfico N° 2.243 comportamiento ambiental de plomo (ppb) en agua de mar

Los metales cromo y plomo, no fueron detectados entre los períodos 2002 y primera campaña del 2003 (< 50 ppb). Al aumentar la sensibilidad del equipo en las siguientes campañas, disminuyó el límite de detección a <0.05 ppb, esto permitió confirmar que para el cromo, la calidad del agua se clasifica dentro de la Clase 1 definida por la Guía CONAMA como muy buena. En tanto el plomo registra un percentil que está dentro de los límites establecidos para la Clase 2, es decir, sólo aguas de “buena calidad”.

#### Cadmio y Cobre Total en Agua:

Los gráficos N° 2.244 y 2.245 muestran los datos obtenidos para las concentraciones de cadmio y cobre respectivamente, en el período 2002 - 2007.

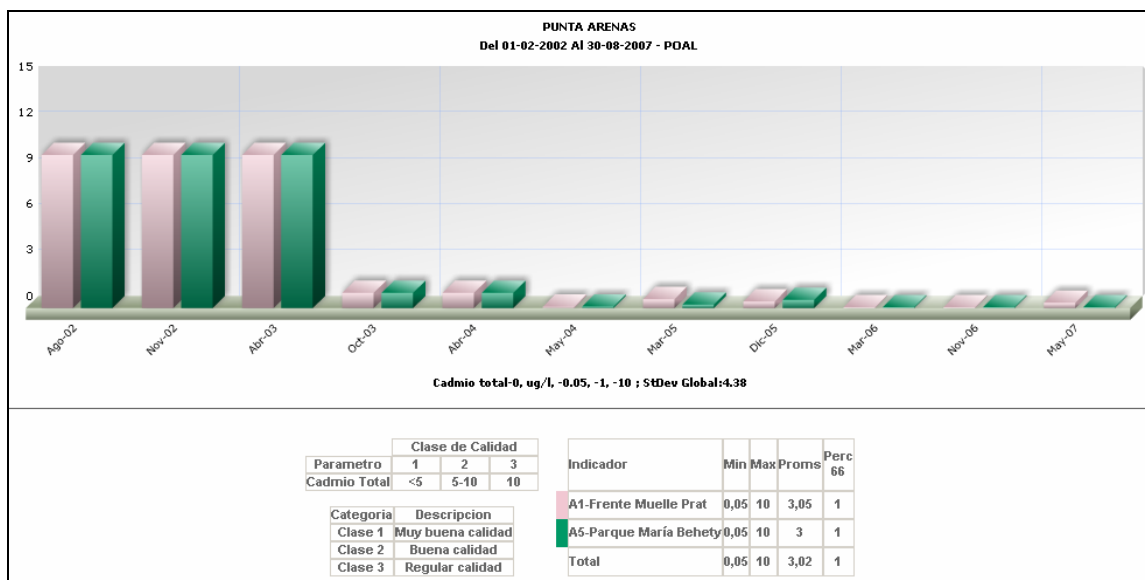


Gráfico N° 2.244 comportamiento ambiental de cadmio (ppb) en agua de mar

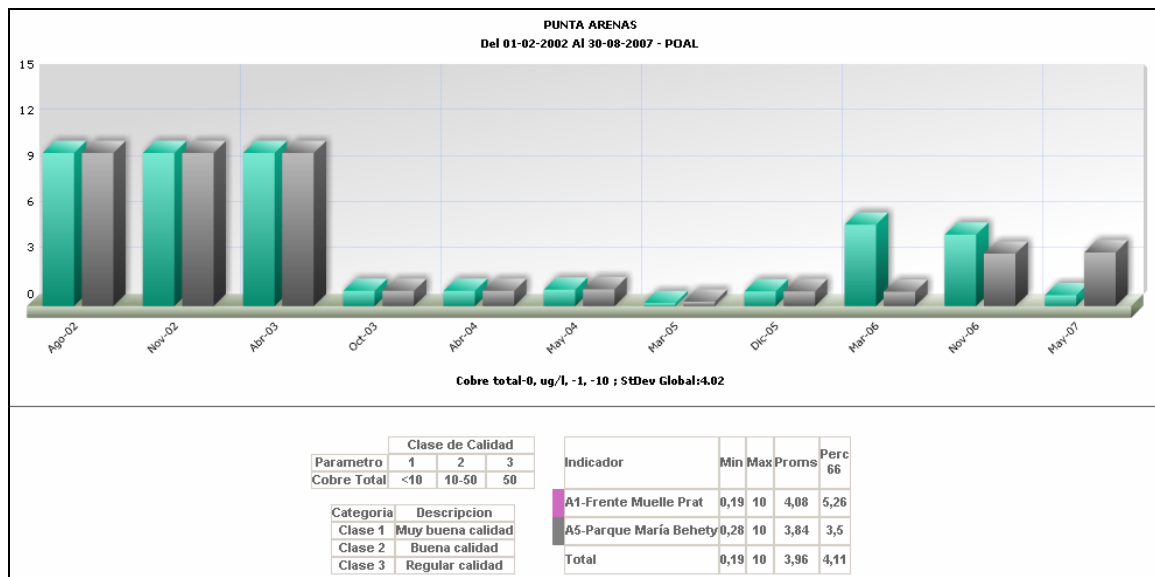


Gráfico N° 2.245 comportamiento ambiental de cobre (ppb) en agua de mar

Cadmio y cobre tampoco fueron detectados analíticamente, toda vez que el límite informado por el laboratorio durante el 2002 y parte del 2003 correspondió a < 10 ppb. En las campañas posteriores los valores fueron menores obteniéndose resultados que se enmarcan dentro de la Clase 1, definida como muy buena.

#### Zinc Total en Agua:

El gráfico N° 2.246 refleja las fluctuaciones de zinc en agua entre el período 2002 y 2007 en las aguas de Punta Arenas.

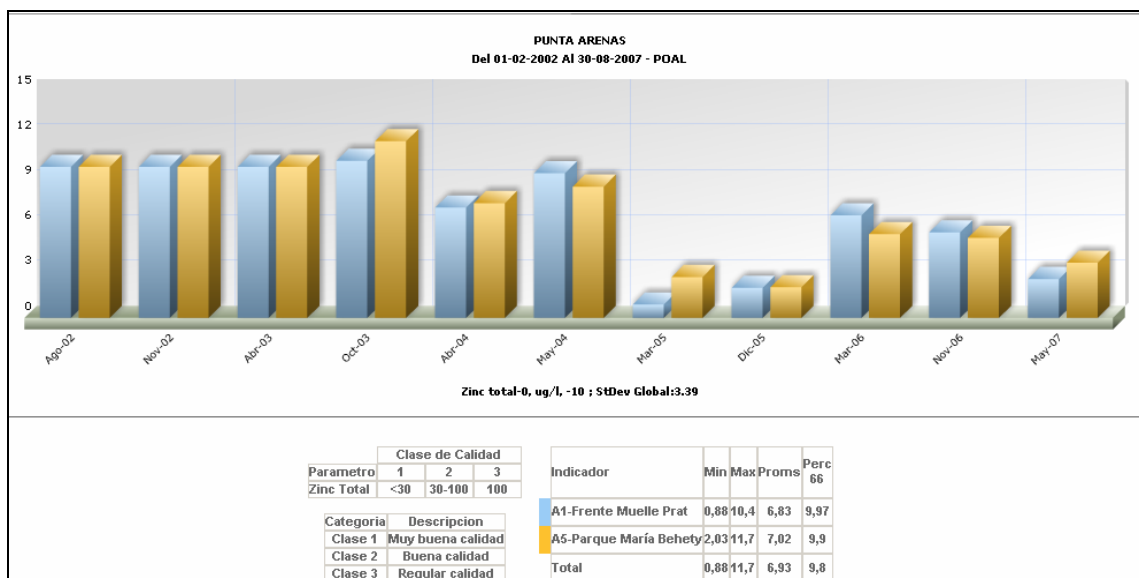


Gráfico N° 2.246 comportamiento ambiental de zinc (ppb) en agua

Los valores de zinc detectados en las muestras de agua, están bajo el umbral señalado para la Clase 1 (<30 ppb), indicando aguas de muy buena calidad para este metal. Las concentraciones no superan los 12 ppb en todo el período de muestreo.

**Amonio en Agua:**

Se aprecia en el gráfico N° 2.247, la serie de tiempo para amonio en agua entre los años 2002 y 2007.

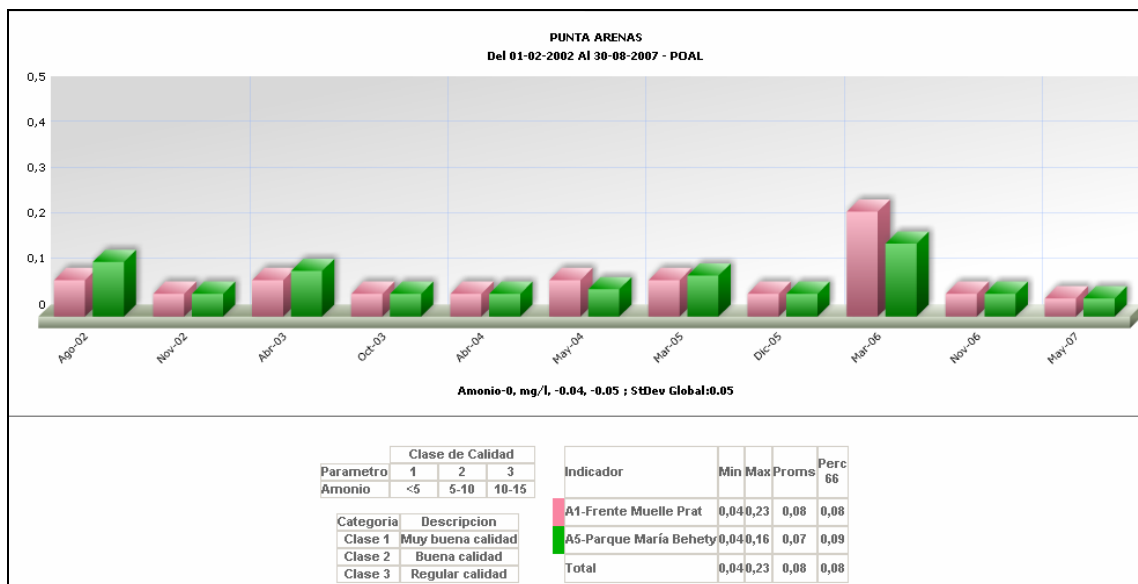


Gráfico N° 2.247 comportamiento ambiental de amonio (ppm) en agua de mar

Las concentraciones de amonio fueron bajas y están dentro de una clase de calidad definida como muy buena por la Guía CONAMA (<5 ppm). Los percentiles obtenidos para las muestras no exceden los 0,09 ppm.

**Aceites y Grasas en Agua:**

El gráfico N° 2.248, refleja la serie de tiempo entre el 2002 y 2007 para aceites y grasas en aguas de la Rada de Punta Arenas.

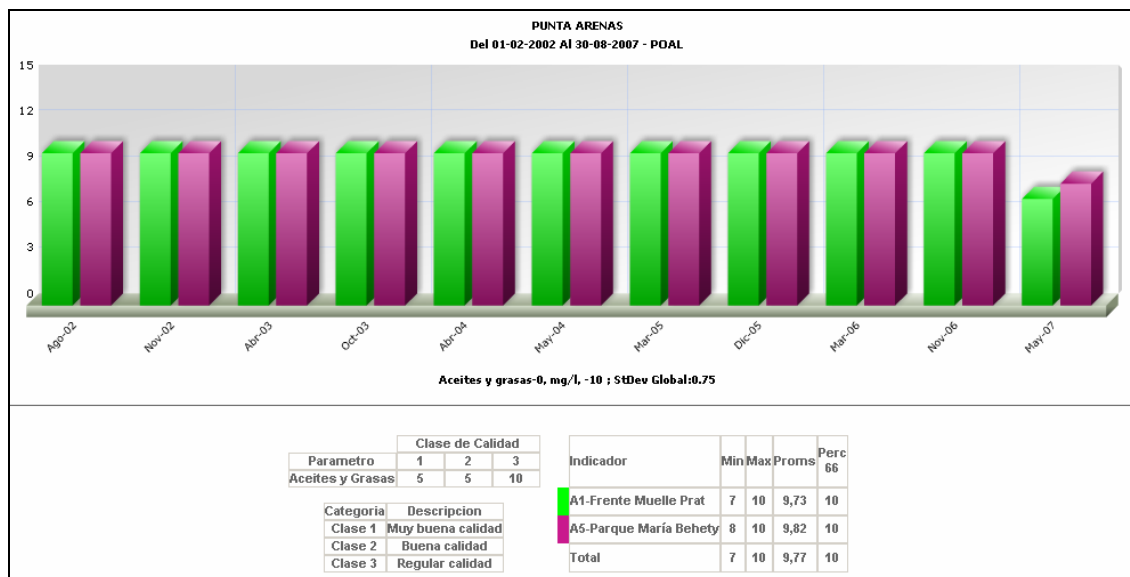


Gráfico N° 2.248 comportamiento ambiental de aceites y grasas (ppm) en agua de mar

No se detectaron aceites y grasas en agua de mar durante el período 2002 al 2006. El límite de detección de < 10 ppm, fue disminuido en la última campaña efectuada en el 2007, registrándose contenidos entre 5 a 7 ppm.

#### Coliformes Fecales en Agua:

El gráfico N° 2.249 muestra la variación de coliformes fecales en el agua durante las campañas de vigilancia del 2002 al 2007.

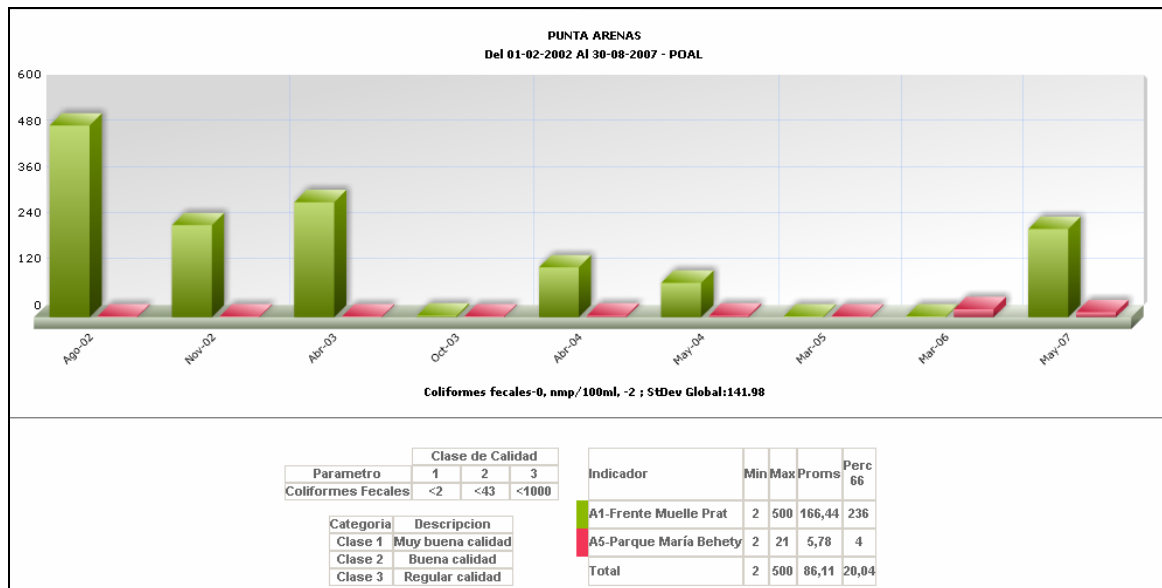


Gráfico N° 2.249 comportamiento ambiental de coliformes fecales (NMP) en agua de mar

Los recuentos de coliformes fecales detectados en las dos estaciones de muestreo evidencian presencia microbiológica en la estación A1 (Frente Muelle Prat), que según los límites de la Guía CONAMA correspondería a la Clase 3, definida como de regular calidad, en tanto la estación A5 (Parque María Behety) resultó ser sólo de buena calidad.

#### F.3.- Análisis Muestras de Sedimento:

##### Mercurio Total en Sedimento:

El gráfico N° 2.250, presenta el comportamiento ambiental de mercurio en sedimentos entre los años 2002 y 2007.

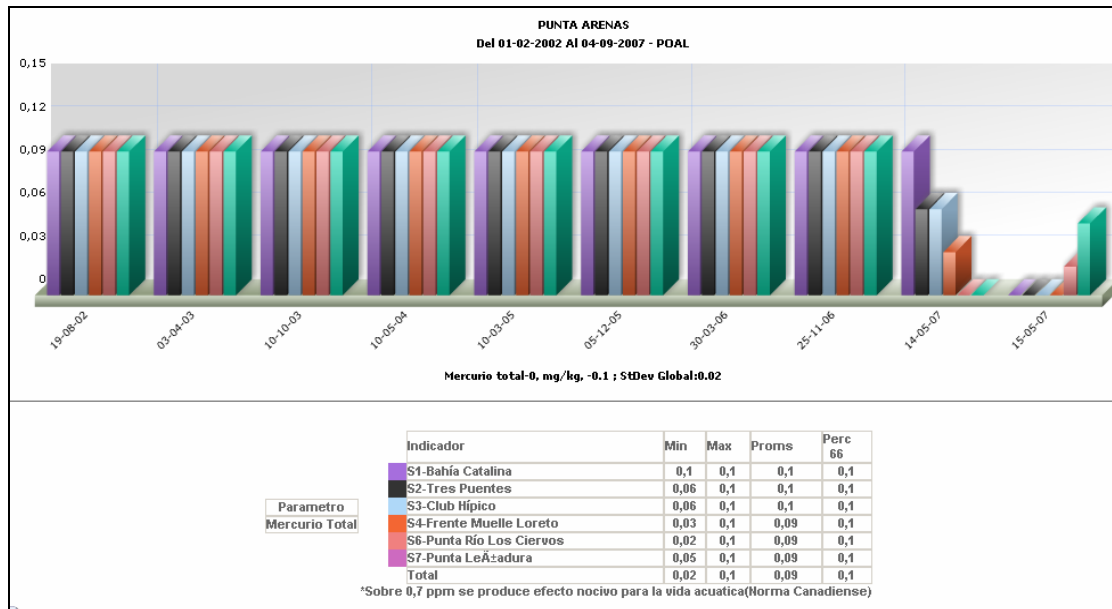


Gráfico N° 2.250 comportamiento ambiental de mercurio (ppm) en sedimentos

Hasta el año 2006, los contenidos de mercurio no fueron detectados analíticamente, en tanto la campaña del 2007, registró valores bajo el umbral establecido en las directrices referenciales de 0,7 ppm.

#### Cadmio en Sedimentos:

El gráfico N° 2.251, muestra el comportamiento de cadmio en sedimentos en los años 2002 y 2007.

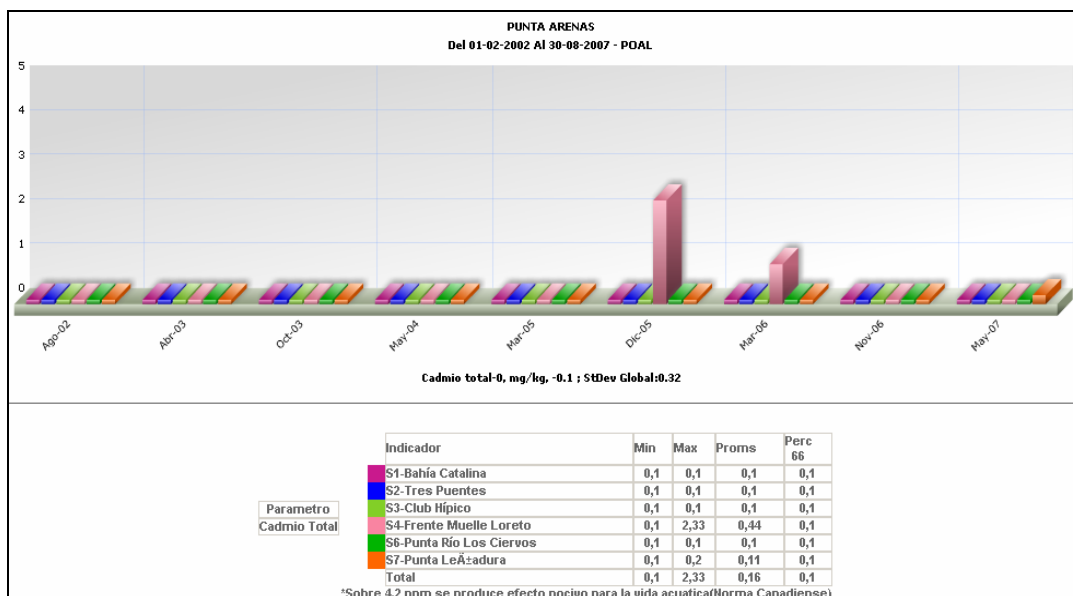


Gráfico N° 2.251 comportamiento ambiental de cadmio (ppm) en sedimentos

Los contenidos de cadmio en sedimentos fueron homogéneos. Destaca la estación S4, la que reflejó un máximo de concentración durante la segunda campaña del 2005 con una concentración de 2,33 ppm, valor que, en todo caso, está bajo el umbral de 4,2 ppm, pudiendo clasificarse estos sedimentos como "normales".

**Cromo en Sedimentos:**

El gráfico N° 2.252, muestra el comportamiento de cromo en sedimentos en los años 2002 y 2007.

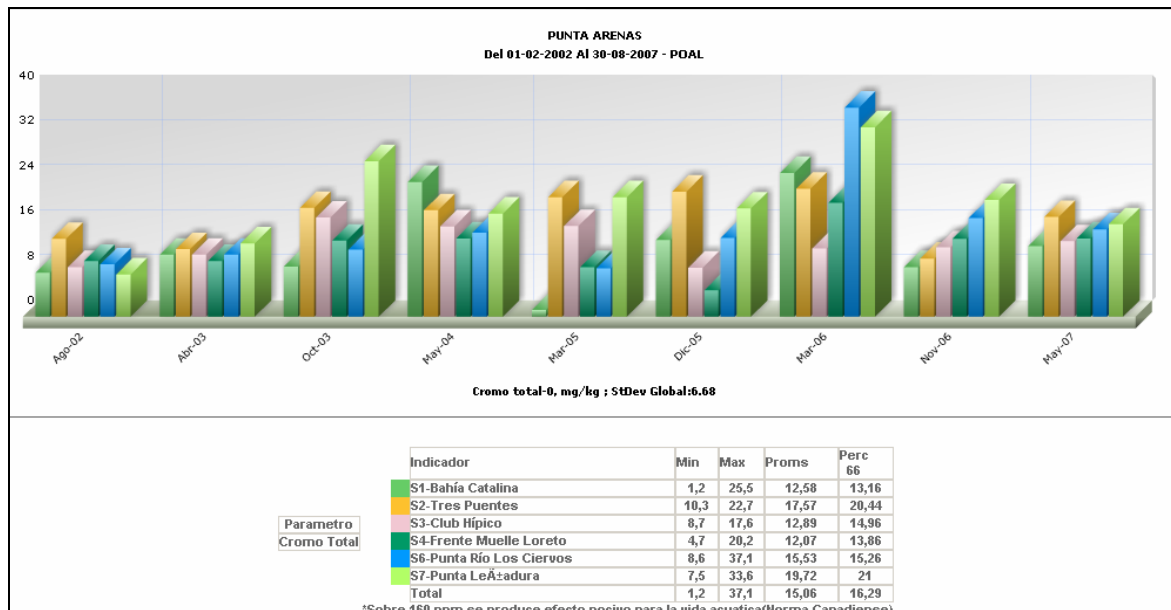


Gráfico N° 2.252 comportamiento ambiental de cromo (ppm) en sedimentos

Las estaciones de sedimentos monitoreadas en la Rada de Punta Arenas, dan cuenta de una condición normal en cuanto a la presencia de cromo, ya que los valores registrados en las campañas están bajo el umbral propuesto de 160 ppm.

**Plomo en Sedimentos:**

El gráfico N° 2.253, muestra el comportamiento del plomo en sedimentos en los años 2002 y 2007 en Punta Arenas.

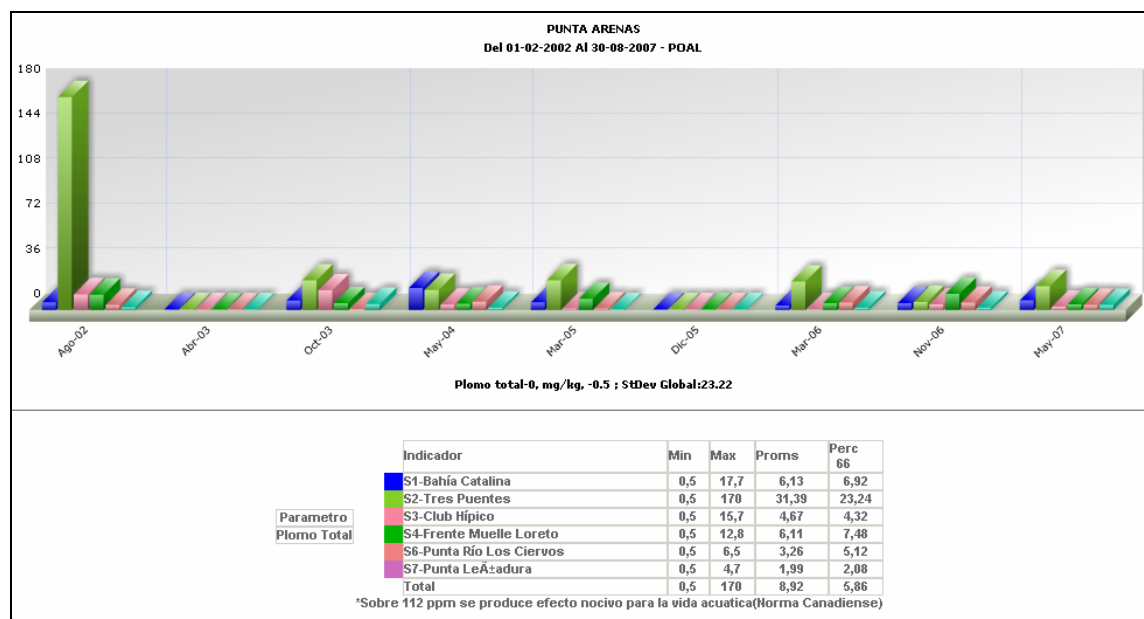


Gráfico N° 2.253 comportamiento ambiental de plomo (ppm) en sedimentos

Si bien los contenidos medios de plomo en sedimentos están bajo el límite de 112 ppm, se destaca que la estación S2 (Tres Puentes), presentó una concentración por sobre el umbral señalado con 170 ppm, valor que disminuyó en los muestreos posteriores y no cambia su condición de “normales” de estos sedimentos para el plomo.

#### Cobre en Sedimentos:

El gráfico N° 2.254 muestra el comportamiento de cobre en los sedimentos entre los años 2002 y 2007 en Punta Arenas.

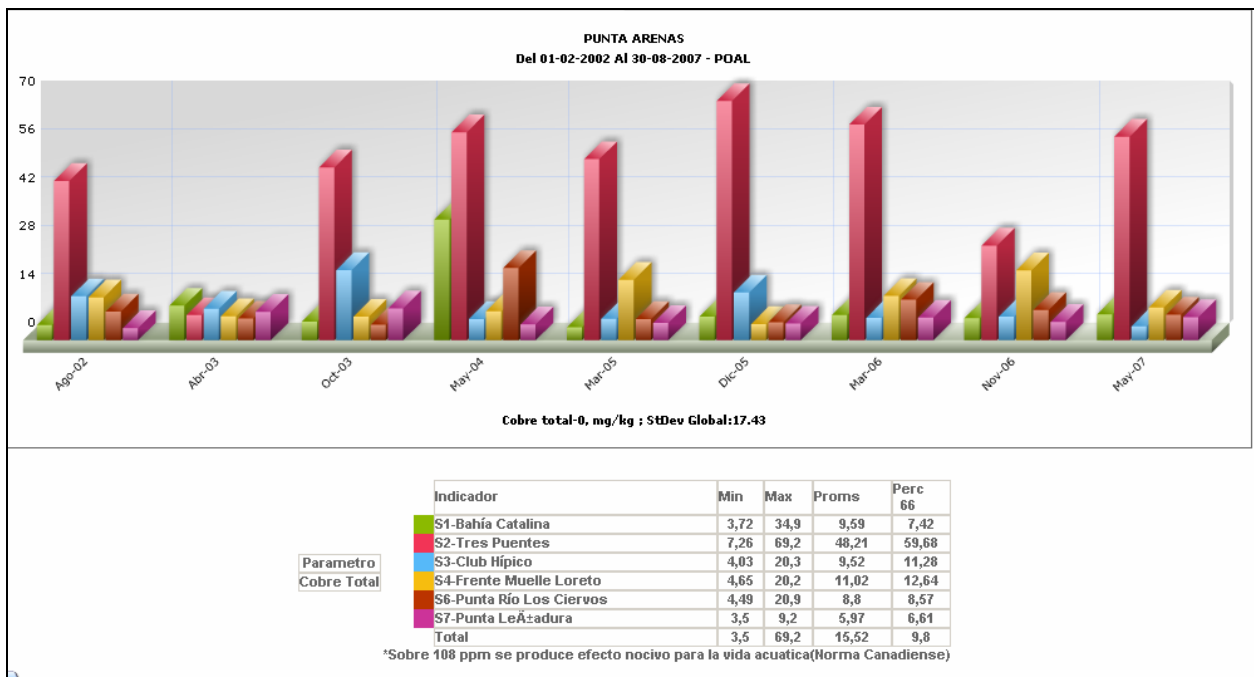


Gráfico N° 2.254 comportamiento ambiental de cobre (ppm) en sedimentos

No hay contaminación por cobre en los sedimentos de la Rada de Punta Arenas. Sólo la estación S2 (Tres Puentes), presentó las mayores concentraciones (69,2 ppm) en diciembre del 2005, lo que en todo caso, está bajo el límite de 108 ppm. Se trata entonces de sedimentos “normales”.

#### Zinc Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.255, muestra la variación de las concentraciones de zinc en sedimentos entre los años 2002 y 2007 en la Rada de Punta Arenas.

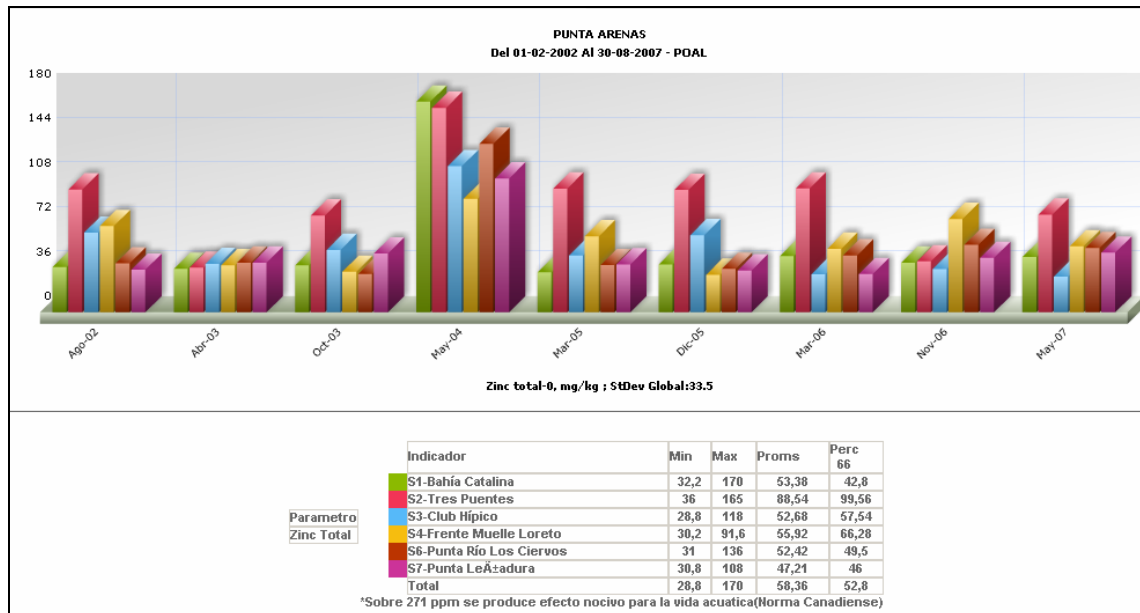


Gráfico N° 2.255 comportamiento ambiental de zinc (ppm) en sedimentos.

No se encontró contaminación por zinc en los sedimentos de Punta Arenas. Casi todos los resultados están bajo el umbral propuesto por Canadá de 271 ppm. La estación S2 (Tres Puentes), es la que presenta mayores contenidos, pero siempre por debajo del umbral.

#### Fósforo Total en Sedimentos:

Se observa en el gráfico N° 2.256 las variaciones de fósforo total en los fondos sedimentarios durante los años 2002 al 2007.

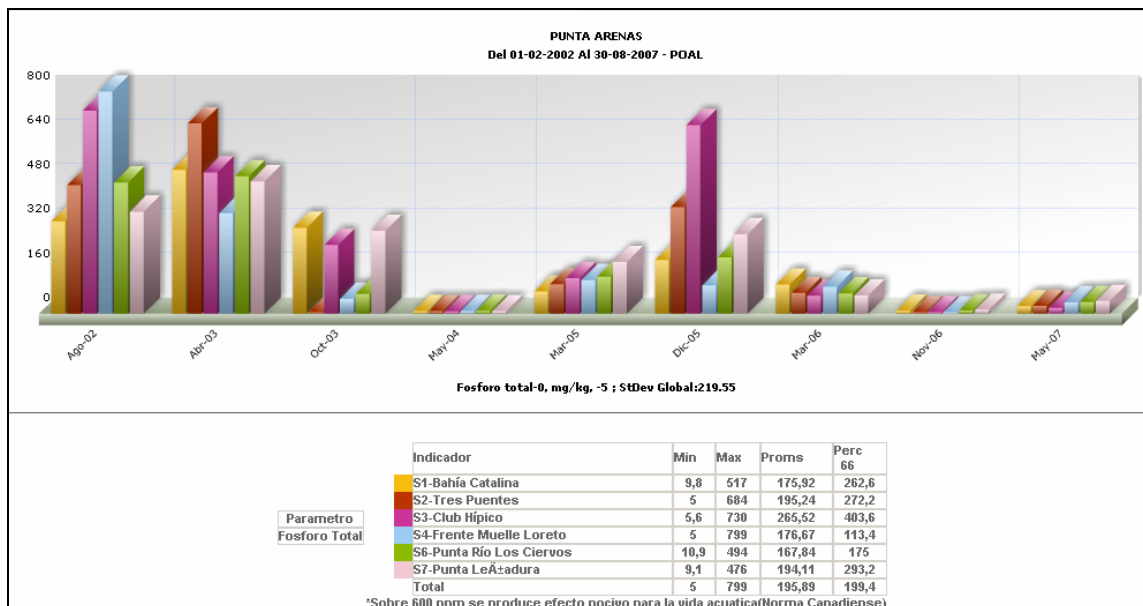


Gráfico N° 2.256 comportamiento ambiental de fósforo (ppm) en sedimentos

En relación a los contenidos de fósforo, se aprecia en el gráfico que hasta el 2005, la Estación S3 (Club Hípico), presenta contenidos que están sobre el límite referencial de 600 ppm. Asimismo se pudo observar que durante el 2002 y parte de 2003, hubo una importante presencia



de este nutriente en la matriz sedimentaria en la mayoría de las estaciones de muestreo. Esta situación mejoró posteriormente de manera importante en los últimos tres muestreos, permitiendo clasificar los sedimentos como “normales”.

#### Nitrógeno Total en Sedimentos:

El gráfico N° 2.257, muestra la variación de nitrógeno total en sedimentos en el período de 2002 y 2007.

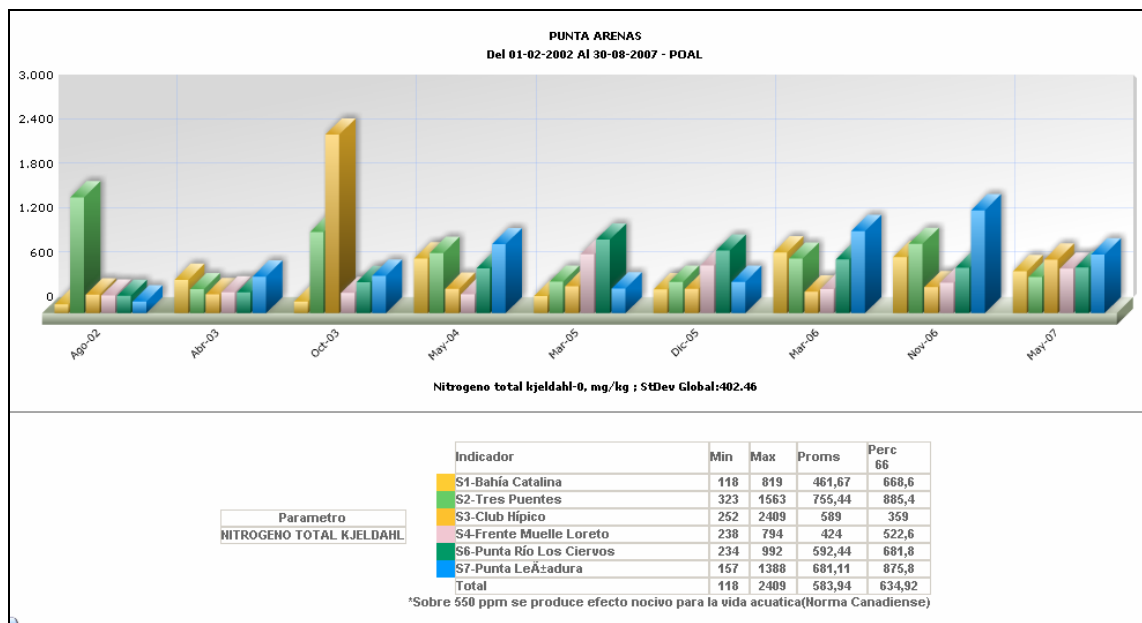


Gráfico N° 2.257 comportamiento ambiental de nitrógeno (ppm) en sedimentos

La mayoría de las estaciones de sedimentos marinos de la Rada Punta Arenas se encuentran intervenidas por la presencia de nitrógeno. Las concentraciones superan el umbral de 550 ppm. Las más intervenidas son la estación S2 (Tres Puentes) y S7 (Punta Leñadura). Ambas registraron máximos que bordearon un 300% del valor umbral (1.563 ppm y 1.388 ppm, respectivamente).

#### Materia Orgánica en Sedimentos:

El gráfico N° 2.258, refleja la variación de materia orgánica en sedimentos en el período 2002 y 2007 en Punta Arenas.

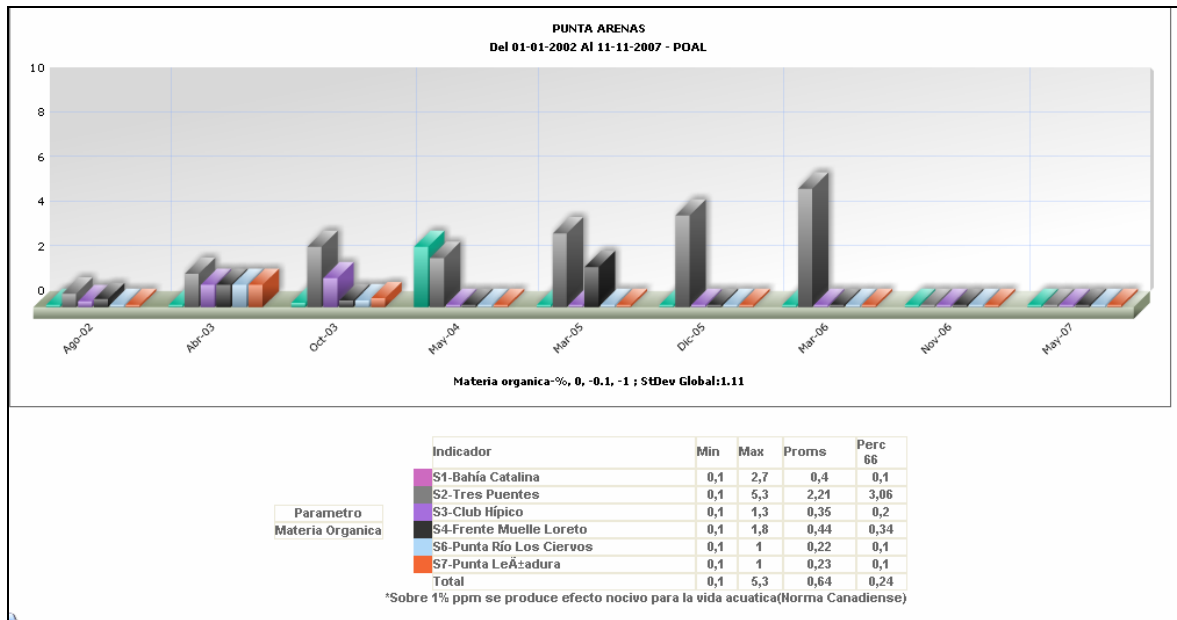


Gráfico N° 2.258 comportamiento ambiental de materia orgánica (%) en sedimentos

Se aprecia en el gráfico concentraciones homogéneas de materia orgánica, obtenidas durante los muestreos efectuados en la matriz sedimentaria, la estación S2 (Tres Puentes), evidenció un máximo de 5,2 %, que está por sobre el umbral propuesto de 1%, esta estación se encuentra intervenida por la presencia de materia orgánica.

#### Hidrocarburos Totales en Sedimentos:

El gráfico N° 2.259 muestra el comportamiento de la hidrocarburos en sedimentos, obtenido en las campañas de vigilancia ambiental costera del 2002 al 2007 en la Rada de Punta Arenas.

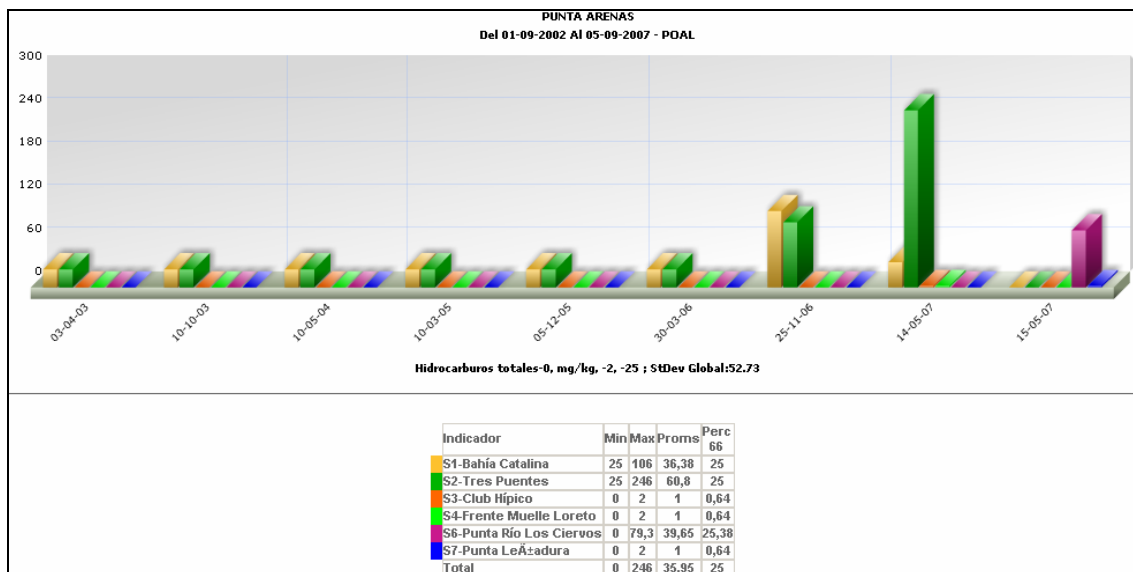


Gráfico 2.259 comportamiento ambiental de Hidrocarburos Totales (ppm) en sedimentos

La estación S2 (Tres Puentes), es la que muestra las más altas concentraciones de hidrocarburos totales. En comparación con el resto de estaciones sedimentarias, si bien no se

cuenta con un valor referencial, del gráfico se desprende que el sector mencionado posee sedimentos de la categoría de contaminación moderada, con 248 ppm.

#### F.4.- Clasificación ambiental de la calidad del agua

Los percentiles obtenidos de los análisis de las muestras de agua fueron comparados con los valores límites propuestos en la Guía CONAMA para tres categorías según la concentración de cada contaminante.

En la Tabla siguiente se aplica esta clasificación según los contenidos de contaminantes encontrados en las aguas de la Rada de Punta Arenas:

Parámetros	A1 (Frente Muelle Prat)	A5 (Parque María Behety)
Mercurio ppb	No se detectó	No se detectó
Cadmio ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Plomo ppb	Buena Calidad	Buena Calidad
Cobre ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Zinc ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Cromo ppb	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Amonio ppm	Muy Buena Calidad	Muy Buena Calidad
Coliformes Fecales NMP/100ml	Regular calidad	Buena Calidad
Aceites y Grasas ppm	No se detectó	No se detectó

#### F.5.- Clasificación ambiental de la calidad de los sedimentos

En base a la comparación efectuada entre las concentraciones promedio determinadas en cada muestras tomada en los distintos puntos distribuidos en la Rada de Punta Arenas y las directrices referenciales propuestas a nivel internacional, es posible determinar si los sedimentos de este cuerpo de agua están bajo una condición normal (N), o están moderadamente contaminados (M) o se encuentran contaminados (C). El resultado de esta clasificación para la Rada de Punta Arenas se entrega en la tabla siguiente:

Parámetros	SS1 (Rada Catalina)	S2 (Tres Puentes)	S3 (Club Hípico)	S4 (Frente Muelle Loreto)	S6 (Punta Río Los Ciervos)	S7 (Punta Leñadura)
Mercurio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cadmio ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Plomo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cobre ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Zinc ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Cromo ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Nitrógeno total ppm	Moderado	Contaminado	Contaminado	Normal	Contaminado	Contaminado
Fósforo total ppm	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Materia Orgánica %	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Hidrocarburos Totales ppm	Normal	Moderado	Normal	Normal	Normal	Normal

### F.6.- Discusión de Resultados Obtenidos en Agua y Sedimentos

En general la calidad ambiental de las aguas costeras de Punta Arenas son de muy buena calidad (Clase 1). Esto significa que Frente Muelle Prat y Parque María Behety, siendo un área de uso costero intenso, refleja buenas condiciones de corrientes que disipen los posibles impactos por descargas en los puntos de muestreo (Figura N°34).

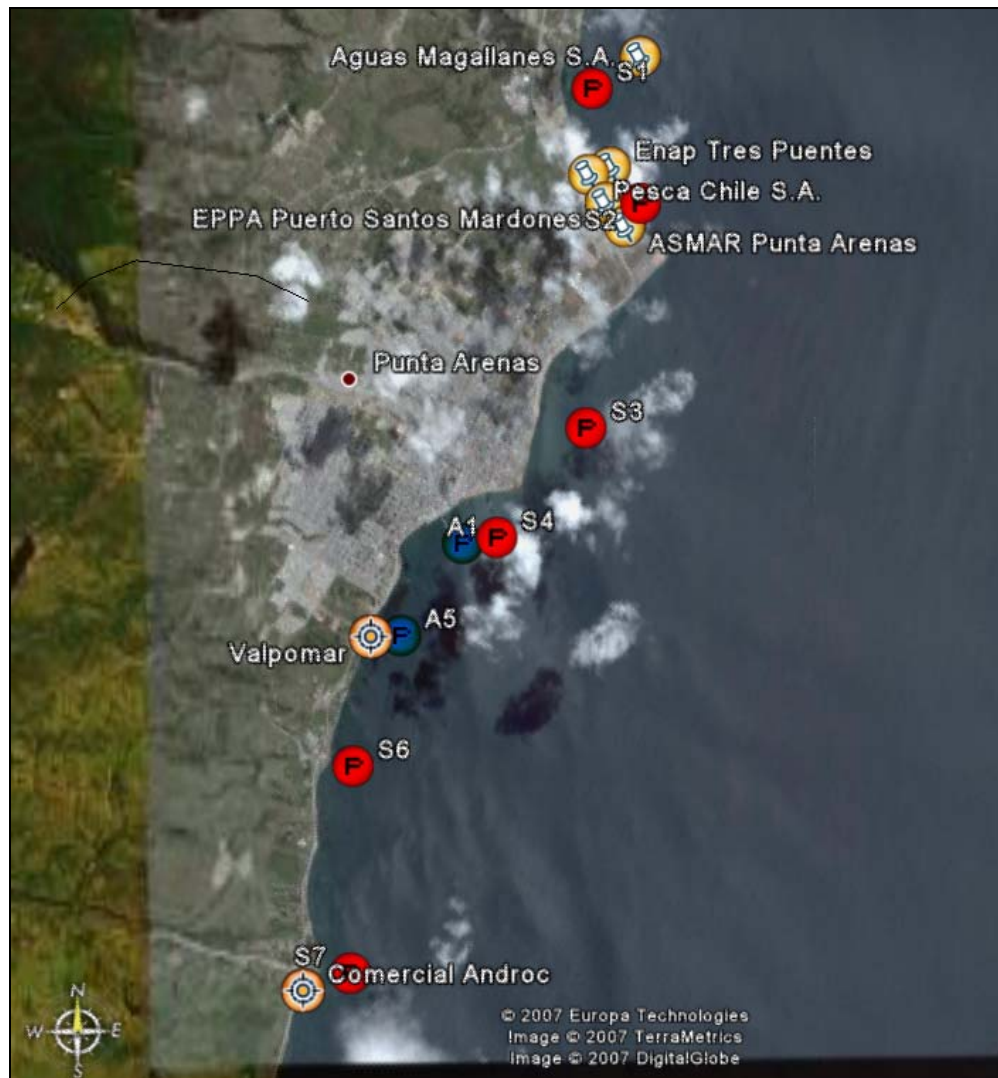


Figura N° 34: Actividades económicas desarrolladas en el borde costero en la Rada de Punta Arenas

A excepción de mercurio y aceites y grasas, que no fueron detectados por los equipos de laboratorio, todos los demás parámetros fueron cuantificados. En general, los contenidos son bajos y compatibles con la vida acuática. Respecto al plomo, las aguas sólo caen en la categoría de “buena calidad”. En cuanto a coliformes fecales, las aguas son de “regular calidad”, sobre todo frente al Muelle Prat, indicativo de la presencia de descargas subrepticias y sin el tratamiento adecuado.

Respecto de la calidad ambiental de los sedimentos, los contenidos de contaminantes fueron bajos, la mayoría menor a los umbrales. No obstante se detectaron valores puntuales altos

frente al sector industrial que podrían ser el reflejo de aportes importantes de las industrias aledañas, como es el caso de ASMAR, Pesca Chile y Enap. Ver Figura N° 34.

Se encontraron concentraciones importantes de hidrocarburos en los fondos sedimentarios cercanos al Sector de Tres Puentes, en niveles que, en todo caso, caracterizan estos sedimentos con una contaminación “moderada”.

El nitrógeno proveniente de la descomposición de materia orgánica rica en proteínas se detectó en altas concentraciones en casi todos los sedimentos de Rada Punta Arenas. Los aportes pueden deberse a la actividad pesquera. Este nitrógeno puede generar importantes fenómenos de eutrofización, situación que caracterizó los sedimentos como contaminados con este nutriente.

#### **F.7.- Conclusiones**

Los contaminantes medidos en el agua en los sectores de Frente Muelle Prat y Parque María Behety, permiten concluir que:

1. Ellos no evidencian problemas ambientales relevantes para el ambiente acuático costero. Los contenidos de plomo y coliformes fecales estuvieron en cantidades medianamente altas que definen la calidad ambiental del agua sólo como de “buena calidad”. Esta situación no implica un deterioro significativo de la calidad ambiental.
2. Los contenidos de mercurio y de aceites y grasas estuvieron ausentes o bajos los valores informados por el laboratorio como límite de detección.

Respecto de los sedimentos marinos se puede concluir lo siguiente:

1. No hay deterioro ambiental, aunque los contenidos de metales pesados reflejan la influencia de actividades económicas. Sin embargo, los niveles detectados no revisten riesgo, desde el punto de vista de la calidad ambiental.
2. Existen importantes contenidos de nutrientes, particularmente de nitrógeno, lo que está relacionado con las actividades pesqueras desarrolladas en el borde costero aledaño a las estaciones muestreadas.
3. El sector de Tres Puentes es el que recibe el mayor impacto ambiental costero. Las principales actividades desarrolladas en el sector son ASMAR (M), Pesca Chile y ENAP.
4. Se esperaba una mayor presencia de hidrocarburos, asociado con las actividades del sector portuario, sin embargo, los niveles resultaron ser normales.

# ANÁLISIS AMBIENTAL DE BAHÍA FILDES (ANTÁRTICA CHILENA)

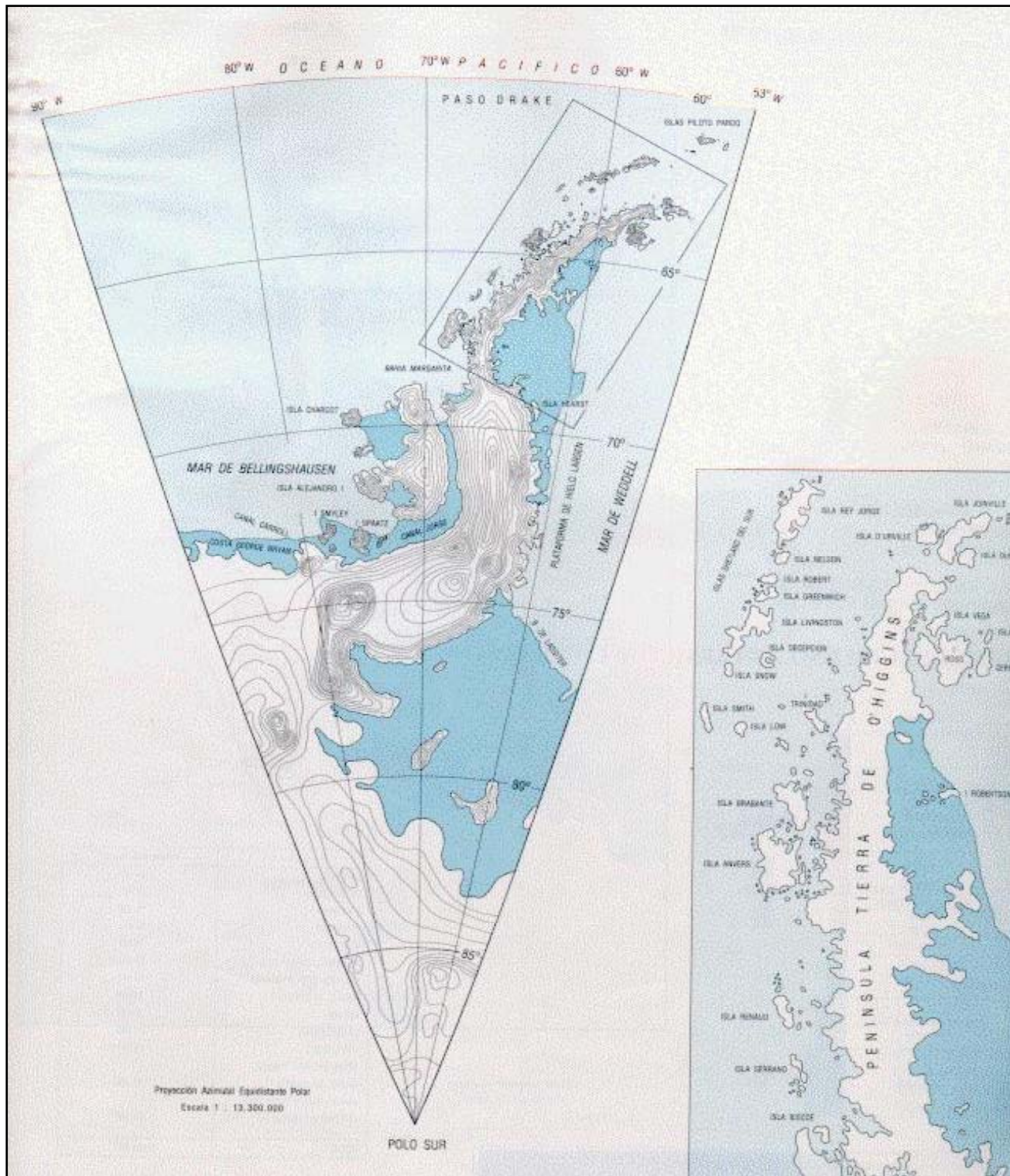
CAPÍTULO

**3**

---



## POAL ANTÁRTICO - SECTOR BAHÍA FILDES 2003-2006



## I.- ANTECEDENTES

La región antártica continental comprende aproximadamente un décimo de la superficie terrestre, cubriendo aproximadamente 14 millones de km<sup>2</sup> de los cuales el 0,33 % se encuentra libre de la cubierta de hielo. Durante el período invernal, los hielos cubren el doble de la superficie que alcanzan en la época estival, siendo éste el mayor proceso físico estacional que se registra en la Tierra; este fenómeno actúa como un poderoso agente enfriador del aire y es originador de vientos ciclónicos.

Se encuentra en el extremo de la tierra de O'Higgins y el archipiélago Shetland del Sur, y por estar fuera del Círculo Polar, presenta un clima más benigno, con una temperatura promedio anual de - 2,1°C.

El fenómeno conocido como Vientos Catabáticos es típico del clima antártico, y corresponde a un efecto de enfriamiento del aire en contacto con el hielo, lo que produce vientos de 100 a 150 km/h, de varios días de duración y que impiden toda actividad humana a la intemperie.

Desde 1940, la necesidad de mayor conocimiento científico y geográfico impulsó la creación de enclaves permanentes en la Antártica, existiendo hoy en el sector una amplia cantidad de bases y centro poblacionales. Dentro de este último, el mayor de ellos en el territorio chileno se encuentra ubicado en la Isla Rey Jorge, y está formado por la Base Presidente Freí, que posee una pista aérea; el Centro Meteorológico Presidente Freí; la Base Profesor Julio Escudero, perteneciente al Instituto Antártico Chileno, principal centro científico de nuestro país; la Villa Las Estrellas, con poblado civil, instalaciones científicas, hosterías, hospital y escuela. Perteneciente a Chile, este enclave es el núcleo de apoyo logístico más importante para los restantes ocho países con bases científicas en la Isla Rey Jorge.

El Protocolo sobre Protección Ambiental para el Tratado Antártico (el Protocolo de Madrid), adoptado en 1991 por los estados garantes del Tratado Antártico, designó a la Antártica como una "reserva natural, dedicada a la paz y a la ciencia" con el objetivo de "proteger comprensivamente el medio ambiente antártico y ecosistemas asociados y dependientes". En el Artículo 3, del protocolo explícitamente señala lo siguiente: *"Para la protección del ambiente de la Antártica y sus ecosistemas, y de su valor intrínseco, incluyendo sus valores estéticos y naturales y su importancia como un área para la conducción de investigaciones científicas, en particular para comprender el medio ambiente, deberá ser fundamental al considerar la planificación y realización de todas las actividades contempladas en el área del Tratado Antártico"*.

Dentro de este contexto, la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático (DIRINMAR) de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DGTM y MM) implementó un Programa de Vigilancia para el medio acuático antártico, eligiéndose a Bahía Fildes como el sector más representativo del Territorio Antártico Chileno, dado que se encuentra en una de las zonas con mayor actividad nacional y extranjera, principalmente por el trabajo científico que ahí se desarrolla, además, en Bahía Fildes se concentra una población estable que aumenta notablemente durante la temporada de verano debido a la afluencia de turistas, cambio de dotaciones y partidas de reparaciones.

En este informe, se cubren aspectos relativos a la caracterización de algunos indicadores ambientales y el análisis e interpretación de parámetros físicos y químicos de la columna de agua y sedimentos sublitorales del sector aledaño a Bahía Fildes, en la Antártica Chilena.



## II.- INTRODUCCIÓN

### Área de estudio

Las ocho estaciones oceanográficas de muestreo, se encuentran distribuidas frente al borde costero de la Bahía Fildes, en el sector comprendido entre la Base Uruguay por el norte y la Base China por el sur (Figura 1). Las estaciones establecidas para la recolección de sedimentos intermareales, fueron ubicadas en la orilla de costa considerando una distribución similar a las de tipo oceanográficas.



Figura 1. Ubicación de las estaciones de la red de monitoreo establecida en Bahía Fildes, Territorio Antártico Chileno

En la selección de la fecha de muestreo se consideró que las mejores condiciones climáticas en el Territorio Chileno Antártico se presentan durante los meses de diciembre a febrero.

## III.- METODOLOGÍA

### a) Muestreo

Las actividades de muestreo son ejecutadas por el personal de la Armada de Chile, que se encuentra en la Capitanía de Puerto de Bahía Fildes en Isla Rey Jorge.

Parte de la dotación, participó previamente en un curso de instrucción, en el que se dieron a conocer los procedimientos relativos al registro de mediciones, operación de instrumentos

oceanográficos, como así también en la obtención de muestras, preservación y almacenamiento de las mismas.

Los muestreos correspondientes al período comprendido entre el 2003 y el 2005, se efectuaron entre los meses de diciembre y febrero dependiendo del tiempo imperante y de la disponibilidad de avión para enviar las muestras a Punta Arenas, donde son recibidas por el personal de laboratorio y enviadas a Santiago para los respectivos análisis.

## b) Procedimientos de recolección y análisis de las muestras

### i.- Recolección de muestras

Las muestras de agua, son recolectadas desde el estrato superficial bajo la interfase agua-atmósfera, los medios logísticos empleados para efectuar los muestreos son embarcaciones de la Autoridad Marítima de la zona, una vez a bordo los muestreadores efectúan inmediatamente las mediciones de temperatura del agua, a continuación, y de acuerdo con los volúmenes requeridos por el laboratorio para el análisis de cada parámetro, se procedió a fraccionar la muestra en alícuotas adecuadas.

El material de muestreo (botellas, frascos y bidones etiquetados) se dispuso dentro de neveras COLEMAN® con estuches de hielo químico ("gelpack") en su interior e identificadas con el rótulo de la estación. Además, para cada estación se incluyó una carpeta con las planillas de muestreo a objeto de registrar en estas fichas las mediciones efectuadas en terreno y los códigos identificatorios de cada una de las muestras obtenidas.

Las botellas de vidrio microbiológicas (Schotz®) fueron previamente esterilizadas en el autoclave del laboratorio y luego dispuestas en neveras COLEMAN® con estuches de hielo químico ("gelpack") en su interior.

Los envases almacenados dentro de neveras termoaisladas (Coleman®) fueron despachados vía aérea hacia el laboratorio SGS-Chile LTDA. ubicado en Santiago. Una vez recepcionados, estos contenedores fueron abiertos y con la ficha de muestreo transportada en su interior se procedió a revisar la cantidad de muestras y la integridad de los envases. Una vez verificado que todo estaba en orden, las muestras fueron ingresadas el mismo día, o a la mañana siguiente, a los departamentos respectivos del laboratorio para los análisis correspondientes. Para el caso del análisis de coliformes fecales, las botellas estériles con muestras de agua fueron mantenidas en refrigeración dentro de cajas termoaisladas con bolsas de hielo en su interior y enviadas dentro de las primeras 24 horas para su recuento microbiológico.

### ii.- Parámetros analizados en las muestras de agua

El Programa de Vigilancia establecido para este cuerpo de agua, comprende 11 parámetros monitoreados utilizados como indicadores de las condiciones ambientales de la superficie de la columna de agua y 7 para caracterizar el estado de los sedimentos marinos.

En el siguiente cuadro, se resumen los parámetros monitoreados para la columna de agua y sedimentos en las campañas POAL Antártica.

MATRIZ ACUOSA		
	Parámetro	Estrato
1	Cobre Total	Superficial

2	Cadmio Total	Superficial
3	Nitrógeno Total Kjeldahl	Superficial
4	Fósforo Total	Superficial
5	Cromo Hexavalente	Superficial
6	Pesticidas Organoclorados	Superficial
7	Coliformes Fecales	Superficial
8	Carbono Orgánico Total	Superficial
9	PAHs	Superficial
10	Plomo Total	Superficial
11	Temperatura	Superficial

MATRIZ SEDIMENTARIA		
	Parámetro	Estrato
1	Cobre total	Superficial
2	Cadmio total	Superficial
3	Plomo total	Superficial
4	PAHs	Superficial
5	PCBs	Superficial
6	Materia orgánica	Superficial
7	Pesticidas Clorados	Superficial
8	Hidrocarburos Totales	Superficial

### iii. - Análisis de las muestras

En las Tabla siguiente se indican los procedimientos de análisis aplicados, según el origen de la muestra de agua, para la cuantificación de los parámetros solicitados en los muestreos.

#### POAL ANTARTICA (Agua de mar)

Análisis	Metodología	LD	Unidad
Fósforo Total	NCh 2313/15, Of. 1997 Absorción molecular	0,2	mg/lit.
Nitrógeno total Kjeldhal	NCh 2313/28, Of. 1998 Destilación - Electrodo específico	0,2	mg/lit.
Cobre total	Std. Methods, Ed. 21 2005. Método 3111C - Extracción MIBK / Absorción Atómica	0,05	ug/lit.
Cadmio total	Std. Methods, Ed. 21 2005. Método 3111C - Extracción MIBK / Absorción Atómica	0,05	ug/lit.

Plomo total	Std. Methods, Ed. 21 2005. Método 3111C - Extracción MIBK / Absorción Atómica	0,1	ug/lit.
PAHs	I920198005 validado Base utilizada EPA 8100 Ed. 86 Cromatografía gaseosa	0,01	mg/lit.
Coliformes Fecales	NCh 2313/22, Of, 1995 NMP en medio EC	2	NMP/100 ml.
Cromo hexavalente	NCh 2313/11, Of. 1996 Extracción MIBK - Absorción atómica.	0,1	ug/lit.
Pesticidas organoclorados	Método de Análisis Físico Químicos, SISS 1997, Cromatografía de gases	0,01	mg/lit.
Carbono orgánico total	Standard Methods Water and Wastewater 18 th Ed. (Análisis Realizado por laboratorio externo)	1	mg/lit.

#### POAL ANTARTICA (Sedimentos)

Análisis	Metodología	LD	Unidad
Cobre total	EPA 3050B / Standard Methods 21 th Ed. (2005)	0,1	mg/Kg.
Cadmio total	EPA 3050B / Standard Methods 21 th Ed. (2005)	0,1	mg/Kg.
Plomo total	EPA 3050B / Standard Methods 21 th Ed. (2005)	0,5	mg/Kg.
PAHs	Standard Methods 6440 20 th Ed. 98 / EPA 8100 Ed. 86	2	mg/Kg.
PCBs	EPA 3540 C / ASTM 4059	0,05	mg/Kg.
Materia Orgánica	Digestión con K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> / Titulación FeSO <sub>4</sub> .	0,1	%
Pesticidas Clorados	EPA 8081 A	0,1	mg/Kg.
Hidrocarburos totales	NCh 2313 / 7, EPA 5021, EPA 3540C.	25	mg/Kg.

#### IV.- RESULTADOS

1. Las estaciones de muestreo fueron graficadas en función de cada parámetro tanto en agua como en sedimentos, representando gráficamente a través del tiempo las variaciones de concentración en cada sector muestreado.
2. Así mismo, los resultados obtenidos en agua, fueron comparados con los de la Guía CONAMA para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas, mientras que las variables medidas en sedimentos fueron comparadas referencialmente con directrices canadienses el detalle de estas directrices fueron explicadas en el capítulo 1 de este informe.

#### ANÁLISIS

##### a) Matriz acuática

##### i. Metales pesados

Dentro de esta categoría se analizan cobre total, plomo total, cadmio total y cromo hexavalente, en los Figuras que se muestran a continuación es posible apreciar que si bien el período de análisis del POAL corresponde desde el año 2003 hasta el 2006, los contenidos de metales

pesados antes mencionados presentan variaciones desde el 2005 en adelante, ya que durante el 2003 y 2004, los resultados informados por el laboratorio correspondieron al límite de detección del instrumental, lo que imposibilita dilucidar la verdadera concentración de los analitos en el medio acuático.

Las concentraciones de cadmio no superan 1 ug/L (Figura 2) lo que permite clasificar estas aguas como Clase 1, es decir aguas de muy buena calidad, según la Guía CONAMA.

Para el cobre, cuyas concentraciones no exceden 1,33 ppb, también se trata de aguas de muy buena calidad (Clase 1) según la clasificación de CONAMA.

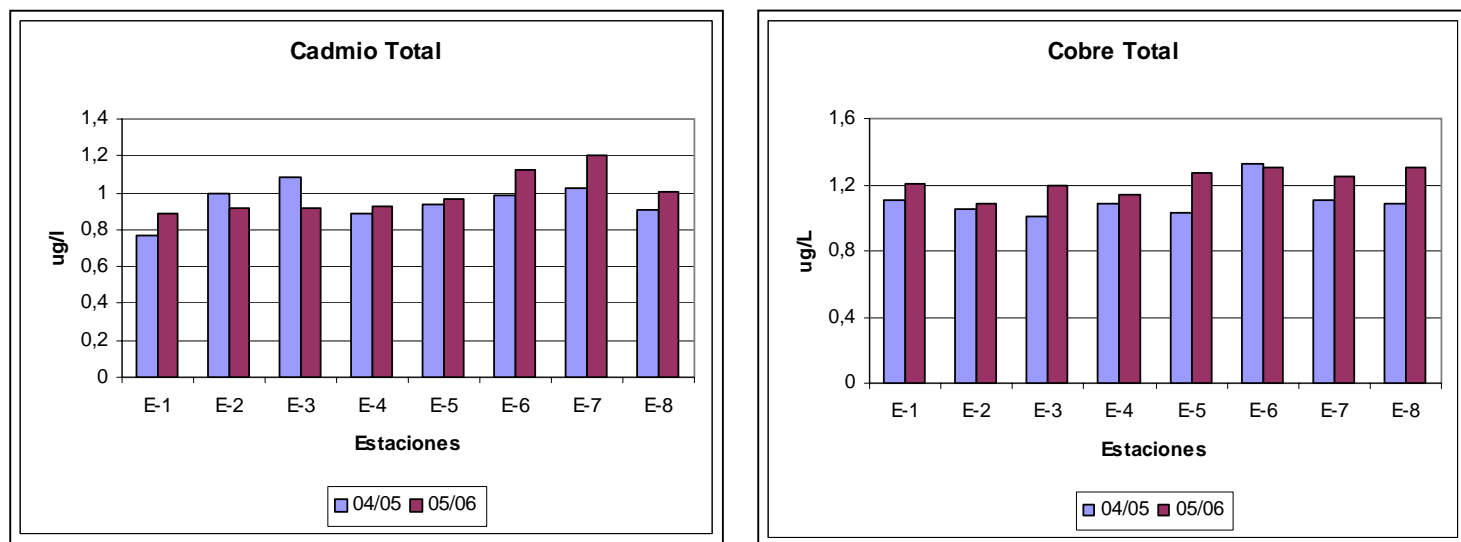


Figura 2. Distribución de Cadmio Total y Cobre Total en agua de mar. Bahía Fildes, Antártica Chilena. Período 2002-2006

Cadmio Total (ug/l)	2003	2004	2005	2006
E-1	<1	<1	0,77	0,89
E-2	<1	<1	1	0,92
E-3	<1	<1	1,08	0,92
E-4	<1	<1	0,89	0,93
E-5	<1	<1	0,94	0,97
E-6	<1	<1	0,99	1,12
E-7	<1	<1	1,03	1,2
E-8	<1	<1	0,91	1,01

Cobre Total (ug/l)	2003	2004	2005	2006
E-1	<1	<1	1,11	1,21
E-2	<1	<1	1,05	1,09
E-3	<1	<1	1,01	1,2
E-4	<1	<1	1,09	1,14
E-5	<1	<1	1,03	1,27
E-6	<1	<1	1,33	1,3
E-7	<1	<1	1,11	1,25
E-8	<1	<1	1,08	1,3

Tabla 3. Contenido de Cadmio Total y Cobre Total en el agua de mar superficial. Bahía Fildes, Antártica Chilena. Período 2002-2006.

Respecto de las concentraciones de cromo hexavalente obtenidas en agua, éstas no superan el umbral establecido de  $<10,0 \text{ ug/L}$  para la Clase 1 por la Guía CONAMA, ya que las concentraciones máximas están en  $3,2 \text{ ug/L}$  aproximadamente.

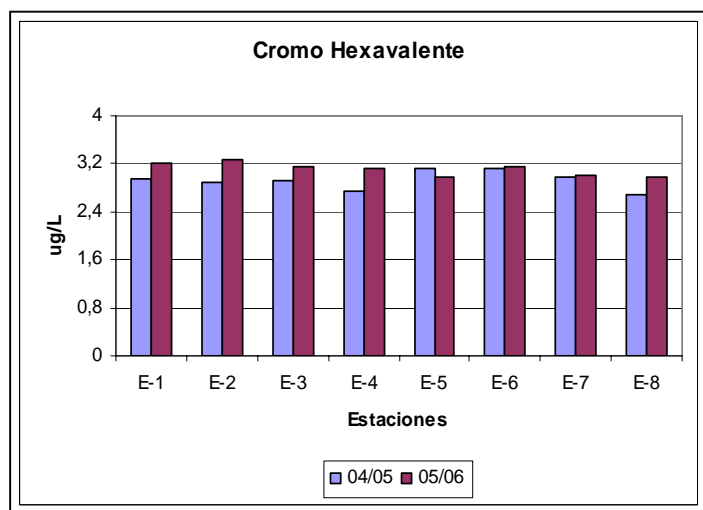


Figura 3. Distribución de Cromo Hexavalente en agua de mar. Bahía Fildes, Antártica Chilena, Período 2002-2006

Los valores de concentración de plomo, observados entre el 2005 y 2006, obtenidos en las estaciones muestreadas están dentro del rango propuesto por la Guía CONAMA para Clase 2.

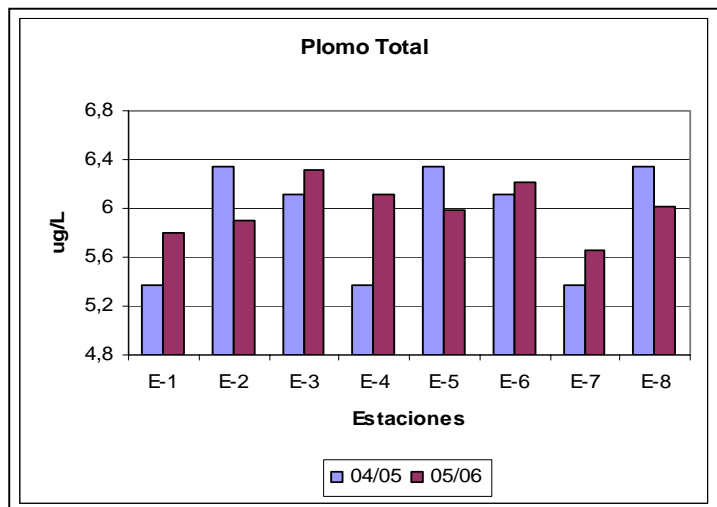


Figura 4. Distribución de Plomo Total en agua de mar. Bahía Fildes, Antártica Chilena, Período 2002-2006

Tabla 4. Contenido de Cromo Hexavalente en el agua de mar superficial. Bahía Fildes, Antártica Chilena. Período 2002-2006.

Cromo Hexavalente (ug/L)	2003	2004	2005	2006
E-1	<0,1	<0,1	2,94	3,21
E-2	<0,1	<0,1	2,89	3,28
E-3	<0,1	<0,1	2,91	3,16
E-4	<0,1	<0,1	2,74	3,12
E-5	<0,1	<0,1	3,12	2,98
E-6	<0,1	<0,1	3,11	3,14
E-7	<0,1	<0,1	2,98	3,02
E-8	<0,1	<0,1	2,69	2,98

Tabla 5. Contenido de Plomo Total en el agua de mar superficial. Bahía Fildes, Antártica Chilena. Período 2002-2006.

Plomo Total (ug/L)	2003	2004	2005	2006
E-1	<5	<5	5,37	5,8
E-2	<5	<5	6,34	5,9
E-3	<5	<5	6,12	6,32
E-4	<5	<5	5,37	6,12
E-5	<5	<5	6,34	5,98
E-6	<5	<5	6,12	6,22
E-7	<5	<5	5,37	5,66
E-8	<5	<5	6,34	6,02

En la Tabla 5., se observa que las concentraciones obtenidas entre los años 2003-2004, corresponden al límite de detección del instrumental.

## ii. Nutrientes

En esta categoría los nutrientes que se analizan son Fósforo Total y Nitrógeno Total Kjeldahl, de los cuáles, solamente el primero presentó resultados correspondientes al límite de detección del instrumental <2 mg/L, apreciándose en la Tabla 6. estos valores:

Tabla 6. Contenido de Fósforo Total en el agua de mar superficial. Bahía Fildes, Antártica Chilena. Período 2002-2006.

Fósforo Total mg/L	2003	2004	2005	2006
E-1	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
E-2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
E-3	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
E-4	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
E-5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
E-6	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
E-7	<0.2	<0.2	0,21	<0.2
E-8	<0.2	<0.2	0,21	<0.2

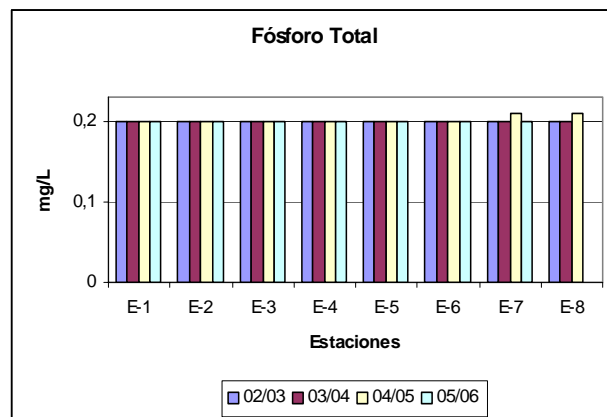


Figura 5. Distribución de Fósforo Total en agua de mar. Bahía Fildes, Antártica Chilena, Período 2002-2006

Respecto de los contenidos de nitrógeno (Figura 6)., se desprende que la estación E3, presenta una concentración mayor que el resto, la cuál fue detectada en el período 2004 lo que obedece a un evento puntual, toda vez, que la misma estación en los períodos siguientes evidenció concentraciones bajas.

Tabla 7. Contenido de Nitrógeno Total en el agua de mar superficial. Bahía Fildes, Antártica Chilena. Período 2002-2006.

Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L	2003	2004	2005	2006
E-1	0,27	0,35	0,4	0,44
E-2	0,2	0,31	<0.2	0,38
E-3	0,24	1,34	0,23	0,38
E-4	0,26	0,75	<0.2	0,52
E-5	0,22	0,26	<0.2	0,48
E-6	0,18	0,49	<0.2	0,53
E-7	0,24	0,37	0,24	0,49
E-8	0,29	0,45	<0.2	0,35

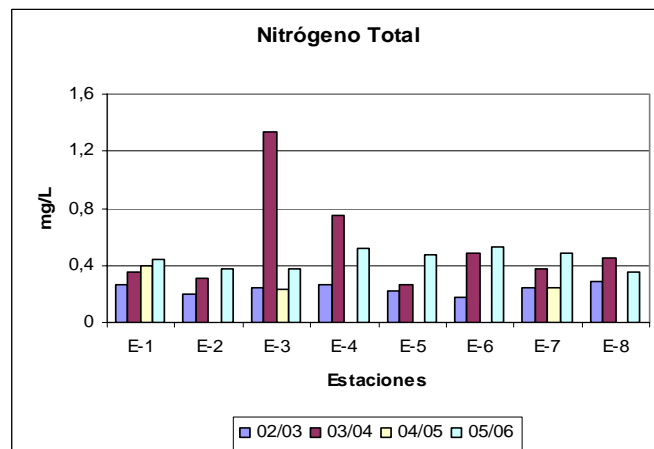


Figura 6. Distribución de Nitrógeno Total en agua de mar. Bahía Fildes, Antártica Chilena, Período 2002-2006

La guía CONAMA, no propone para aguas marinas límites referenciales para nitrógeno y fósforo total, por lo cuál no es posible determinar a que clase de calidad pertenecen estos parámetros.

### iii. Microbiológicos

Los resultados de coliformes obtenidos entre los años 2005 y 2006, no presentan contaminación microbiológica en las estaciones monitoreadas, solamente se detectó una estación que evidenció contaminación, situación que corresponde a un evento puntual, sin embargo este contaminante tiene una baja duración en el medio marino.

Los contenidos microbiológicos en agua durante el 2006 fueron muy despreciables.

Tabla 8. Contenido de Coliformes Fecales en el agua de mar superficial. Bahía Fildes, Antártica Chilena. Período 2002-2006.

Coliformes Fecales (NMP/100ml)	2005	2006
E-1	<2	<2
E-2	<2	<2
E-3	11	<2
E-4	1300	<2
E-5	80	<2
E-6	<2	<2
E-7	<2	<2
E-8	<2	<2

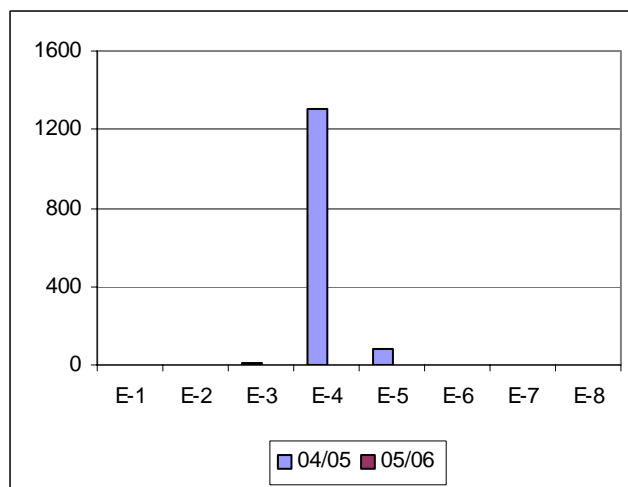


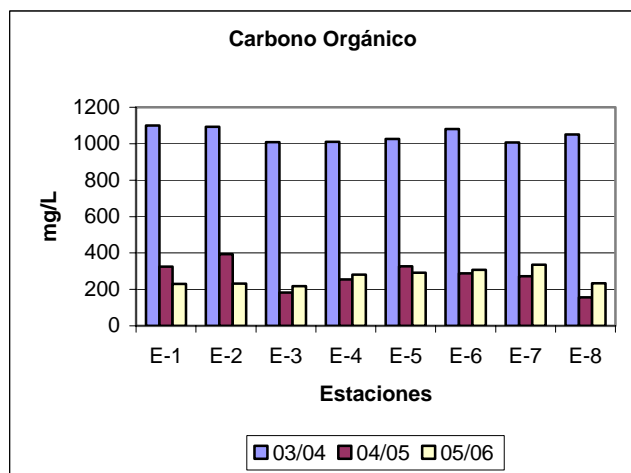
Figura 7. Distribución de Nitrógeno Total en agua de mar. Bahía Fildes, Antártica Chilena, Período 2002-2006

#### iv. Orgánicos

Dentro de esta categoría, los parámetros que se analizan corresponden a carbono orgánico total, hidrocarburos aromáticos policíclicos y pesticidas organoclorados, las concentraciones de HAP y pesticidas organoclorados, evidenciaron valores correspondiente a los límites de detección respectivos, informados para cada caso por el laboratorio.

Es posible apreciar en el Figura 8, que los mayores contenidos de carbono orgánico se presentaron en el período de 2004, sin embargo se observa una disminución en la concentración de este compuesto en los años 2005 - 2006. Este parámetro no cuenta con un límite referencial en la Guía CONAMA.

Figura 8. Distribución de Carbono Orgánico en agua de mar. Bahía Fildes, Antártica Chilena, Período 2002-2006



Carbono Orgánico Total (mg/L)	2004	2005	2006
E-1	1099,8	325	230,7
E-2	1093,7	394	232,6
E-3	1008,9	183	218
E-4	1009,6	254	280,8
E-5	1026,2	326	291,9
E-6	1081,3	289	307,9
E-7	1006,2	273	335
E-8	1050,1	156	233

Tabla 9. Contenido de Carbono Orgánico en el agua de mar superficial. Bahía Fildes, Antártica Chilena. Período 2002-2006.

#### b) Matriz sedimentaria

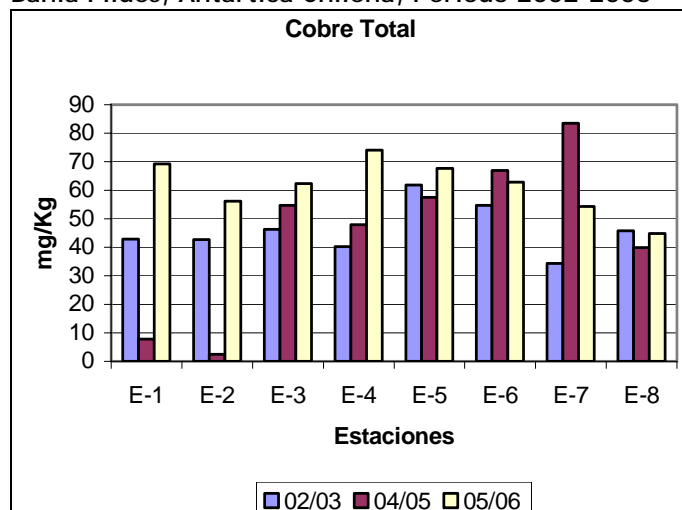


### i. Metales pesados

En esta categoría se analizan las variables cadmio total, cobre total y plomo total, de las cuáles solamente el primer parámetro ha registrado en todo el período (2002-2006) límites de detección correspondiente a 0,1 ppm.

En tanto los valores de cobre total, manifestaron concentraciones variables durante el período 2002 - 2006, las cuáles estuvieron bajo el umbral crónico señalado en referencias canadienses de 108 ppm, lo que se aprecia en la Figura 9.

Figura 9. Distribución de Cobre Total en sedimentos.  
Bahía Fildes, Antártica Chilena, Período 2002-2006



Cobre Total (mg/Kg)	2003	2005	2006
E-1	42,8	7,83	69,2
E-2	42,7	2,49	56,2
E-3	46,3	54,7	62,3
E-4	40,2	47,9	74,1
E-5	61,9	57,5	67,7
E-6	54,7	66,9	62,9
E-7	34,3	83,5	54,3
E-8	45,8	39,9	44,8

Tabla 10. Contenido de Cobre Total en sedimentos.  
Bahía Fildes, Antártica Chilena. Período 2002-2006.

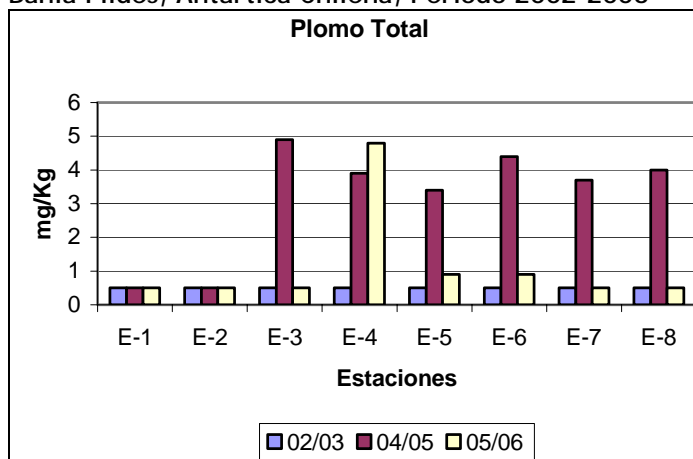
Al comparar los resultados obtenidos con los antecedentes presentados por CONAMA a modo referencial, podemos señalar que la mayoría de las concentraciones registradas entre el 2002 - 2006 superan el límite inferior de 22,7 ppm, lo que implica que la matriz sedimentaria registra a través de los resultados obtenidos aportes importantes de origen antrópico.

Respecto de las concentraciones de plomo, también se observa en el Figura 10, que durante los muestreos del 2005 y 2006, las concentraciones de plomo fueron mayores que las obtenidas durante el 2003, sin embargo los valores registrados según las referencias están bajo el umbral correspondiente a 112 ppm, lo que significa que esta matriz no estaría intervenida por contenidos de plomo.

Plomo (mg/Kg)	2003	2005	2006
E-1	0,5	0,5	0,5
E-2	0,5	0,5	0,5
E-3	0,5	4,9	0,5
E-4	0,5	3,9	4,8
E-5	0,5	3,4	0,9
E-6	0,5	4,4	0,9
E-7	0,5	3,7	0,5
E-8	0,5	4	0,5

Tabla 11. Contenido de Plomo Total en sedimentos superficial. Bahía Fildes, Antártica Chilena. Período 2002-2006.

Figura 10. Distribución de Plomo Total en sedimentos. Bahía Fildes, Antártica Chilena, Período 2002-2006



## ii. Compuestos Orgánicos

Los compuestos orgánicos analizados en esta categoría corresponden Hidrocarburos Totales, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, Bifenilos Policlorados y Pesticidas Clorados, los cuáles presentaron resultados correspondientes a los límites de detección del respectivo instrumental durante el período 2003-2006.

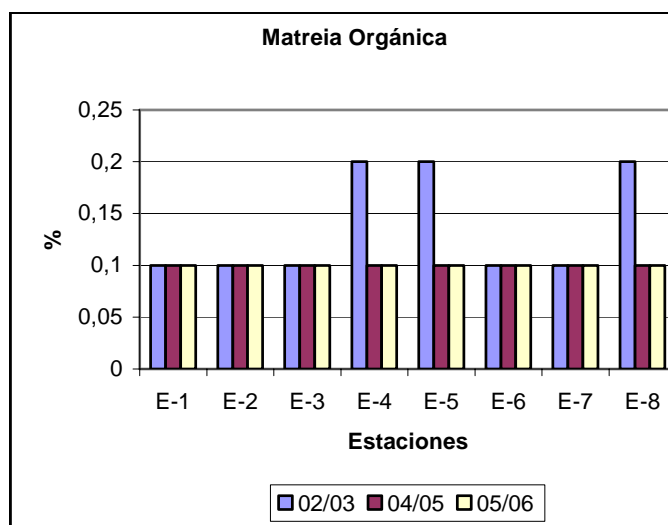
## iii. Materia Orgánica

Las concentraciones de materia orgánica en el 2005 y 2006 presentaron resultados correspondientes a límites de detección, de igual manera en el 2003 solamente dos estaciones fueron distintas de los límites de detección, sin embargo comparando las concentraciones de 0,2 % con las referencias bibliográficas que proponen un umbral de 1%, se deduce que los contenidos son bajos y que no presentarían alteración en la matriz sedimentaria.

Materia Orgánica (mg/Kg)	2003	2005	2006
E-1	0,1	0,1	0,1
E-2	0,1	0,1	0,1
E-3	0,1	0,1	0,1
E-4	0,2	0,1	0,1
E-5	0,2	0,1	0,1
E-6	0,1	0,1	0,1
E-7	0,1	0,1	0,1
E-8	0,2	0,1	0,1

Tabla 12 Contenido de Materia Orgánica en sedimentos superficial. Bahía Fildes, Antártica Chilena. Período 2002-2006.

Figura 11 Distribución de Materia Orgánica en sedimentos superficial. Bahía Fildes, Antártica



## V.- CONCLUSIONES

La calidad ambiental obtenida de los muestreos anuales realizados en época de verano en Bahía Fildes, dan cuenta de:

- Los metales pesados mostraron valores indicadores de una muy buena calidad de las aguas. Sólo el plomo mostró concentraciones promedios levemente mayores pero esto se debió a que el promedio toma en cuenta el límite de detección.
- No se encontraron evidencias de alteración ambiental producto de la presencia de coliformes fecales. Las concentraciones observadas correspondían al límite de detección. Sin embargo, en el sector de Villa las Estrellas, debido a un evento puntual que no volvió a presentarse, se detectó la presencia de coliformes fecales en cantidades que superaron el umbral de un agua de buena calidad.
- No se detectaron compuestos orgánicos en la matriz sedimentaria ni en el agua, registrándose sólo valores inferiores al límite de detección del instrumental.
- En general, la calidad ambiental de las aguas y sedimentos de Bahía Fildes son muy buenas. En las ocho estaciones muestreadas en el período 2003-2006, no se detectan compuestos orgánicos, representativos de actividad industrial. Asimismo, los metales pesados y nutrientes son bajos, lo cual mantiene esta bahía en óptimas condiciones ambientales.

# RESUMEN GENERAL

CAPÍTULO

**4**

---

## RESUMEN

La siguiente tabla consolida los datos del estado de calidad ambiental de las bahías, tanto en agua como en sedimento, de acuerdo a los datos recopilados en muestreos semestrales luego de 6 años de vigilancia ambiental. En las columnas de “parámetros” se indican sólo aquellos que presentaron algún grado de alteración ambiental, según la clasificación obtenida luego de aplicar los criterios que se han discutido. No se incluyen en la tabla aquellos parámetros en que la situación ambiental del cuerpo de agua es normal o no indica contaminación.

## AGUA DE MAR O RIO

BAHIA	METALES		NUTRIENTES		MICROBIOLOGICOS	
	Parámetro	Magnitud	Parámetro	Magnitud	Parámetro	Magnitud
ARICA	Pb	Buena calidad	----	----	----	----
IQUIQUE	Pb	Buena calidad	----	----	Colif. Fecales	Buena calidad
ANTOFAGASTA	Pb - Cr	Buena calidad	----	----	Colif. Fecales	Buena calidad
CALDERA	Pb	Buena calidad	----	----	Colif. Fecales	Buena calidad
COQUIMBO	Pb - Cr	Buena calidad	----	----	Colif. Fecales	Buena calidad
QUINTERO	Cr	Buena calidad	Ac. y Gras.	Buena calidad	Colif. Fecales	Buena calidad
VALPARAISO	Pb	Buena calidad	----	----	Colif. Fecales	Regular calidad
SAN ANTONIO	Pb	Buena calidad	----	----	Colif. Fecales	Regular calidad
TALCAHUANO	Pb	Buena calidad	----	----	Colif. Fecales	Regular calidad
VALDIVIA	----	----	----	----	Colif. Fecales	Regular calidad
PUERTO MONTT	Pb	Buena calidad	----	----	Colif. Fecales	Regular calidad
CASTRO	Pb	Buena calidad	----	----	Colif. Fecales	Buena calidad
AYSEN	Pb	Buena calidad	----	----	Colif. Fecales	Buena calidad
PUNTA ARENAS	Pb	Buena calidad	----	----	Colif. Fecales	Regular calidad
FILDES	----	----	----	----	----	----

De acuerdo a estos resultados, respecto a las aguas, el contaminante que se presentó en mayor cantidad de oportunidades aunque en niveles bajos, fue el plomo y en menor medida el cromo. El primero apareció en todas las bahías categorizando la calidad de las aguas como de “buena calidad”. Esto significa que las aguas de estas bahías son aptas para la extracción de recursos pero no para la mantención de comunidades acuáticas.

Sólo dos cuerpos de agua no presentaron contaminación por plomo, se trata de las aguas del río Valdivia y las de bahía Fildes en el territorio antártico chileno. Por otro lado, el cromo apareció con un grado de importancia en Antofagasta, Coquimbo y Quintero que catalogan sus aguas sólo como de buena calidad.

## SEDIMENTOS

BAHIA	METALES		NUTRIENTES		HIDROCARBUROS	
	Parámetro	Magnitud	Parámetro	Magnitud	Parámetro	Magnitud
ARICA	Hg-Pb-Cu-Zn	Contaminado	Nit-MO	Contaminado	----	----
IQUIQUE	Cu	Contaminado	Nit-MO	Contaminado	----	----
ANTOFAGASTA	Cd-Pb-Cu-Zn	Contaminado	Nit-MO	Moderada contam.	Hid. Tot	Contaminado
CALDERA	Cu-Zn	Contaminado	Nit-MO	Contaminado	----	----
COQUIMBO	Cu	Contaminado	Nit-MO	Contaminado	Hid. Tot	Moderada contam.
QUINTERO	Cu	Moderada contam.	Nit.	Moderada contam.	----	----
VALPARAISO	Hg-Cd-Pb-Cu-Zn-Cr	Contaminado	Nit-MO	Contaminado	----	----
SAN ANTONIO	----	----	Nit-MO	Contaminado	----	----
TALCAHUANO	Hg-Cd-Pb-Cu-Zn	Contaminado	Nit-MO	Contaminado	----	----
VALDIVIA	----	----	Nit-MO	Contaminado	----	----
PUERTO MONTT	----	----	Nit-MO	Contaminado	----	----
CASTRO	----	----	Nit-MO	Contaminado	----	----
AYSEN	Zn	Contaminado	Nit-MO	Contaminado	Hid. Tot	Moderada contam.
PUNTA ARENAS	----	----	Nit.	Contaminado	Hid. Tot	Moderada contam.
FILDES						

En cuanto a los fondos sedimentarios, existen niveles preocupantes de metales pesados en la mayoría de las bahías como el caso de cobre que contamina los fondos de casi todas ellas. Sólo en algunos cuerpos de agua como San Antonio, Valdivia, Puerto Montt, Castro, Punta Arenas y Bahías Fildes, no se detectaron metales pesados en niveles preocupantes. En todas las demás bahías, Arica, Iquique, Antofagasta, Caldera, Quintero, Valparaíso, San Antonio, Talcahuano y Puerto Chacabuco, los sedimentos se encuentran contaminados por metales pesados. Por otro lado, contrariamente a lo esperado, en Quintero sólo se detectó cobre en niveles de moderada contaminación.

Llama fuertemente la atención los niveles altos y la diversidad de metales pesados presentes en los fondos de Arica, Antofagasta, Valparaíso y Talcahuano. En todas estas bahías los fondos contaminados se concentran en las pozas de abrigo y los sectores portuarios. En estos sedimentos están presentes el mercurio, cadmio, plomo, cobre, zinc y cromo.

Los niveles de eutrofización son importantes en casi todas las bahías. Sólo en Antofagasta y en Quintero este fenómeno es moderado. El resto de las bahías, a excepción de Fildes, posee niveles de contaminación importante de nitrógeno y de materia orgánica.

El resto de los contaminantes no se presenta en niveles importantes en los sedimentos, aunque debe destacarse que se encontraron fondos contaminados con hidrocarburos totales en los sedimentos de Antofagasta, Coquimbo, Aysén y Punta Arenas.

A continuación se entrega un resumen bahía por bahía de los niveles de contaminación encontrados en agua y sedimento de los cuerpos de agua analizados durante 6 años de vigilancia ambiental. Luego, al final del presente resumen, se presenta el comportamiento gráfico de los parámetros que evidenciaron una alteración en la calidad ambiental que se menciona, tanto en agua como sedimentos.

## ARICA

### *Calidad del Agua*

La matriz acuosa de este cuerpo de agua no está afectada en su calidad ambiental. Sólo los contenidos de plomo mostraron niveles catalogados de buena calidad. Sin embargo, estas concentraciones aparentemente altas de plomo se deben al criterio de haber considerado los límites de detección en las estadísticas y ello no necesariamente concuerda con el contenido real de plomo en el agua. No obstante la presencia de plomo en agua no representa un daño ambiental importante para las actividades pesquera y acuícola.

### *Calidad de los Sedimentos*

La matriz sedimentaria refleja altos contenidos de nutrientes en el 90% de la bahía de Arica, lo cuál está estrechamente relacionado con la actividad de la industria pesquera de reducción (harina de pescado) ubicada en el borde costero de la bahía. Lo anterior está además asociado a la presencia de materia orgánica en sectores puntuales cercanos a pesquera Coloso, Península Alacrán y Poza Puerto.

Sin embargo, los mayores problemas ambientales se presentan en el sector del Puerto de Arica, relacionado con deficiencias en el manejo de minerales que se almacenan y transfieren en el terminal portuario.

## IQUIQUE

### *Calidad del Agua*

La matriz acuosa presenta para plomo una condición similar a la descrita en Arica, no obstante los niveles observados en esta bahía no indican condiciones de degradación en la calidad ambiental de las aguas. Por otra parte, los recuentos de coliformes fecales fueron bajos en el agua, indicando que se trata de aguas de buena calidad (entre 3 y 43 NMP/100 mL).

### *Calidad de los Sedimentos*

Esta bahía, al igual que Arica, muestra altos contenidos de nitrógeno total en casi todos los sectores muestreados, lo que implica que la matriz sedimentaria está sometida a procesos de hipernutricación a causa del vertido de descargas sin tratamiento adecuado por parte de la industria pesquera.

Otro factor de degradación de los sedimentos son los altos contenidos de cobre a niveles tóxicos para la vida acuática en el Sector de Corbeta Esmeralda. Los demás metales pesados no muestran niveles de contaminación.

## ANTOFAGASTA

### *Calidad del Agua*

En esta bahía el plomo y el cromo adquieren importancia en cuanto a disminuir la calidad de las aguas, aunque no a niveles de mala calidad. Pero al igual que en Arica e Iquique, estos niveles se alcanzaron porque los promedios consideran los límites de detección (tres primeras

campañas) como valores ciertos para el cálculo, de acuerdo a los criterios señalados por la Agencia de Protección Ambiental, EPA, de USA.

Por otra parte, los coliformes fecales estuvieron presentes aunque en concentraciones bajas, a niveles que las aguas pueden catalogarse como de buena calidad según la Guía CONAMA (entre 3 y 43 NMP/100 mL).

#### *Calidad de los Sedimentos*

Los fondos submareales de la bahía de Antofagasta muestran importantes concentraciones de metales pesados en casi todos los sitios bajo vigilancia. Cadmio, cobre zinc y plomo aparecen en casi todas las estaciones con niveles altos. Sólo las playas Balneario Municipal y El Tatio no registraron metales pesados. El principal aporte es la actividad portuaria y la pesca artesanal e industrial, ya que las altas concentraciones coinciden con la ubicación de estas actividades (cerveceras, petroleras, termoeléctrica). Pero también debe destacarse que en el pasado en sitios como el Club de Yates, se acopiaba minerales a granel, situación que podría también haber originado esta contaminación.

Toda la bahía presentó niveles importantes de Nitrógeno total atribuibles a descargas de materia orgánica y desechos domésticos. El riesgo de eutroficación es importante creando fondos reductores y la consiguiente anoxia de los sedimentos limitando así el desarrollo de una flora y fauna saludable en los sectores más afectados, como frente a la CCU, en la poza del Puerto, frente al Club de Yates y frente a Roca Abel.

### **CALDERA**

#### *Calidad del Agua*

Las aguas costeras de Caldera son de buena calidad, aptas para el desarrollo de actividades pesqueras. No existe contaminación por metales pesados. La calidad de las aguas es muy buena y permite la conservación de comunidades acuáticas. Sólo se encontró cierta evidencia de aportes de aguas servidas en la bahía que en todo caso, no están en niveles que impidan el uso de playas y balnearios, una de las principales actividades costeras en época estival.

#### *Calidad de los Sedimentos*

Los sedimentos submareales sólo muestran ciertos niveles de cobre en áreas como frente al frigorífico y al centro de la bahía. La actividad portuaria explicaría estos aportes, origen que debe investigarse con mayor detalle con fines de fiscalización.

La materia orgánica y los nutrientes, como nitrógeno, presentan niveles preocupantes en el sector del anfiteatro y el ex muelle mecanizado y en menor medida frente a Punta San Francisco y frente a Pesquera Playa Blanca. También fue importante, aunque menor magnitud, la concentración de materia orgánica frente al ex muelle mecanizado.

### **COQUIMBO**

#### *Calidad del Agua*



La bahía de Coquimbo presentó una buena calidad de sus aguas. No se detectaron niveles importantes de metales pesados tampoco de coliformes fecales, es decir se trata de aguas aptas para el desarrollo de actividades pesqueras.

No se encontró contaminación por coliformes fecales en el agua durante todo el período de vigilancia (2002 al 2007). En este sentido, la calidad de las aguas es muy buena y permite la conservación de comunidades acuáticas.

#### *Calidad de los Sedimentos*

Los sedimentos submareales del sector portuario son los más afectados por cobre, hidrocarburos totales y materia orgánica. Su origen podría explicarse por la presencia de astilleros al noreste de la península y por las instalaciones portuarias.

La materia orgánica presenta una contaminación moderada en toda la Bahía de Coquimbo, su origen podría ser la presencia de descargas de desechos domésticos y la actividad marítima.

### **QUINTERO**

#### *Calidad del Agua:*

A pesar de la gran actividad industrial y portuaria en la bahía de Quintero, las condiciones de sus aguas son buenas. Sólo llaman la atención ciertos niveles de cromo, coliformes fecales y aceites y grasas en concentraciones que sólo permiten el desarrollo de actividades pesqueras pero no la conservación de comunidades, según la clasificación de la guía CONAMA.

#### *Calidad de los Sedimentos:*

La matriz sedimentaria no muestra indicios de contaminación por metales pesados ni tampoco indicios de eutroficación por exceso de materia orgánica. Al igual que en agua, las condiciones de los sedimentos son buenas. Sólo debe llamar la atención las concentraciones moderadas de nitrógeno total en todas las estaciones, en el sentido de que se deberá extremar la fiscalización en las posibles fuentes de contaminantes orgánicos como la industria pesquera y la descarga de aguas servidas.

### **VALPARAÍSO**

#### *Calidad del Agua:*

En la bahía de Valparaíso los problemas ambientales más importantes en cuanto a calidad del agua son plomo y coliformes fecales. Al igual que la mayoría de los otros cuerpos de agua, Valparaíso presenta niveles de plomo que superan el umbral indicado en la guía de CONAMA que se ha utilizado en este programa. Esto ocurre tanto en las aguas de la bahía misma como en Viña del Mar (desembocadura del Estero del mismo nombre). Sin embargo, estas aparentemente altas concentraciones de plomo se deben al criterio de haber considerado los límites de detección en las estadísticas y ello no necesariamente concuerda con el contenido real de plomo en el agua.

Por el contrario, los coliformes fecales efectivamente muestran un problema real. Como se mencionó, los recuentos indican fenómenos esporádicos, pero importantes, de descargas de aguas servidas en las cercanías del sector puerto (Bellavista) con concentraciones sobre 50 veces el umbral aceptable más alto de < a 1000 NMP /100 mL.

Estos hallazgos deben llamar la atención toda vez que la empresa sanitaria local, ESVAL, ha saneado la bahía con costosos proyectos de tratamiento de aguas residuales y descargas al mar a través de emisarios submarinos.

#### *Calidad de los Sedimentos:*

Se detectó una importante contaminación por metales pesados en los sedimentos de la bahía de Valparaíso. Esta contaminación se concentra en el Sector del Dique y la Poza Abrigo, sobre todo con plomo y zinc. La gran actividad portuaria, incluyendo la de astilleros navales, surgen como la principal causa de esta contaminación.

El aporte histórico de aguas residuales sin tratamiento, vertidas al mar durante años, han ocasionado el gran deterioro de los sedimentos submareales de Valparaíso con materia orgánica y nutrientes. Estos nutrientes están generando zonas anóxicas que afectan la vida acuática. Estas descargas directas, además del faenamiento de pescado que se efectúa en las caletas de pescadores podrían ser la causa del deterioro ambiental de los fondos de la bahía de Valparaíso.

### **SAN ANTONIO**

#### *Calidad del Agua:*

Los metales pesados no muestran valores preocupantes en la bahía de San Antonio a pesar de la fuerte influencia del Río Maipo que desemboca al sur de la bahía. Sin embargo, los aportes del río junto a las descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento pueden ser la causa de la fuerte carga de coliformes fecales que muestran las aguas, principalmente en el sector portuario.

#### *Calidad de los Sedimentos:*

Los sedimentos de la bahía San Antonio deben separarse en aquellos al interior del recinto portuario y los de fuera de éste. En el sector portuario los sedimentos mostraron bajos niveles de metales pesados, sin embargo no ocurre lo mismo con la materia orgánica y los nutrientes que alcanzan niveles de contaminación que deben llamar la atención ya que se originarían en la actividad portuaria, aportes de la industria pesquera y, posiblemente también, de la escorrentía de aguas lluvias y los aportes del río Maipo. La eutroficación de la bahía de San Antonio, sus orígenes, causas y consecuencias constituye así la preocupación que debe primar para mejorar su calidad ambiental.

### **TALCAHUANO**

#### *Calidad del Agua:*

La calidad del agua de mar en la bahía de Talcahuano está alterada a nivel de coliformes fecales, siendo el sector Yomas Pesqueras el más afectado con concentraciones que superaron en

más de 30 veces el valor umbral de referencia más alto (1000 NMP/100 mL). Los otros parámetros medidos (metales pesados, nutrientes y materia orgánica) no muestran problemas ambientales importantes. Al igual que la mayoría de los otros cuerpos de agua, Talcahuano presenta niveles de plomo que superan el umbral indicado en la guía de CONAMA para aguas de muy buena calidad (3 ppb). Sin embargo, estas concentraciones aparentemente altas de plomo resultan de haber considerado los límites de detección (50 ppb) en las estadísticas de las tres primeras campañas y no el contenido real de plomo en el agua.

Debe aclararse la relación causa-efecto de éste problema, identificando el origen de estos eventos esporádicos, los que puede deberse a descargas subrepticias de origen industrial o a la empresa sanitaria local.

#### *Calidad de los Sedimentos:*

Los sectores más contaminados con metales pesados en la bahía de Talcahuano se ubican frente al Molo Marinao y frente al Muelle Ex Emporchi. En este sector se encontraron niveles altos de casi todos los metales analizados. Las máximas concentraciones superaron la norma canadiense en 5 veces el umbral para mercurio y plomo, 7 veces el de zinc y más de 10 veces el de cobre. Llama también la atención que aunque no se superaron los umbrales de cromo en ninguna estación, en los sitios más contaminados (frente al Molo Marinao y frente al Muelle Ex Emporchi), las concentraciones de cromo fueron las más altas. Estos niveles han provocado un fuerte deterioro de la calidad ambiental de la bahía y podrían deberse a la actividad de los astilleros navales y la industria pesquera cercana o bien a los aportes naturales propios de la zona cuyas aguas son bastante metalogénicas.

Los fondos sedimentarios también se encuentran intervenidos por compuestos orgánicos y nutrientes, provenientes de la actividad pesquera que se desarrollan en el sector. La lenta renovación de las aguas dentro de la Bahía junto con los aportes fluviales desde la marisma Rocuant, empeoran esta situación.

### VALDIVIA

#### *Calidad del Agua:*

Sólo destaca como problema ambiental acuático la presencia de coliformes fecales en el río, los que revelan que son aguas de regular calidad, conforme a la clasificación propuesta por CONAMA. Para los demás parámetros medidos, las aguas son de muy buena calidad.

#### *Calidad de los Sedimentos:*

El aporte de aguas residuales sin tratamiento y probablemente la descarga de la industria agro-alimentaria, vertidas al río durante años, han ocasionado el deterioro de los sedimentos fluviales con materia orgánica y nitrógeno, con un alto riesgo de eutroficación. Este riesgo será mayor dependiendo de la carga adicional de fósforo, por lo que deberán controlarse estos aportes.

No hay contaminación por metales pesados en el río.

### PUERTO MONTT

### *Calidad del Agua:*

Se mencionó al sector portuario y en menor medida el área central de la bahía, como los sitios más afectados por descarga de aguas servidas, lo que quedó en evidencia a partir de las mediciones de coliformes fecales en agua de mar en el borde costero de Puerto Montt. Según los criterios de CONAMA, se trataría de aguas de regular calidad en el sector portuario y de buena calidad en la bahía. Los demás parámetros medidos en agua de mar están en la categoría de aguas de muy buena calidad.

### *Calidad de los Sedimentos:*

El aporte de aguas residuales y probablemente la descarga de faenadoras de productos acuícola, vertidos al borde costero sin tratamiento, especialmente en el sector del Canal Tenglo, han ocasionado el deterioro de los sedimentos submareales con materia orgánica y nitrógeno. Esto implica un alto riesgo de eutroficación de las aguas subyacentes, por lo que deberán controlarse estos aportes.

No se encontró evidencia de contaminación por metales pesados en la bahía de Puerto Montt.

## **CASTRO**

### *Calidad del Agua:*

Las aguas del Estero Castro pueden catalogarse como de buena calidad tanto en metales pesados como en coliformes fecales y nutrientes. No obstante, frente a la ciudad de Castro se pudo detectar en una ocasión, niveles comparativamente más altos que lo normal. Los demás parámetros medidos en agua de mar están en la categoría de aguas de muy buena calidad.

### *Calidad de los Sedimentos:*

Los contaminantes medidos en sedimentos del Estero Castro y Dalcahue indican que ambos canales están en condiciones normales de contaminación. Se encontró cierto grado de contaminación por nitrógeno y materia orgánica lo que podría ser perjudicial para la vida acuática. Las plantas faenadoras de productos pesqueros y la empresa de servicios sanitarios local deberán fiscalizarse con mayor frecuencia para evitar que se disparen las concentraciones de nutrientes.

No se encontró evidencia de contaminación por metales pesados en las aguas de los Esteros de Castro y Dalcahue.

## **PUERTO CHACABUCO**

### *Calidad del Agua:*

La calidad de las aguas en Puerto Chacabuco no es mala. Sólo destaca la presencia de coliformes fecales provenientes de la descarga de aguas residuales directamente al mar sin tratamiento. Todos los demás parámetros medidos en agua de mar están en la categoría de aguas de muy buena calidad.

### *Calidad de los Sedimentos:*

Como era de esperar, el sector del muelle y frente a las industrias y Terminal de COPEC mostraron la mayor contaminación en la bahía de Puerto Chacabuco. Llama la atención la presencia de zinc en los sedimentos frente al muelle y de hidrocarburos totales frente al terminal de COPEC. También se encontraron niveles importantes de nitrógeno total y materia orgánica, indicadores de procesos de eutroficación que deben controlarse para evitar un mayor deterioro de los fondos con mayor actividad.

## **PUNTA ARENAS**

### *Calidad del Agua:*

Las aguas de la bahía de Punta Arenas poseen importantes niveles de contaminación por coliformes fecales frente al muelle Prat, que aunque están bajo los 1000 NMP/100 mL, indican aguas de regular calidad según los criterios de la guía CONAMA. Todos los demás parámetros medidos en agua de mar están en la categoría de aguas de muy buena calidad.

### *Calidad de los Sedimentos:*

Respecto de la calidad ambiental de los sedimentos, se detectaron valores puntuales altos de nitrógeno, indicadores de sedimentos contaminados, y de hidrocarburos, en niveles moderados, frente al sector industrial de Tres Puentes. En el área aledaña existen industrias, como ASMAR-M, Pesca Chile y ENAP, que podrían ser la causa de estos aportes. El nitrógeno se detectó en altas concentraciones en casi todos los sedimentos de bahía Punta Arenas. Los aportes podrían venir de la actividad pesquera y faena de carne (mataderos). Este nitrógeno estaría generando procesos importantes de eutroficación en la bahía por lo que deben enfatizarse los controles a las industrias del sector potencialmente generadoras de estos aportes.

## **BAHIA FILDES (ANTÁRTICA CHILENA)**

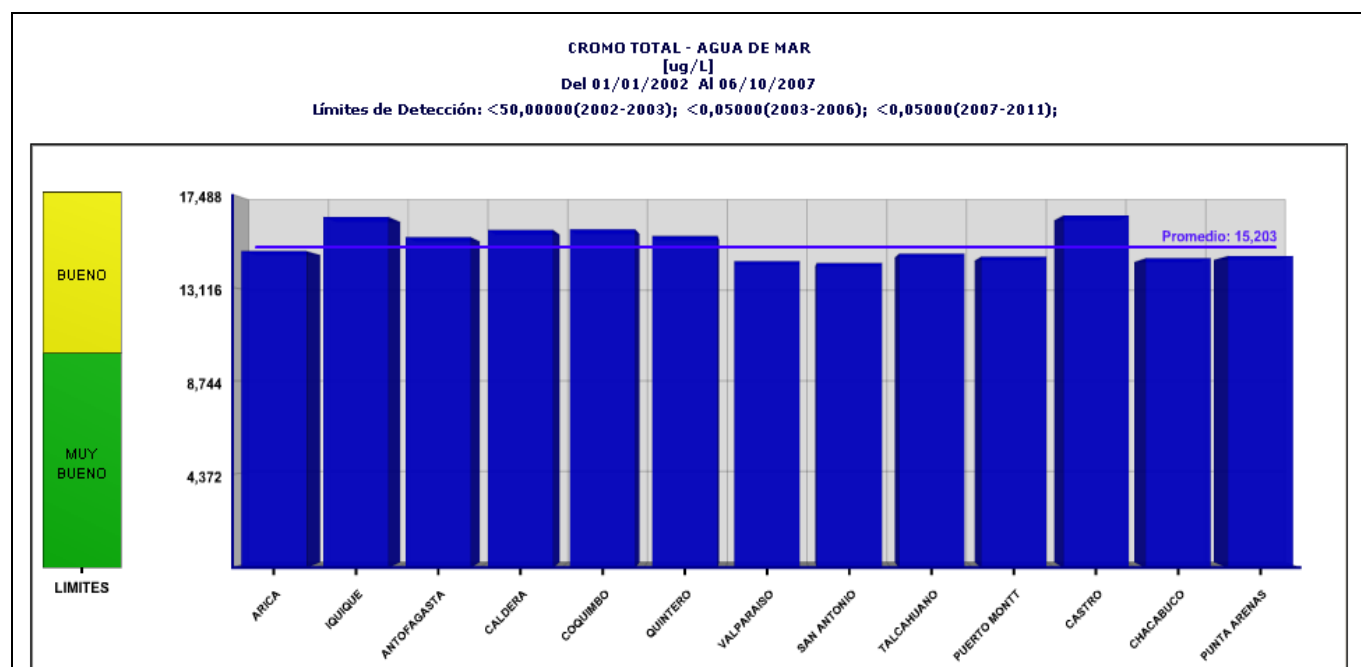
### *Calidad del Agua:*

No se encontró evidencia de contaminación en el agua con ningún parámetro bajo vigilancia. Las aguas antárticas en Bahía Fildes son de muy buena calidad.

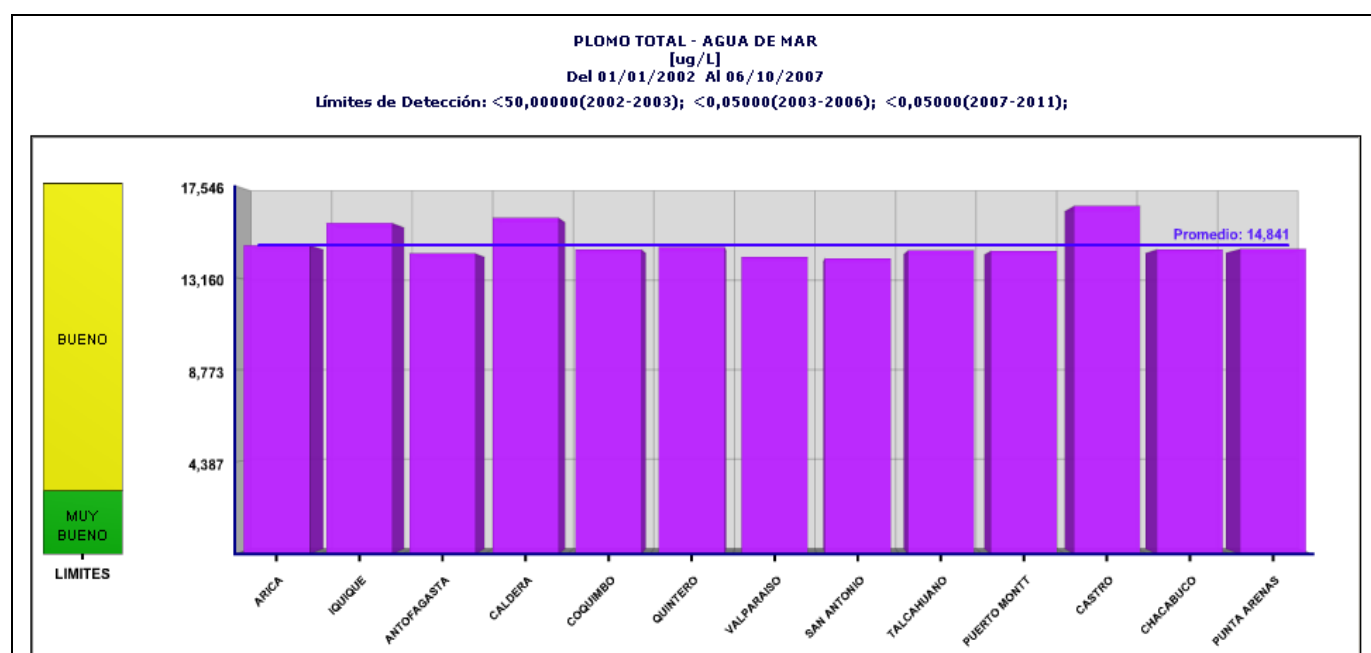
### *Calidad de los Sedimentos:*

Los sedimentos de bahía Fildes son normales, es decir, no están contaminados. Ningún parámetro sobrepasó los umbrales que hemos establecido para comparar los resultados obtenidos.

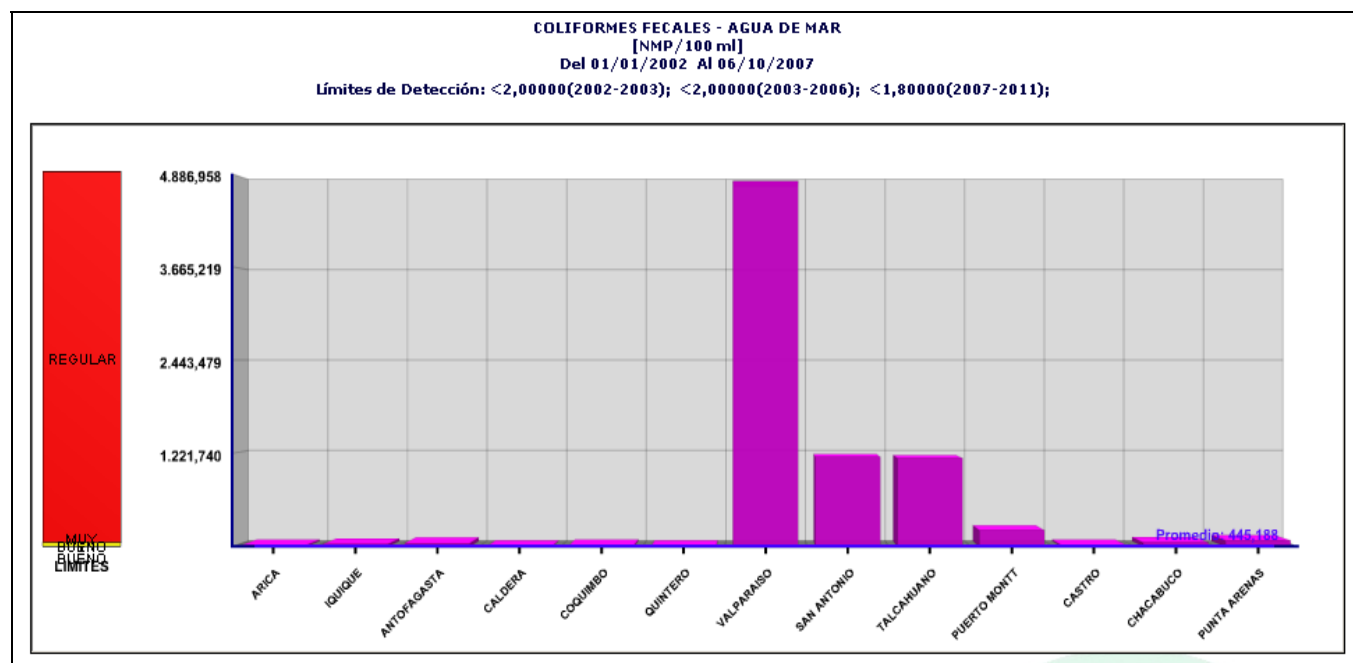
## REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS PARÁMETROS CRÍTICOS DETECTADOS EN EL ANÁLISIS AMBIENTAL DE CADA CUERPO DE AGUA



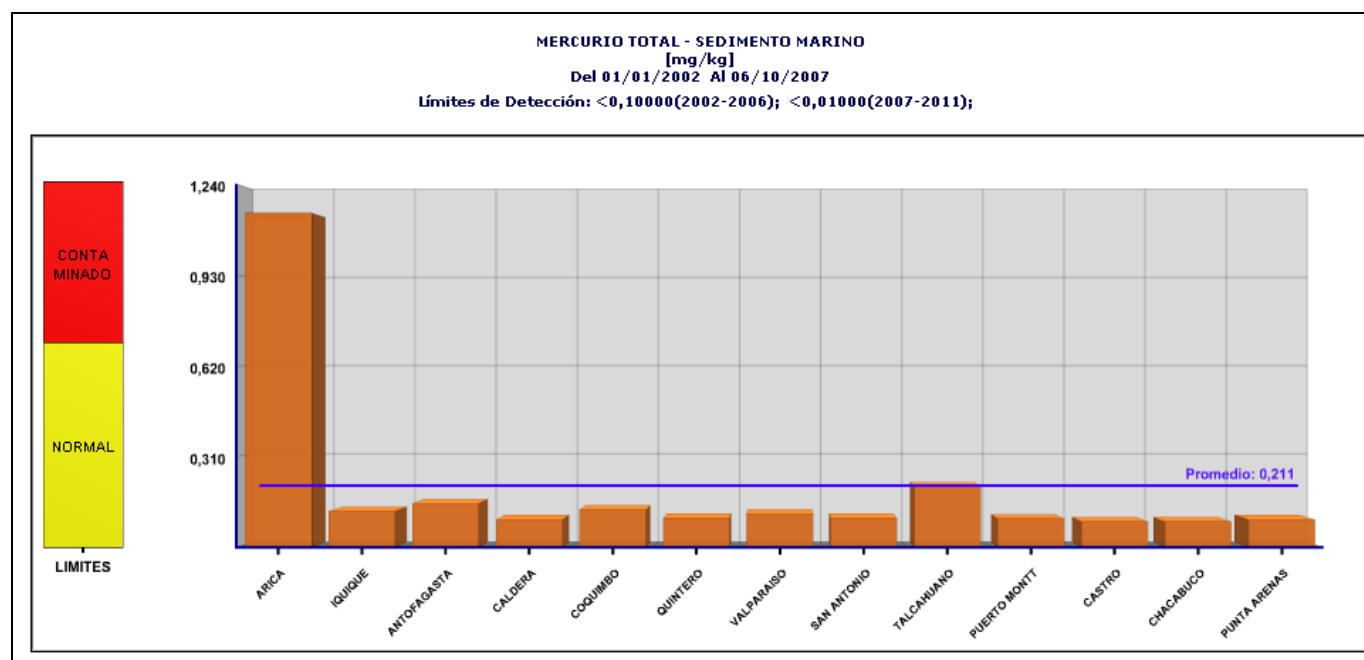
Distribución de cromo (ppb) en los cuerpos de agua analizados en la matriz agua



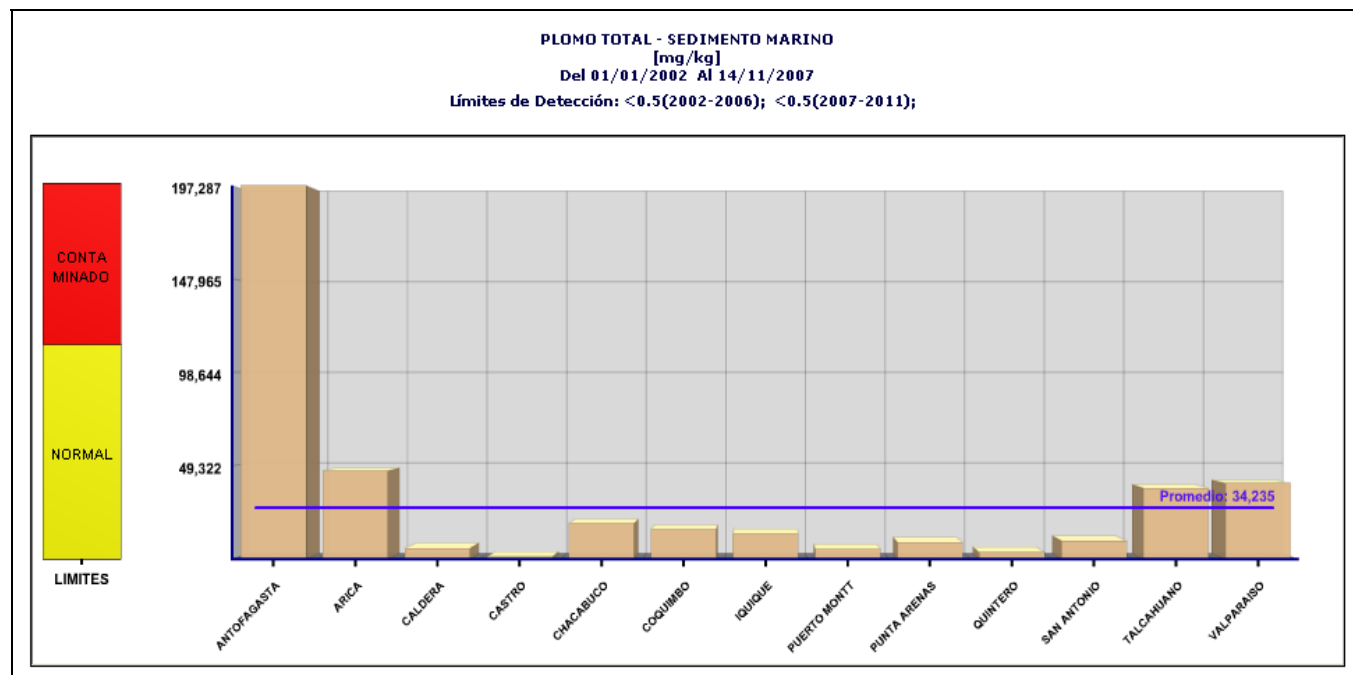
Distribución de plomo (ppb) en los cuerpos de agua analizados en la matriz agua



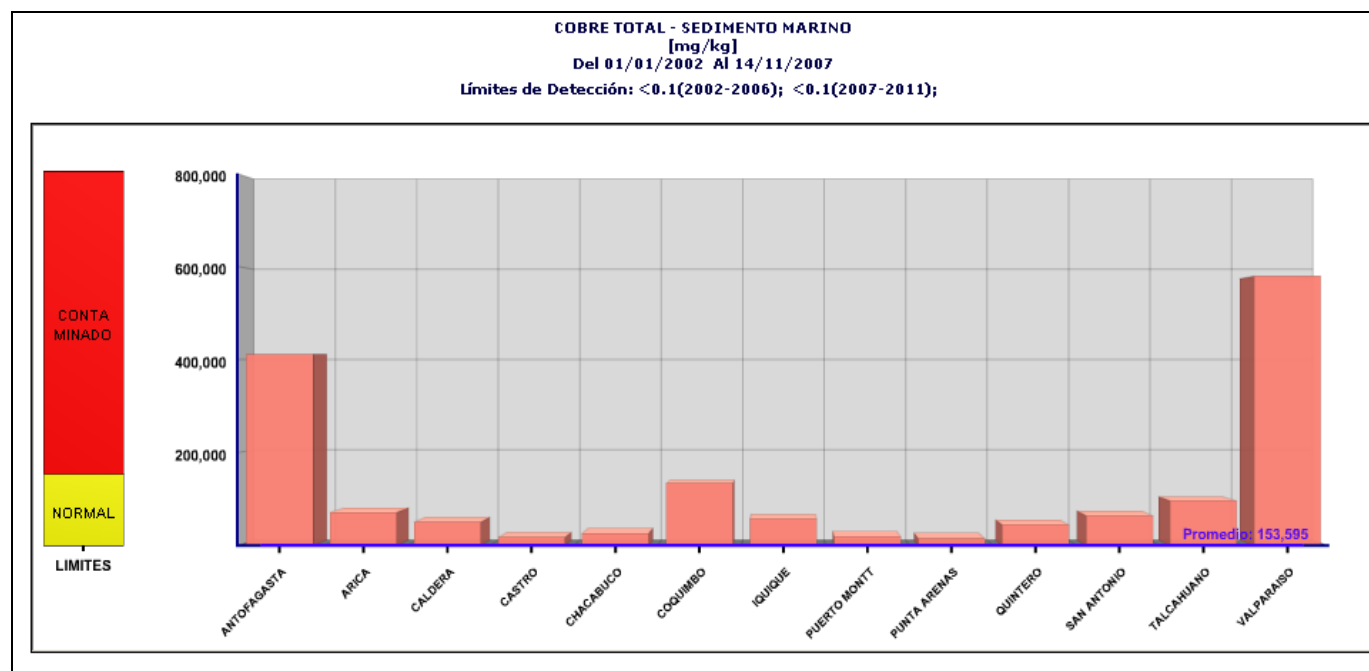
Distribución de coliformes fecales (NMP) en los cuerpos de agua analizados en la matriz agua



Distribución de mercurio (ppm) en los cuerpos de agua analizados en la matriz sedimentaria

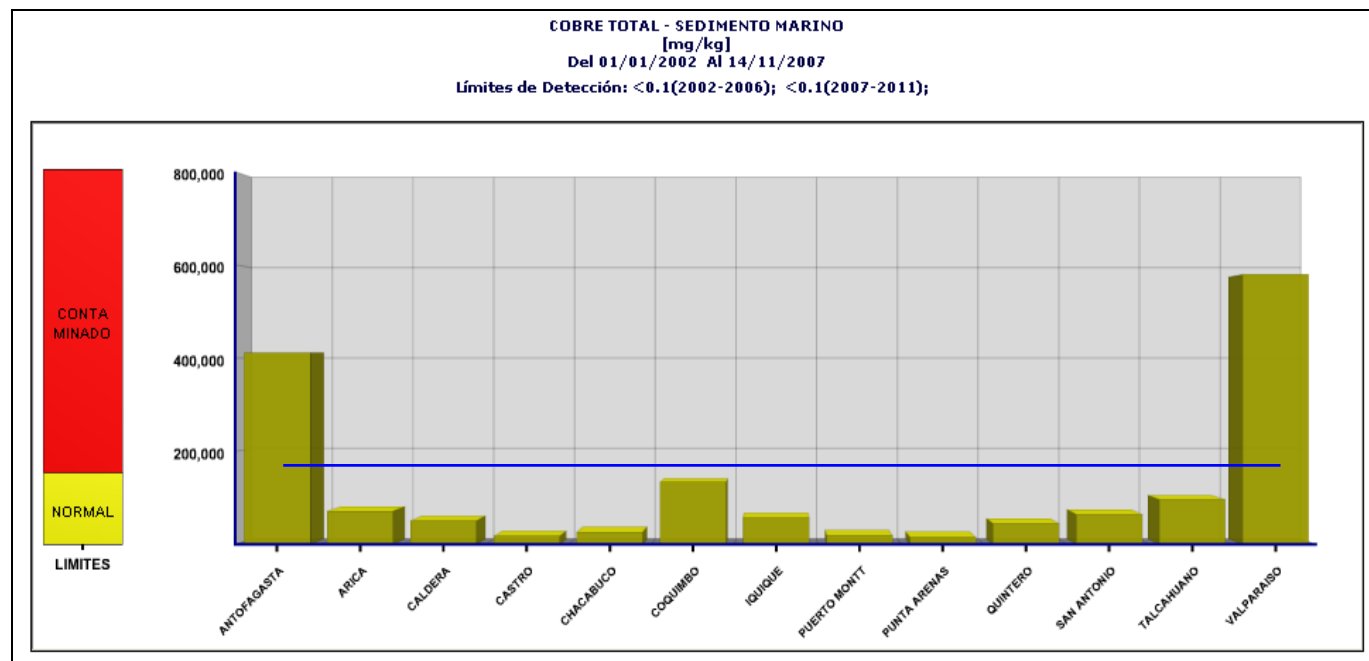


Distribución de plomo (ppm) en los cuerpos de agua analizados en la matriz sedimentaria

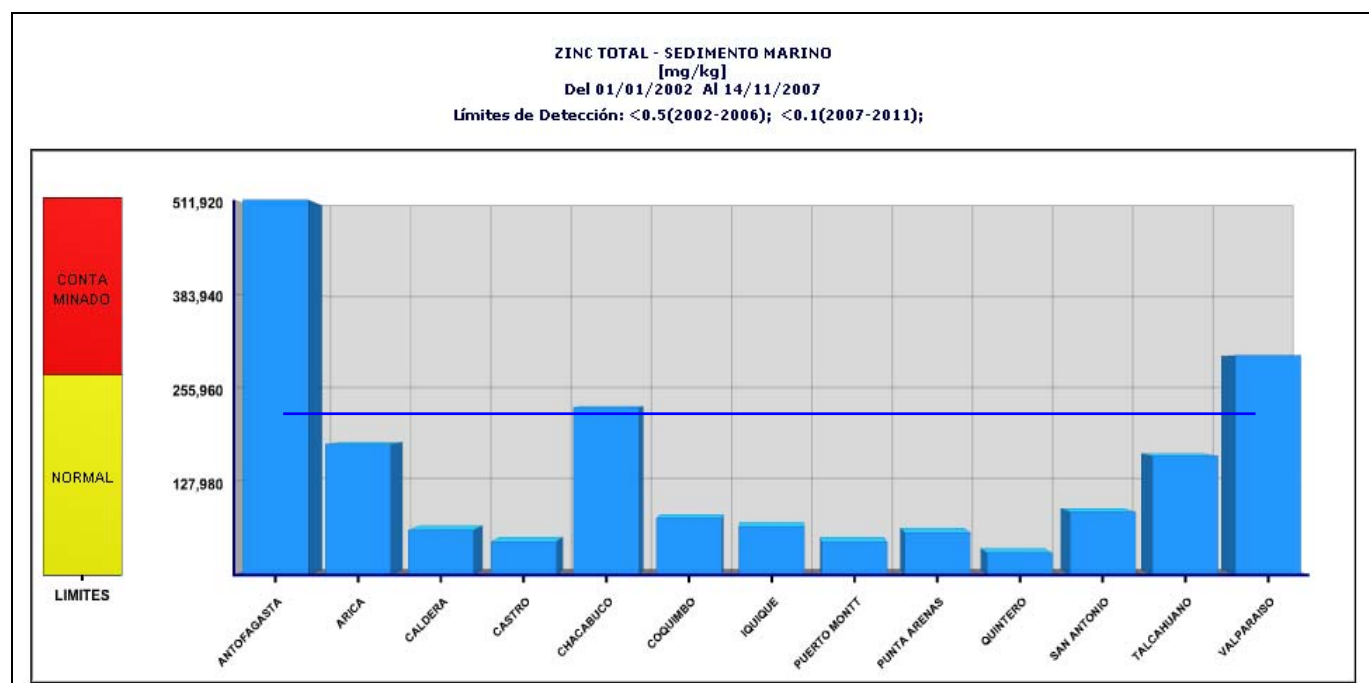


Distribución de cobre (ppm) en los cuerpos de agua analizados en la matriz sedimentaria

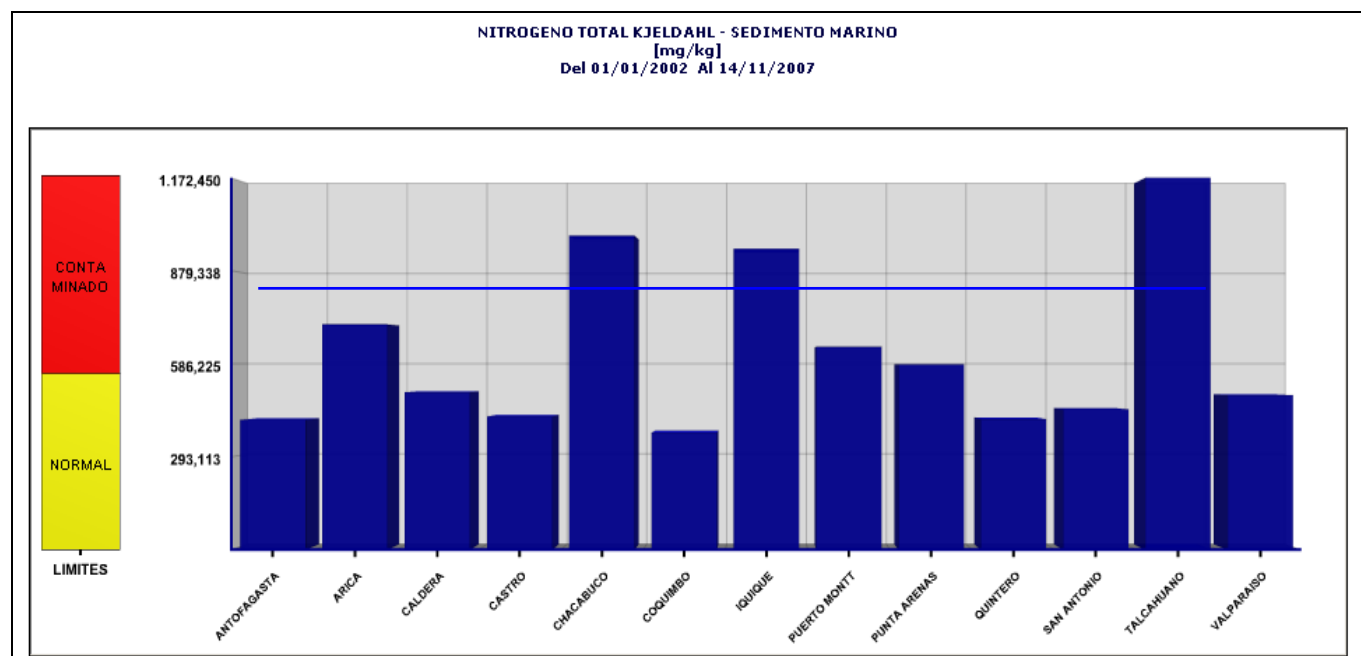




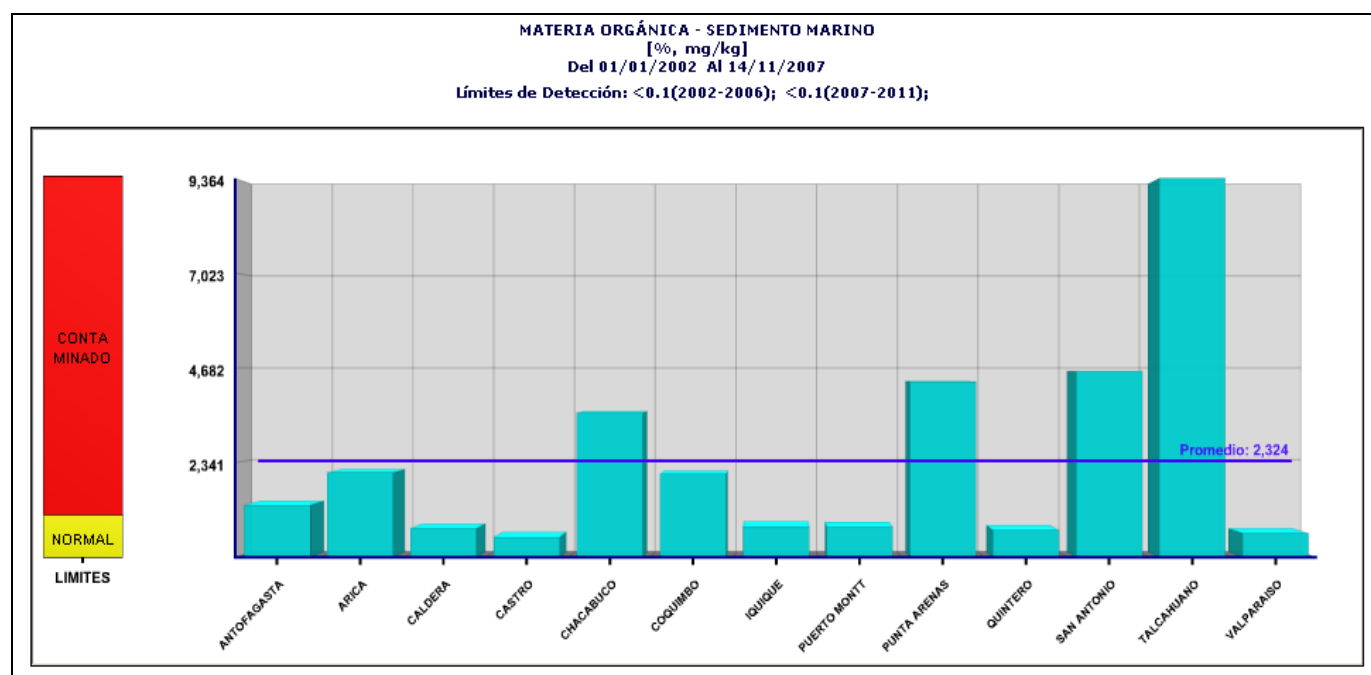
Distribución de cobre (ppm) en los cuerpos de agua analizados en la matriz sedimentaria



Distribución de zinc (ppm) en los cuerpos de agua analizados en la matriz sedimentaria



Distribución de nitrógeno (ppm) en los cuerpos de agua analizados en la matriz sedimentaria



Distribución de materia orgánica (%) en los cuerpos de agua analizados en la matriz sedimentaria

# ROL DE LA AUTORIDAD MARÍTIMA EN EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ACUÁTICA

CAPÍTULO

**5**

---

## ROL DE LA AUTORIDAD MARÍTIMA EN EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ACUÁTICA

La Armada de Chile, a través de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (Directemar), desempeña una trascendente labor en la preservación del medio ambiente acuático de nuestro país, la gestión ambiental de la Autoridad Marítima se fundamenta en la existencia de un marco jurídico que la respalda y que ha permitido el desarrollo de una política realista y consecuente con las características económicas y ambientales de nuestro país referido al control de la contaminación y a la preservación del medio ambiente acuático conformado por el mar, los ríos y los lagos de jurisdicción nacional.

Así en base a lo dispuesto en la Ley de Navegación, el Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, se establecen en términos generales, la prohibición absoluta de arrojar lastre, escombros, o basuras y derramar petróleo o sus derivados o residuos, aguas de relave de minerales u otras materias nocivas o peligrosas, de cualquier especie, que ocasionen daños o perjuicios en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, y en puertos, ríos y lagos navegables, sin la autorización de la citada Autoridad Marítima. En definitiva, en Chile no se pueden verter directa o indirectamente a los cuerpos de aguas sometidos a la jurisdicción de esta autoridad, ningún tipo de materia, sustancias o energías sin contar previamente con la citada autorización expresa; en caso contrario, la actividad queda afecta a las sanciones y multas que los citados cuerpos jurídicos han establecido.

Por otro lado, uno de los instrumentos más importantes que ha tenido el ordenamiento jurídico en materia de residuos líquidos urbanos, ha constituido la aprobada Norma de Emisión para la “Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales”, del 30 de mayo del 2000, ( “D.S. N° 90/2000”), esta norma fue elaborada con el objetivo principal de proteger ambientalmente y prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de Chile, mediante el control de los contaminantes asociados a los residuos líquidos que son descargados a los distintos cuerpos de aguas de la nación.

Esta Norma, establece la concentración máxima de contaminantes permitidos para residuos líquidos descargados por fuentes emisoras, a los cuerpos marinos y continentales superficiales, y su ámbito de aplicación es a todos los establecimientos que efectúan actividades de descarga de dichos residuos a uno o más cuerpos o curso de agua receptores (mar, río o lago).

Estos instrumentos jurídicos, han permitido que la DIRECTEMAR desarrolle una política eficaz y adecuada para proteger, promover y desarrollar la administración nacional de los recursos marinos y costeros chilenos, evaluando en forma permanente el estado y la calidad del medio ambiente acuático de su jurisdicción en relación a los impactos ambientales ocasionados por diversos usos o actividades que se desarrollan en el borde costero, cuerpos de agua marinos y/o continentales.

De esta manera el Programa de Observación del Ambiente Litoral (P.O.A.L.), ha sido una herramienta de gestión ambiental que ha permitido dilucidar los grados de contaminación generados en los cuerpos de agua producto de las distintas actividades antrópicas que se desarrollan, asimismo los resultados obtenidos dentro del marco P.O.A.L., han identificado las posibles fuentes terrestres que descargan sus Residuos Líquidos en aguas de jurisdicción nacional y que no cumplen con lo señalado en el D.S N°90 /2000, para lo cuál la Autoridad Marítima en su rol fiscalizador a medido a través de monitoreos los contaminantes presentes en las distintas descargas de fuentes terrestres, en donde frente a un no cumplimiento de la norma, la Autoridad Marítima a informado a los organismos competentes como COMANA, para que efectúen las sanciones correspondientes.

Además bajo el amparo de la Ley de Navegación y el Reglamento para el control de la Contaminación Acuática, la Autoridad Marítima ha efectuado sanciones a través de las investigaciones sumarias administrativas cursadas frente a derrames de hidrocarburos y/o descargas de contaminantes sin el tratamiento correspondiente a los cuerpos de agua de jurisdicción nacional.

Por lo anterior, cabe destacar que la Autoridad Marítima dentro de todas sus funciones se ha destacado por mantener un estricto control en la preservación del medio ambiente acuático, siendo el monitoreo P.O.A.L., un sistema de alerta temprana que ha permitido controlar el estado ambiental de los cuerpos de agua en relación a las descargas de residuos líquidos producidas por las fuentes terrestres que descargan en aguas de su jurisdicción.

# EFFECTOS BIOLÓGICOS ADVERSOS DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS ANALIZADOS EN EL MEDIO AMBIENTE ACUÁTICO

---

ANEXO

I

---

## ORIGEN ANTROPICO Y EFECTOS BIOLOGICOS ADVERSOS DE LOS PARAMETROS CRITICOS Y VARIABLES.

Parámetros	Origen antrópico y efectos biológicos adversos
Metales Pesados	<p>Los metales pesados corresponden a un grupo de elementos con pesos atómicos que varían de 63.546 a 200.590 y se caracterizan por una distribución electrónica similar en la capa externa.</p> <p>Debido a los efectos tóxicos que producen en los organismos marinos y dulceacuícolas cuando se encuentran sobre un nivel de biodisponibilidad, y a su persistencia en el ambiente, los metales pesados poseen condiciones potencialmente peligrosas.</p> <p>A concentraciones elevadas, los metales pesados actúan como enzimas inhibitoras en los organismos; sin embargo, la toxicidad de un metal dado puede variar en forma significativa de una especie a otra. La acumulación de metales pesados por organismos marinos es una función de muchos factores, tales como la temperatura, salinidad, dieta, desove y la capacidad del organismo para regular sus propias concentraciones corporales.</p>
Cobre (Cu)	<p>Este elemento metálico es común en la corteza terrestre y forma parte de varios minerales. En los ambientes acuáticos el cobre existe en sus dos estados de oxidación más estables: <math>\text{Cu}^{+1}</math> y <math>\text{Cu}^{+2}</math>. Este elemento traza esencial para la vida, en concentraciones elevadas puede ser perjudicial para la biota. Entre las fuentes antrópicas potenciales de introducción de cobre al medio acuático se pueden nombrar las siguientes: corrosión de ductos de cobre y bronce por aguas de naturaleza ácida, uso de compuestos de cobre como alguicidas acuáticos, efluentes de plantas de tratamiento de aguas servidas, escorrentías y contaminación de aguas subterráneas debido al empleo agrícola de cobre como fungicida y pesticida en el tratamiento de suelos y precipitación atmosférica. Las fuentes industriales más importantes que aportan cobre al sistema acuático son la industria de minería, fundición y refinación de cobre, industrias que combustionan carbón e industrias del hierro y el acero. El cobre es un bioácido de amplio espectro, que puede estar asociado con la toxicidad aguda y crónica, reducción en el crecimiento, interferencia con los procesos de esmoltificación en salmónidos y una amplia variedad de efectos subletales.</p>
Mercurio (Hg)	<p>El mercurio es un elemento traza no esencial para el metabolismo de los organismos vivos. A concentraciones elevadas, el mercurio puede ser tóxico para la vida acuática. En la naturaleza el mercurio existe como mercurio metálico o elemental (<math>\text{Hg}^0</math>), el ion mercurioso (<math>\text{Hg}^{+1}</math>) y el ion mercúrico (<math>\text{Hg}^{+2}</math>).</p> <p>Las fuentes antrópicas de mercurio hacia el medio acuático incluyen incineración de residuos, combustión de carbón, pinturas, actividades de minería y fundición, y la industria de cloro-alcalinos.</p> <p>La alta afinidad que existe entre el mercurio por los ligandos orgánicos sorbidos a partículas y coloides, tiene importantes implicancias en su distribución en el medio acuático, ya que de esta manera el mercurio puede ser fácilmente transportado a los sedimentos desde la columna de agua.</p>

		<p>Los sedimentos son una ruta importante de exposición de este metal a los organismos acuáticos.</p> <p>El mercurio es altamente tóxico para la biota acuática, siendo el metilmercurio la forma más tóxica de esta sustancia. Las plantas acuáticas, invertebrados y peces exhiben sensibilidades similares al mercurio. Los efectos biológicos adversos incluyen letalidad, disminución de la fertilización y alteraciones en el desarrollo de los primeros tiempos de vida de los organismos bentónicos.</p>
<b>Cadmio</b>	<b>(Cd)</b>	<p>El cadmio no es un elemento traza esencial, pero puede ser tóxico para la biota acuática a concentraciones elevadas. En las aguas superficiales, generalmente el cadmio se encuentra con estado de oxidación <math>\text{Cd}^{+2}</math>, como constituyente de compuestos inorgánicos (haluro, sulfuros y óxidos) y orgánicos. Las principales fuentes antropogénicas de este metal son las actividades mineras, fundición de metales, industrias involucradas en la manufactura de aleaciones, pinturas, baterías y plásticos, fertilizantes y pesticidas que contienen cadmio y la combustión de combustibles fósiles. La exposición de los organismos acuáticos a este metal incluyen mortalidad aguda, disminución de la abundancia de invertebrados bentónicos, disminución del crecimiento e inhibición de la capacidad reproductiva.</p>
<b>Cromo</b>	<b>(Cr)</b>	<p>El cromo es un elemento traza esencial para la vida, aunque a concentraciones elevadas tiene la capacidad de tornarse tóxico para los organismos acuáticos. En el medio acuático el cromo existe en dos estados de oxidación <math>\text{Cr}^{+6}</math> y <math>\text{Cr}^{+3}</math>. Las principales fuentes de cromo hacia el ambiente son las emisiones procedentes de industrias de ferrocromo y platinado de metales, combustión de carbón e hidrocarburos, producción de materiales refractarios, manufactura de cemento y la producción de aceros cromados. Los compuestos de cromo hexavalente se emplean en la industria metalúrgica para la producción de metal y aleaciones de cromo; además, son usados en la industria química en la elaboración de pinturas, tintas y explosivos. Los efectos tóxicos que genera la presencia de altos contenidos de cromo son similares a los descritos para los demás metales pesados, tales como disminución de la abundancia de invertebrados bentónicos, mortalidad y alteraciones conductuales. Se ha demostrado que las plantas son más sensibles que los peces a la exposición con cromo.</p>
<b>Plomo</b>	<b>(Pb)</b>	<p>El plomo es un elemento traza no esencial para la vida. Cuando se halla en concentraciones elevadas puede llegar a ser tóxico para la vida acuática. En la naturaleza, se presenta en los estados monovalente (<math>\text{Pb}^{+1}</math>), divalente (<math>\text{Pb}^{+2}</math>), siendo ésta la más estable, y tetravalente (<math>\text{Pb}^{+4}</math>). Los compuestos orgánicos con plomo son más tóxicos que sus equivalentes inorgánicos. El plomo en concentraciones elevadas produce aumento en la mortalidad, disminución de la abundancia y diversidad de invertebrados bentónicos y desarrollo anormal durante el crecimiento de los organismos.</p>



<b>Zinc</b> (Zn)	Este metal es un elemento traza esencial para los procesos biológicos de los organismos. Elevadas concentraciones de cinc en el ambiente pueden ser tóxicas para la biota de los sistemas acuáticos. En los ambientes acuáticos se presenta principalmente como $Zn^{+2}$ , aunque también puede formar complejos con los compuestos orgánicos. A pH neutro, el cinc se puede depositar en los sedimentos mediante procesos de adsorción a partículas de óxido de hierro y manganeso, arcillas minerales y materia orgánica. Las principales fuentes de cinc incluyen descargas de aguas residuales, actividades de minería, fundición y refinación de cinc, combustión de madera, incineración de residuos, producción de hierro y acero, y emisiones atmosféricas procedentes de distintas fuentes. Los organismos acuáticos exhiben un amplio rango de sensibilidades al zinc, sin embargo parece no haber diferencias sistemáticas en la toxicidad de esta sustancia entre peces, invertebrados y plantas acuáticas.
<b>Fósforo Total</b> (PT)	Frecuentemente, los ambientes marinos, estuarinos y lacustres reciben grandes cantidades de nutrientes procedentes tanto de fuentes puntuales como difusas, incluyendo residuos líquidos industriales y municipales, material de dragados, lodos de plantas de tratamiento, escurrimientos agrícolas y urbanos y depositación atmosférica de material particulado. Dentro de este grupo, que tienen relación con los procesos de enriquecimiento orgánico, se han considerado el fósforo total, el nitrógeno total y la materia orgánica. Este grupo de sustancias químicas no genera efectos tóxicos sobre el ambiente, sino que al alcanzar niveles superiores a los normales pueden ocasionar eventos de hipoxia en las aguas suprayacentes al fondo marino, debido a un alza en la demanda química de oxígeno necesaria para mineralizar aeróbicamente la materia orgánica. Si los niveles de estos nutrientes son aún más elevados, se manifiestan procesos reductores a nivel de la matriz sedimentaria, que si bien son normales en los estratos subsuperficiales de la columna de sedimento, bajo condiciones de enriquecimiento orgánico se manifiestan a nivel superficial de la misma.
<b>Nitrógeno Total</b> (NT)	
<b>Materia Orgánica</b> (MO)	La materia orgánica produce una demanda de oxígeno en el cuerpo receptor, pudiendo en condiciones extremas causar la muerte de la vida acuática (rango crítico 3 a 4 mg de oxígeno/ litro).
<b>Grasas y Aceites</b> (Ac y Gr)	Estos compuestos químicos producen efectos, tales como, forman películas superficiales que además de su efecto estético, interfieren con el intercambio de los gases (oxígeno) con la atmósfera; disminuyen la penetración de la luz, que es esencial para el proceso de fotosíntesis y con ello el desarrollo de los productores primarios; forma depósitos en la costa y en el fondo, y generan malos olores por su descomposición en el fondo.
<b>H.A.P.</b> (ppb)	La mayoría de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos también llamados hidrocarburos aromáticos polinucleares o materia orgánica policíclica, liberados al ambiente se originan de actividades antrópicas, tales como efluentes industriales y domésticos, incineración de residuos, derrames de petróleo, producción de asfaltos y la combustión de combustibles fósiles. En general, los HAP son carcinógenos, mutágenos o teratógenos, pero los HAP de bajo peso molecular, aún en concentraciones muy bajas, pueden causar efectos subletales, tales como inhibición del crecimiento, desarrollo celular anormal, prevalencia de enfermedades crónicas, trastornos reproductivos y reducción del período de vida.
<b>Coliformes-Fecales</b> (CF)	<b>NMP</b> Es un indicador de contaminación fecal, comprende más del 90% de los organismos coliformes de las heces humanas. Su presencia es indicativa de la posible aparición de patógenos fecales típicos.

