



**UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES
INGENIERÍA AMBIENTAL**

TRABAJO DE TITULACIÓN:

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD ACTUAL Y OBJETIVO DE
AGUA DE MAR EN BAHÍA QUINTERO V REGIÓN CHILE Y SU
COMPARACIÓN CON DIFERENTES ESCENARIOS DE CALIDAD
AMBIENTAL.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL.**

**ALUMNAS: FABIOLA CEPEDA CARTAGENA.
LORENA RODRÍGUEZ VALENZUELA.**

PROFESOR GUÍA: JULIO NEULING HERRERA.

VALPARAÍSO, DICIEMBRE 2006.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero
V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

*A mi familia, mis padres por el enorme sacrificio y amor que permitieron que me
convirtiera en la persona que soy, y mis hermanas por el apoyo y aliento.
A mis amigos, por el cariño, apoyo y amistad incondicional que me entregan en todo
momento.*

*Y en especial a mi pareja Gonzalo Ávila, a su amor y al constante apoyo que siempre me
ha brindado.
Fabiola.*

*A Dios por el don de la vida. A mi familia (todos), en especial a mis padres, hermano y tíos
por su amor incondicional y confiar en mí en todo momento. A mis amigos los cuales
siempre ocuparán un lugar en mi corazón.
Lorena.*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecemos a nuestro profesor guía, el Biólogo Marino Julio Neuling Herrera, quien no sólo nos orientó en conocimientos en la realización de este estudio, sino que además nos entregó otros puntos de vista en temas tanto académicos como de experiencia de vida.

Además queremos agradecer a La Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) de la ARMADA de Chile, en especial a la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático (DIRINMAR), por la cooperación y disposición hacia nosotras.

*A Mirna Patchke y Claudia Andunce por ayudar a que esto fuera posible
A nuestras familias y amigos por su apoyo incondicional.*

INDICE GENERAL

1. RESÚMEN	10
2. INTRODUCCIÓN	12
3. MARCO TEÓRICO	13
3.1. Definiciones generales	13
3.2. Principales fuentes de contaminación marina.....	15
3.3. Microcontaminantes inorgánicos	19
3.3.1. Metales pesados.....	19
3.3.2. Fuentes naturales y antropogénicas de metales pesados.....	21
3.3.3. Efectos de los metales pesados en organismos marinos.....	22
3.4. Microcontaminantes orgánicos	25
3.4.1. Hidrocarburos de petróleo	25
3.4.2. Fuentes naturales y antropogénicas de hidrocarburos de petróleo	25
3.4.3. Comportamiento del petróleo derramado al mar	26
3.4.4. Efectos de los hidrocarburos de petróleo en organismos marinos	29
3.5. Marco legal.....	35
3.5.1. Principales Normas Chilenas que regulan el uso del borde costero.....	35
3.5.2. Normativa Chilena destinada a prever, controlar y sancionar la contaminación de aguas marítimas y terrestres	37
3.5.3. Normativa Chilena relacionada con la descarga de residuos industriales líquidos a cuerpos de agua.....	39
3.5.4. Normativa Chilena relacionada con la Calidad Ambiental de los cuerpos de agua	44
3.6. Normas Secundarias de Calidad Ambiental para aguas marinas	46
3.7. Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL).....	51
3.8. Caracterización de la bahía de Quintero.....	54
3.8.1. Descripción de la bahía	54
3.8.2. Principales usos en la zona costera de bahía Quintero.....	59
3.8.3. Puerto Ventanas S.A	60
3.8.4. CODELCO división Ventanas (Ex ENAMI).....	64
3.8.5. Terminal Marítimo de Quintero	67

3.8.6. Terminal Marítimo ENAP a cargo de Refinería Aconcagua (Ex RPC).....	69
3.8.7. Pesquera Quintero S.A	70
3.8.8. Planta de Tratamiento de Aguas Servidas ESVAL y Emisario Submarino	72
4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	76
5. OBJETIVOS	78
Objetivo general	78
Objetivos específicos	78
6. METODOLOGÍA.....	79
6.1. Área de estudio	79
6.2. Estaciones de monitoreo en estudio.....	80
6.3. Criterios de selección de los parámetros a estudiar	85
6.4. Metodología de obtención de Calidad Actual y Calidad Objetivo de agua de mar	85
6.5. Análisis de datos	87
6.6. Identificación de valores dudosos u outliers	87
6.7. Análisis de límites de detección.....	87
6.8. Análisis de límites físicos.....	88
6.9. Nivel de los datos a estudiar.....	89
6.10. Determinación de la Calidad Actual de agua de mar en bahía de Quintero	89
6.11. Determinación de la Calidad Objetivo de agua de mar en bahía de Quintero.....	90
6.12. Comparación de la Calidad Objetivo con diferentes escenarios de Calidad Ambiental	92
7. RESULTADOS	93
7.1 Análisis de límites de detección y valores dudosos	93
7.2. Análisis de límites físicos.....	97
7.3. Nivel de datos a estudiar	111
7.4. Determinación de la Calidad Actual de agua de mar en bahía Quintero.....	113
7.4.1. Calidad Actual sector Norte	113
7.4.2. Calidad Actual sector Sur	114
7.4.3. Calidad Actual en ambos sectores de la bahía	115
7.5. Determinación de la Calidad Objetivo de agua de mar en bahía Quintero.....	116
7.5.1. Calidad Objetivo sector Norte	116
7.5.2. Calidad Objetivo sector Sur	118

8. DISCUSIÓN	120
9. CONCLUSIONES	129
10. BIBLIOGRAFÍA	132
11. ANEXOS	137

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Entradas naturales y antropogénicas de metales pesados al Medio, Ambiente marino.....	21
Tabla 2 . Respuestas y efectos de los metales pesados en los distintos niveles.	23
Tabla 3. Efectos comúnmente reportados por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) y petróleo, en la vida de organismos ^a	31
Tabla 4. Efectos y períodos de impacto en las distintas comunidades acuáticas, producto de derrames de petróleo.	33
Tabla 5. Clases de Calidad a considerar, para la elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental, para Aguas Marinas a Nivel Nacional.	48
Tabla 6. Valores máximos de concentración o rango de elementos o compuestos a considerar, para la elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental, para Aguas Marinas a Nivel Nacional.....	49
Tabla 7.Productos de embarque y desembarque, en Puerto Ventanas S.A.	60
Tabla 8. Coordenadas geográficas del punto de descarga del emisario submarino, de Planta de tratamiento de RILes, de CODELCO división Ventanas.	66
Tabla 9.Ubicación geográfica de la Planta de aguas servidas ESVAL y Emisario Submarino.....	72
Tabla 10. Características del Emisario Submarino, planta de tratamiento de aguas servidas ESVAL.	74
Tabla 11. Estaciones de monitoreo originales de POAL.	80
Tabla 12. Estaciones de monitoreo definitivas de POAL.	81

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Tabla 13. Localización geográfica y topónimo de estaciones de monitoreo en bahía de Quintero.	84
Tabla 14. Límites de detección (L.D) y valores dudosos (V.D) en sectores Norte y Sur. ..	93
Tabla 15. Límites de detección (L.D) extraídos en sectores Norte y Sur.....	95
Tabla 16. Análisis de límites físicos en sector Norte.....	97
Tabla 17. Análisis de límites físicos en sector Sur.....	104
Tabla 18. Nivel de datos a estudiar en sector Norte.	111
Tabla 19. Nivel de datos a estudiar en sector Sur.	112
Tabla 20. Calidad Actual de agua de mar en bahía Quintero sector Norte.	113
Tabla 21. Calidad Actual de agua de mar en bahía Quintero sector Sur.	114
Tabla 22. Calidad Actual de agua de mar en sectores Norte y Sur de bahía Quintero durante los tres períodos estacionales.	115
Tabla 23. Calidad Objetivo y Clase Objetivo de agua de mar en sector Norte de bahía Quintero, según 1º criterio.....	116
Tabla 24. Calidad Objetivo y Clase Objetivo de agua de mar en sector Norte de bahía Quintero, según 2º criterio.....	117
Tabla 25. Calidad Objetivo y Clase Objetivo de agua de mar en sector Sur de bahía Quintero, según 1º criterio.....	118
Tabla 26. Calidad Objetivo y Clase objetivo de agua de mar en sector Sur de bahía Quintero, según 2º criterio.....	119

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de industrias potencialmente generadoras de RILes v/s cuerpo receptor.....	16
Figura 2. Persistencia de los contaminantes en el Medio, Ambiente acuático.	20
Figura 3. Efecto del viento y otros factores en el proceso de intemperización del petróleo en agua de mar.	27
Figura 4. Escala temporal de factores que afectan el curso de un derrame de petróleo en el mar.....	28
Figura 5.Efectos letales y subletales de un derrame de petróleo sobre recursos pesqueros.	30
Figura 6. Modelo de circulación superficial de las aguas de bahía de Quintero.....	58
Figura 7. Mapa de localización de las estaciones de monitoreo POAL en bahía de Quintero consideradas en el presente trabajo.	83
Figura 8. Porcentaje de límites de detección por estación de monitoreo, en sector Norte de bahía Quintero.	94
Figura 9. Porcentaje de valores dudosos por estación de monitoreo, en sector Norte de bahía Quintero.	94
Figura 10. Porcentaje de límites de detección por estación de monitoreo, en sector Sur de bahía Quintero.	94
Figura 11. Porcentaje de valores dudosos por estación de monitoreo, en sector Sur de bahía Quintero.	95
Figura 12. Porcentaje de límites de detección extraídos por estación de monitoreo, en sector Norte de bahía Quintero.	96
Figura 13. Porcentaje de límites de detección extraídos por estación de monitoreo, en sector Sur de bahía Quintero.	96
Figura 14. Concentraciones promedio de los parámetros en estudio, durante los tres períodos estacionales en sector Norte de bahía Quintero.	100
Figura 15. Concentraciones promedio de los parámetros en estudio, durante los tres períodos estacionales en sector Sur de bahía Quintero.	107

INDICE DE FOTOS

Foto 1. Descarga de aguas servidas no tratadas, en el sector Norte de bahía Quintero, provenientes de la Comuna de Puchuncaví.	17
Foto 2. Vista aérea de la bahía de Quintero.	54
Foto 3. Puerto Ventanas S.A.	62
Foto 4. Instalaciones extra portuarias Puerto Ventanas S.A.	63
Foto 5. Fundición y Refinería, CODELCO división Ventanas.	64
Foto 6. Terminal Marítimo de Quintero.	68
Foto 7. Terminal Marítimo ENAP, a cargo de Refinería Aconcagua.	69
Foto 8. Flota pesquera Quintero S.A.	71
Foto 9. Cámara de descarga de Emisario Submarino ESVAL.	74
Foto 10. Ubicación del Emisario Submarino ESVAL.	75

1. RESÚMEN

Uno de los cuerpos de agua marinos de la V Región más vulnerable a la contaminación por metales pesados y otras sustancias, es la bahía de Quintero, debido a la gran variedad de usos que se desarrollan en ella y a la descarga de efluentes de las industrias existentes y proyectadas, tales como termoeléctricas, refinerías, terminales portuarios, etc.

El objetivo de este estudio es Generar antecedentes que permitan contribuir a la futura elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas Marinas de Quintero, a través de la Determinación de la Calidad Actual y de la Calidad Objetivo de dichas aguas y su comparación con diferentes posibles escenarios futuros de Calidad Ambiental. Para su comparación, la bahía fue dividida en dos sectores, Norte Y Sur, de acuerdo a sus usos principales. Se empleó la serie histórica de datos del Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) de DIRECTEMAR para bahía de Quintero, correspondiente a diferentes parámetros químicos medidos en muestras de agua de mar durante el período comprendido entre los años 1993 y 2005. Además se utilizó la “Guía CONAMA para el establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Marinas” (CONAMA, 2004).

De acuerdo a los criterios establecidos en dicha guía, la Calidad Actual del agua de mar correspondió a “muy buena” para el sector Norte y a “Muy buena” “buena” para el sector sur de la bahía.

Por su parte, la Calidad Objetivo fue determinada mediante dos criterios diferentes en cada sector. Según el primer criterio, que consistió en una comparación al nivel del 60% de similitud de la Calidad Actual previamente determinada, con cada una de las tres Clases de Calidad establecidas en la Guía de CONAMA (2004), los resultados indican que en ambos sectores las agua presentan un grado de calidad tal, que correspondería establecer como Calidad Objetivo para ellas la Clase 1 tanto en el sector Norte como Sur, excepto el caso del parámetro Cromo Total, para el que se debería aplicar un Plan de Descontaminación, en ambos sectores de la bahía. Lo anterior evidencia algunos

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

problemas de flexibilidad en la aplicación de esta metodología, lo que es analizado y discutido en el presente trabajo.

Como consecuencia de lo anterior, se aplicó un segundo criterio para establecer la Calidad Objetivo parámetro a parámetro , a partir de la Calidad Actual previamente determinada para cada parámetro , empleando el mismo procedimiento utilizado en la elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los ríos Aconcagua y Maipo (CONAMA 2005).

En este caso, los resultados indican que la Calidad Ambiental para cada parámetro corresponderá a la Calidad actual más desfavorable para cada parámetro por período estacional, tanto para el sector Norte como Sur.

Las consecuencias de este criterio presuponen un futuro para la bahía mas ligado a un escenario de Calidad Ambiental más compatible con usos industriales y aguas de mediana calidad, que un escenario de usos ligados a la conservación de las comunidades acuáticas que requieren excelente calidad.

2. INTRODUCCIÓN

Chile cuenta con una extensa costa, desde su límite Norte (18° 21' 03") hasta las islas Diego Ramírez, mide aproximadamente 4.080 Km de los cuales 2.560 Km corresponden a la llamada costa expuesta entre Arica y el Canal de Chacao, y los 1.515 Km restantes al frente expuesto de la zona de los archipiélagos australes [Universidad de Chile, 2002]. Según Sorensen (1983) el término Zona Costera corresponde "al área en la cual los procesos que dependen de la interacción tierra y mar son más intensos", su delimitación física depende de aspectos de naturaleza administrativa, operativa, morfológica y ecosistémica [Weerlinger, 2004].

Históricamente las zonas costeras han recibido impactos producto de las actividades humanas desarrolladas, tanto en el mismo sistema marino como en tierra. Entre estas actividades destaca el uso dado en los últimos 50 años al medio marino, como cuerpo receptor de desechos, debido al establecimiento de un gran número de asentamientos industriales en la costa, tanto por la cercanía al lugar de recepción de la materia prima, como por la histórica falta de control de la disposición final de residuos industriales líquidos (RILes), afectando los ecosistemas marinos, debido a la alteración de la Calidad Ambiental de los cuerpos de agua [Castilla & Largier, 2002].

A nivel regional, la bahía de Quintero está sometida a variados riesgos ambientales, ya que por el intenso uso portuario e industrial que en ella tiene lugar, se suelen generar diversos impactos en sus aguas, en su biota y en sus sedimentos. Dentro de este tipo de usos cabe citar por ejemplo, Central Termoeléctrica Ventanas de Gener S.A., Puerto Ventanas S.A., Codelco División Ventanas (Ex ENAMI), Terminal Marítimo de Quintero (OXIQUIM), Terminal Marítimo de ENAP Refinerías Aconcagua (ex RPC), Pesquera Quintero S.A., y Planta de Tratamiento de aguas servidas de ESVAL, entre otros.

En este sector se encuentran también usos turísticos y recreativos. La actividad se desarrolla principalmente en la época estival con sus 16 playas para bañistas y deportes náuticos dentro de las cuales se encuentran: El Bato, Loncura, Albatros, El Manzano, El Durazno, El Molino, El Caleuche, Las Conchitas, El Trauco, Los Enamorados entre otras. Además esta bahía presenta un Club de yates [Gestión Ambiental Consultores, 2005].

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Definiciones generales

Existe una serie de definiciones aplicables al presente trabajo que es necesario establecer:

Según GESAMP (Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution) Contaminación Marina es "... la introducción por el hombre, directa o indirectamente, de sustancias o energías en el medio marino, incluidos los estuarios, que produzcan o puedan producir efectos nocivos tales como daños a los recursos vivos y a la vida marina, peligros para la salud humana, obstaculización de las actividades marítimas, incluidos la pesca y otros usos legítimos del mar, deterioros de la calidad del agua de mar para su utilización y menoscabo de los lugares de esparcimiento" [FAO, 1992].

Por otra parte la Ley General de Bases del Medio Ambiente 19.300 (LGBMA) en su Título I Art. 2, define diversos conceptos que se relacionan directamente con este trabajo, los cuales se describen a continuación [CONAMA, 1994]:

Letra c) define Contaminación como "la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentración o concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente".

Letra d) define Contaminante como "todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental"

Letra e) define como Daño Ambiental a "toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al Medio, Ambiente o a uno o más de sus componentes"

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Letra k) define Impacto Ambiental como “la alteración del Medio, Ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada”

Letra m) define Medio Ambiente Libre de Contaminación como “aquel en el que los contaminantes se encuentran en concentraciones y períodos inferiores a aquellos susceptibles de constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental”

En cuanto a la Normativa Ambiental esta misma ley define los siguientes conceptos: En su Letra m) define Norma Primaria de Calidad Ambiental como “aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población”

Letra ñ) define Norma Secundaria de Calidad Ambiental como “aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del Medio, Ambiente, o la preservación de la naturaleza”

Letra o) define Normas de Emisión como “las que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora”

En cuanto a la aplicación de planes de prevención y descontaminación define los siguientes conceptos:

Letra t) define Zona Latente como “aquella en que la medición de la concentración de contaminantes en el aire, agua o suelo se sitúa entre el 80% y el 100% del valor de la respectiva norma de Calidad Ambiental” y

Letra u) define Zona Saturada como “aquella en que una o más Normas de Calidad Ambiental se encuentran sobrepasadas”.

3.2. Principales fuentes de contaminación marina

Las fuentes de contaminación marina se pueden clasificar, según su ubicación geográfica, en fuentes terrestres y acuáticas. Por su cantidad, características, volumen y frecuencia de sus descargas, las que generan mayor impacto en el ambiente marino son las terrestres. De acuerdo a Windom (1992), los contaminantes asociados a estas fuentes pertenecen a siete categorías principales, que se considera que tienen efectos adversos reales o percibidos a escala global: basura, aguas servidas, metales pesados, petróleo, sedimentos movilizados antropogénicamente, compuestos orgánicos sintéticos y nutrientes [Kennish, 1997].

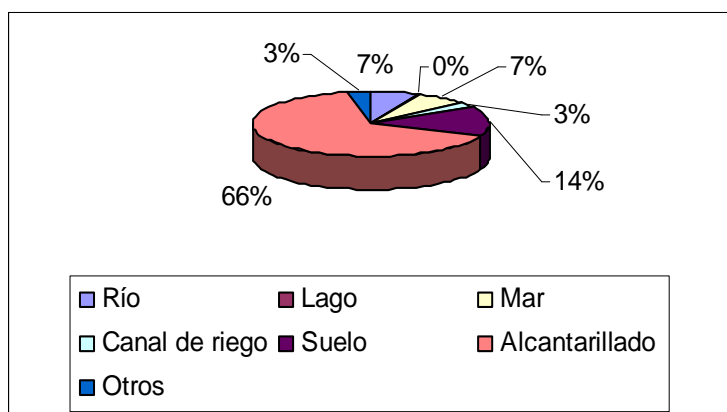
Las dos principales fuentes terrestres de contaminación marina, corresponden a los sistemas de alcantarillado, por donde se descargan las aguas servidas al mar (el 21% de la población chilena vive a menos de 10 kilómetros de la costa) [OECD y CEPAL, 2005] y los RILes, que son descargados al mar directamente desde todas las ciudades costeras, además de muchas del interior, a través de descargas indirectas por los ríos, como consecuencia de la actividad industrial y la presencia de núcleos urbanos importantes, como por ejemplo Santiago y Valparaíso, con altas densidades poblacionales [Universidad de Chile, 1999].

En Chile, de un universo de 2.500 industrias analizadas para el Catastro Nacional de descargas de RILes, 1.780 son industrias potencialmente generadoras de RILes. Aproximadamente el 35% (623) de ellas, descargan en las masas o cuerpos de agua y aproximadamente el 66% (1.157) lo hacen a los sistemas de alcantarillados [SISS, 1999]. A su vez, el destino final de prácticamente todas las descargas a cuerpos de agua dulce es el mar.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Una visión más detallada se puede obtener a continuación:

Figura 1. Porcentaje de industrias potencialmente generadoras de RILes v/s cuerpo receptor.



Fuente: SISS. Diagnóstico de los Residuos Industriales (1999).

Entre las zonas más afectadas en Chile por la descarga de RILes se cuenta la bahía de Quintero, Concepción y San Vicente, y los Ríos Maipo, Aconcagua, Maule, Andalién y Bío Bío. A la fecha, ha comenzado a disminuir el impacto de la contaminación, debido en parte, a la entrada en vigencia de algunos de los instrumentos de Gestión Ambiental establecidos en la Ley de Bases del Medio Ambiente [CONAMA, 1994], como son el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) que ha obligado a los titulares de proyectos que fueron evaluados ambientalmente, a tratar las aguas residuales resultantes de sus operaciones; el Decreto Supremo 90/2000 que aporta a la mejora de la calidad de las aguas, mediante el control de los contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a cuerpos de agua receptores, como son las aguas marinas y continentales superficiales de la República, el procedimiento establecido en el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión; y los procedimientos para establecer Planes de Prevención y de Descontaminación [Universidad de Chile, 2002].

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Foto 1. Descarga de aguas servidas no tratadas, en el sector Norte de bahía Quintero, provenientes de la Comuna de Puchuncaví.



Fuente: Elaboración propia (2005).

Dentro de las fuentes terrestres se encuentran también los residuos provenientes de la agricultura (pesticidas, fertilizantes, etc.), los cuales suelen alcanzar el mar desde zonas interiores a través de los ríos, constituyendo la denominada “Contaminación difusa” que contrasta con la contaminación puntual provenientes de fuentes fijas como industrias o emisarios submarinos [Weerlinger, 2004].

Por su parte, las fuentes acuáticas corresponden a descargas, emisiones o vertimientos efectuados directamente en un curso o cuerpo de agua, como puede ser el caso de la contaminación causada por derrames de hidrocarburos desde un buque, accidentes químicos, aguas de descarga, vertimientos de basura, desechos de dragado, derrames accidentales durante las operaciones de carga y descarga de buques, etc. También en relación a las actividades portuarias, existen descargas desde fuentes terrestres, como el escurrimiento de materiales almacenados a granel y polvos fugitivos movilizados por la acción del viento. A lo anterior debe agregarse a su vez el impacto generado por el

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

drenaje de aguas lluvias que suelen arrastrar contaminantes desde el suelo o calles hacia el mar u otro cuerpo de agua [CONAMA (a), 2004].

Estas descargas son una importante fuente de aporte de contaminantes, ya que van en último término al mar, produciendo una disminución de la calidad de las aguas marinas, sedimentos y comunidades de organismos marinos en determinados cuerpos de agua, especialmente en aquellos de mayor vulnerabilidad o de circulación oceánica restringida o con escasa capacidad de renovación de sus aguas, como ocurre por ejemplo, en bahía San Vicente, Talcahuano, o en Puerto Chacabuco. En consecuencia, en tales cuerpos de agua no es extraño encontrar índices o evidencias concretas de episodios de eutrofización, o alteraciones por fuerte presencia de metales pesados, hidrocarburos, etc, lo que en último término afectará severamente los usos actuales o potenciales del cuerpo de agua [Castilla & Largier, 2002].

3.3. Microcontaminantes inorgánicos

3.3.1. Metales pesados

Los metales pesados son todos aquellos elementos metálicos con densidad igual o superior a 5 g/cc. El concepto abarca 60 elementos, de casi todos los grupos del sistema periódico, muy diversos y algunos de síntesis artificial [CONAMA, 2000].

El término Traza, se refiere a aquellos elementos que están presentes en un sistema en concentraciones que se pueden medir en ppm (partes por millón) o menores (ppb: partes por billón, ppt: partes por trillón) [Weerlinger, 2004].

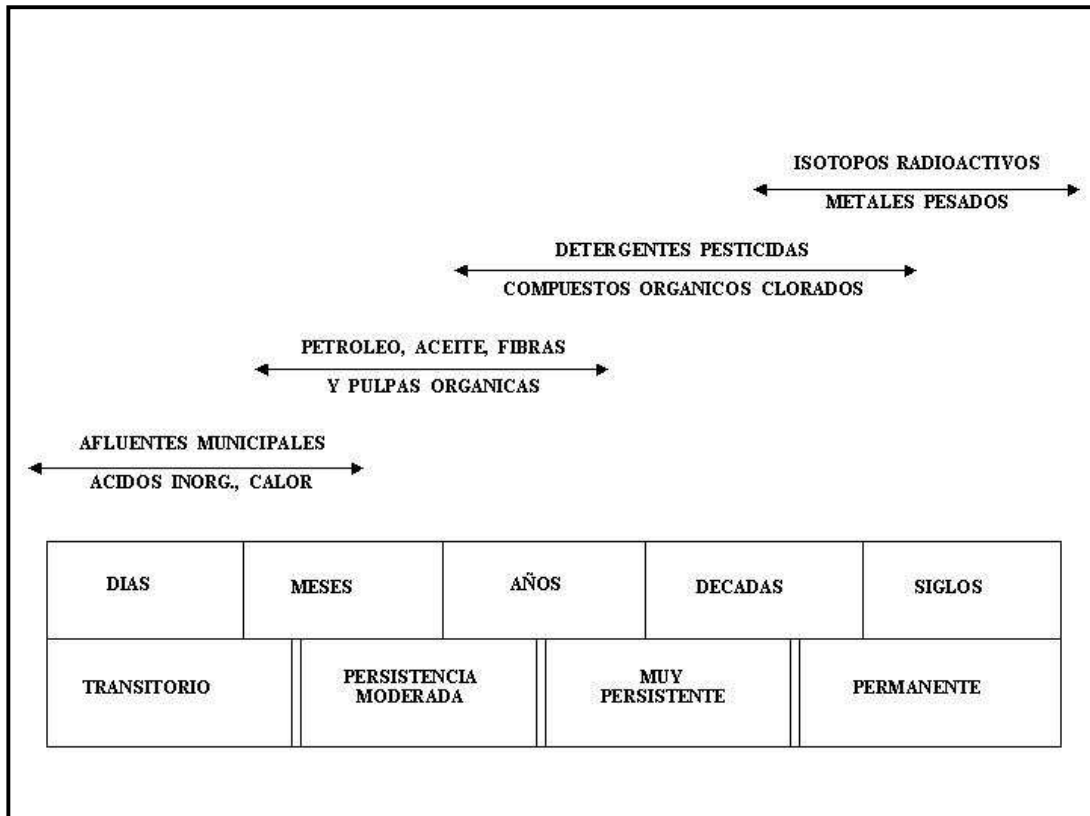
A nivel de trazas, algunos metales en estado disuelto son constituyentes normales de los organismos marinos, ya que se utilizan en pigmentos respiratorios, enzimas, vitaminas y otros procesos metabólicos [Gerar, 1999], siendo esenciales para el normal crecimiento y desarrollo. Sin embargo, a niveles tóxicos, representan uno de los mayores factores de riesgo para los organismos marinos costeros ya que muchos de estos metales participan en los ciclos biológicos lo que afecta su distribución y abundancia [Montaño, 1993].

Los metales pesados son constituyentes naturales de la corteza terrestre, pero las actividades humanas como centros industriales y mineros, han alterado en algunas calidades drásticamente los ciclos biogeoquímicos y el balance de estos elementos [Escobar, 2002].

Tal como se aprecia en la Figura 2, los metales pesados son contaminantes estables y persistentes en el ambiente y no pueden ser degradados o destruidos, por lo tanto tienden a acumularse en los suelos y sedimentos alcanzando niveles excesivos que afectan la biota marina y ponen en riesgo el consumo de productos del mar [Weerlinger, 2004].

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Figura 2. Persistencia de los contaminantes en el Medio, Ambiente acuático.



Fuente: Kennish M. (1997) .Estuarine and Marine Pollution.

3.3.2. Fuentes naturales y antropogénicas de metales pesados

Un problema que cada día adquiere más importancia en las zonas marítimas costeras, es la contaminación por metales pesados.

Las entradas de los contaminantes al mar pueden ser por fuentes naturales o antropogénicas [Tabla 1]. Las fuentes antropogénicas provienen de las descargas de desechos industriales y urbanos, las emisiones de combustión y las actividades minero-metalúrgicas [Obre, 1986]. Los RILes, por ejemplo, aportan al medio hídrico metales pesados tóxicos, tales como Arsénico, Cadmio, Mercurio, Plomo, Cobre, Zinc, Berilio, Cobalto, Níquel, Selenio, Cromo y Molibdeno [Congress of the Unites states, 1987].

Tabla 1. Entradas naturales y antropogénicas de metales pesados al Medio, Ambiente marino.

NATURAL	ANTROPOGÉNICO
<p>APORTACIÓN COSTERA</p> <p>Ríos Glaciares Acción de las olas Erosión</p>	<p>PROCESOS DIRECTOS</p> <p>Minería Altos hornos Refinerías</p>
<p>APORTACIÓN DEL FONDO MARINO</p> <p>Vulcanismo Actividad tectónica Procesos químicos de sedimentos</p>	<p>PROCESOS INDIRECTOS</p> <p>Galvanizados Catalizadores Industria petroquímica</p>
<p>ATMOSFÉRICAS</p> <p>Partículas Vapor mercurio</p>	<p>ATMOSFÉRICAS</p> <p>Combustión de combustibles fósiles</p>

Fuente: Gerald K. (1999), Ingeniería Ambiental, Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión.

3.3.3. Efectos de los metales pesados en organismos marinos

Un gran número de metales son considerados contaminantes del Medio, Ambiente marino variando en forma notable la toxicidad de unos a otros. Una vez en el agua, algunos de estos metales se mantienen en solución en la columna líquida, mientras que otros se depositan en los sedimentos del fondo o se incorporan a plantas y animales acuáticos formando parte de la cadena alimentaria [Montaño, 1993]. Por ejemplo el zooplancton, que representa uno de los alimentos más importantes para los peces, tiende a acumular metales pesados por combinación de éstos con proteínas tales como las metalotioneínas [Ober, 1986].

Los organismos marinos tienden a bioacumular metales pesados presentes en el Medio, Ambiente y se adaptan a las fluctuaciones normales de su ingestión. En el medio marino las concentraciones de metales pesados disueltos son tan pequeños que resulta fácil que aumenten hasta alcanzar niveles que los organismos de estas aguas nunca habían enfrentado con anterioridad, los que pueden ser muy tóxicos e incluso matarlos directamente [Gerar, 1999]. Sin embargo, no siempre alcanzan un efecto letal en los organismos, pero producen una serie de efectos reconocibles en las especies, tales como cambios morfológicos, efectos inhibitorios y cambios en el comportamiento. Estos efectos incluyen, entre otros, deformaciones físicas, inhibiciones en el crecimiento, pérdida del apetito o retardo en la madurez sexual [Establier, 1977].

En la Tabla 2 se indican las respuestas, de los distintos niveles: celular, organismos, poblaciones y comunidades [Kennish, 1998].

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Tabla 2 . Respuestas y efectos de los metales pesados en los distintos niveles.

NIVEL	RESPUESTA	EFFECTOS EN EL SIGUIENTE NIVEL
Célula	Intoxicación Metabolismo perjudicado Daño celular	Trastornos en procesos celulares y energéticos
Organismos	Desintoxicación Cambios fisiológicos Cambios en el comportamiento Susceptibilidad a enfermedades Reducción del esfuerzo reproductivo Disminución de la viabilidad larval Reajustarse en funciones	Adaptación Disminución de la representatividad poblacional Regulación y adaptación de la población
Población	Alteración en inmunidad Cambios en edad/tamaño y estructura Reclutamiento, mortalidad y biomas	Impactos negativos en especies

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Continuación **Tabla 2.**

NIVEL	RESPUESTA	EFECTOS EN EL SIGUIENTE NIVEL
<p>Comunidades</p>	<p>Modificación en el rendimiento reproductivo y otras características demográficas</p>	<p>Productividad en especies y comunidades coexistiendo</p> <p>Adaptación de poblaciones</p>
	<p>Cambios en abundancia de especies , distribución de especies y biomas</p>	<p>Reposición de competidores con mas adaptación</p>
	<p>Alteración en las interacciones tróficas</p>	<p>Reducción de la producción secundaria</p>
	<p>Adaptación al ecosistema</p>	<p>Sin cambios en la estructura de comunidades y funciones</p>

Fuente: Kennish M. (1998). Pollution impacts on marine biotic communities.

3.4. Microcontaminantes orgánicos

3.4.1. Hidrocarburos de petróleo

El petróleo crudo está compuesto mayoritariamente por una gran variedad de hidrocarburos, mezcla que además incluye compuestos no hidrocarbúricos que contienen Azufre, Nitrógeno, Oxígeno y trazas de compuestos metálicos como Cobre, Níquel, Vanadio, Hierro y otros [Kennish, 1997].

De acuerdo a Goldberg (1976), los hidrocarburos pueden dividirse en tres clases:

- Hidrocarburos o alcanos lineales (parafinas) y otros ramificados (isoparafinas), que contienen de 4 a más de 30 átomos de carbono.
- Hidrocarburos saturados cíclicos (cicloalcanos) denominados naftenos, tales como el ciclopentano y ciclohexano.
- Hidrocarburos aromáticos , entre ellos bencenos, tolueno, los tres isómeros del dimetilbenceno (xilenos), los isómeros del trimetilbenceno, el naftaleno , los alquinaftalenos y otros aromáticos policíclicos.

3.4.2. Fuentes naturales y antropogénicas de hidrocarburos de petróleo

En el océano existen tres fuentes principales de hidrocarburos de petróleo: las sustancias producidas por el hombre, los hidrocarburos producidos por los organismos marinos y los hidrocarburos infiltrados de un modo natural desde el fondo del mar [Goldberg, 1976].

De los hidrocarburos de origen antropogénico se destaca el aporte del flujo atmosférico, del cual una parte penetra en el sistema oceánico debido al arrastre por las lluvias, a la precipitación directa o a las interacciones aire-mar. Dos tercios proceden de vehículos de transporte, como automóviles y el resto procede de la combustión de petróleo en instalaciones físicas y en procesos industriales como también de la evaporación de disolventes y de gasolina [Goldberg, 1976]. Además de la contribución atmosférica, se encuentran las aguas servidas y aguas domésticas residuales, que corresponden al flujo

de hidrocarburos de petróleo depositados en las zonas urbanas, y los flujos de petróleo en el océano, producto de derrames accidentales por embarcaciones

Además, las operaciones de carga y descarga, el lavado de los tanques y aceites de desecho de las embarcaciones que realizan el transporte marítimo [Weerlinger, 2004] y las operaciones de perforación y extracción frente a la costa [Goldberg, 1976].

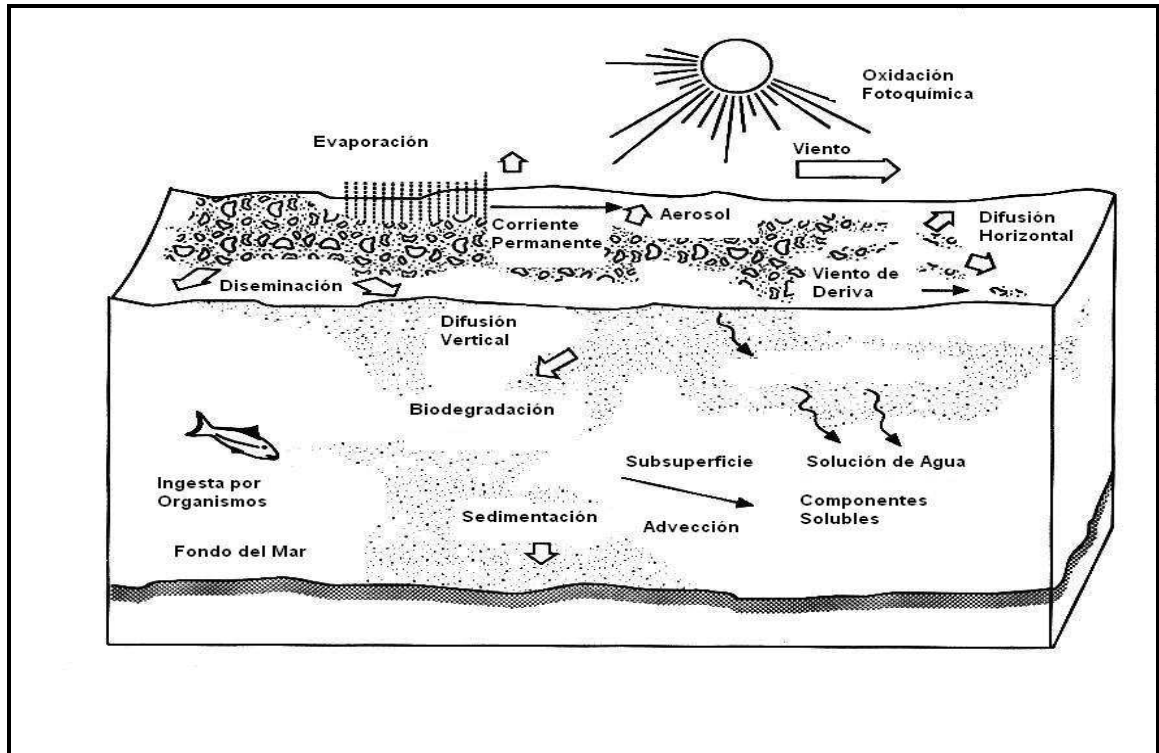
Dentro de las fuentes de hidrocarburos en el mar por organismos marinos, se encuentran los hidrocarburos de origen biogénico, los cuales son sintetizados tanto por los organismos marinos como terrestres, siendo liberados ya sea como producto metabólico o de descomposición.

Los hidrocarburos provenientes del fondo del mar, son de origen mineral y provienen de infiltraciones submarinas y costeras, desgaste de suelos o bien de sedimentos antiguos, y en menor medida, de la diagénesis temprana de la materia orgánica en el ambiente marino [Goldberg, 1976].

3.4.3. Comportamiento del petróleo derramado al mar

Cuando el petróleo se vierte al mar sufre un proceso denominado intemperización. La tendencia de la mayor parte del hidrocarburo, al ser menos denso que el agua, es extenderse sobre la superficie del agua formando una delgada película. Los componentes menos pesados que son los más tóxicos se evaporan o disuelven en el agua. En el caso de la evaporación, ésta depende fundamentalmente de la presión de vapor de los hidrocarburos a la temperatura del agua de mar, pero la presencia de los vientos fuertes aumentan el proceso [Figura 3]. Así, cuanto más agitado está el mar, más rápido es el proceso de evaporación [IMCOL, 1981]. En el caso de la disolución, el hidrocarburo será más soluble en el agua de mar, cuanto menor sea su peso molecular y mayor sea su polaridad, de modo que sólo las partes ligeras son relativamente solubles en tanto que la gran mayoría de los componentes no se disuelven en el agua de mar y tienden a formar la película antes mencionada [Goldberg, 1976].

Figura 3. Efecto del viento y otros factores en el proceso de intemperización del petróleo en agua de mar.



Fuente: Kennish M. (1997) .Estuarine and Marine Pollution.

También están los hidrocarburos inmiscibles, que se emulsionan o dispersan en el agua y los residuos más pesados, que forman bolas de alquitrán, éstas flotan y son comunes en las aguas oceánicas, en especial en torno a las rutas marítimas [Gerar, 1999].

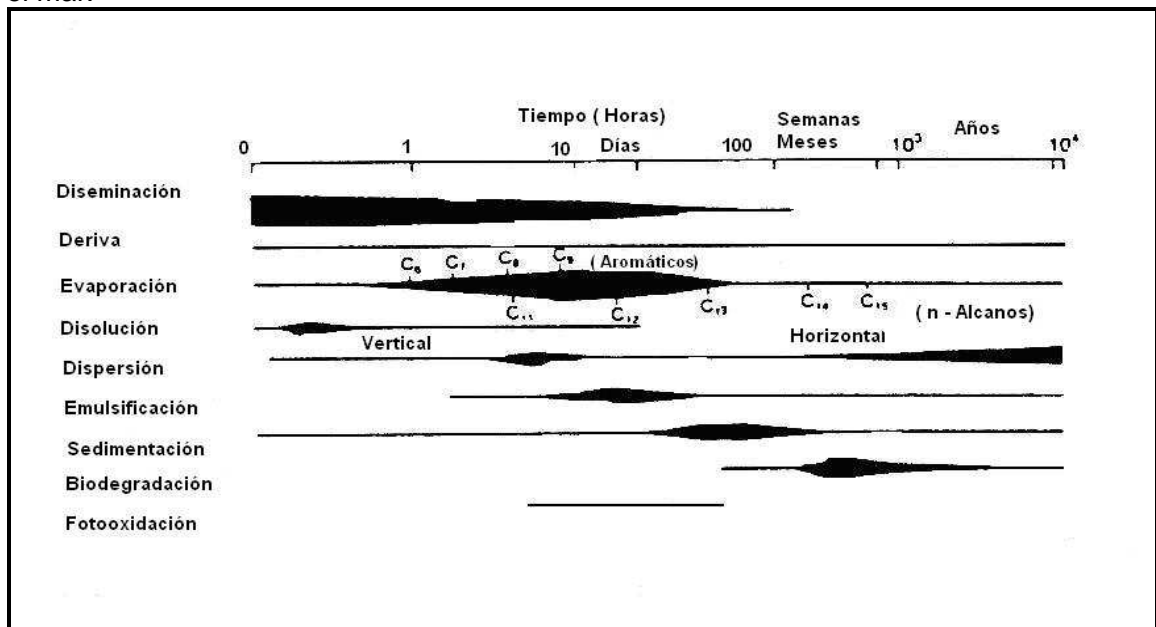
La exposición de los compuestos del petróleo al oxígeno y a la luz en las aguas superficiales puede provocar su oxidación, lo que también contribuye a la descomposición o degradación final del derrame [Goldberg, 1976]. Como esta reacción ocurre en la superficie, habrá más oxidación cuando el hidrocarburo se ha extendido en una delgada película. La radiación ultravioleta del sol produce una oxidación fotoquímica, que puede implicar la degradación hasta alrededor de 1% del derrame cada día, dependiendo de la latitud e intensidad solar [IMCOL, 1981].

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

La expansión horizontal de la mancha sobre la superficie del agua ocurrirá aún en ausencia total de vientos y corrientes marinas, y se debe a la interacción de varias fuerzas involucradas en el proceso, tales como la fuerza de gravedad, contrarrestada por las fuerzas de inercia y la resistencia de fuerzas de viscosidad [IMCOL,1981]. Esta dispersión se manifiesta en muchas molestias visibles: la suciedad de las playas, el recubrimiento de las aguas superficiales con películas y conglomerados de alquitrán y la presencia de aves muertas o moribundas, además la película obstaculiza o impide el paso de la luz solar provocando con ello un detrimento de la actividad fotosintética del fitoplancton [IMCOL,1981]. La extensión de cada uno de estos procesos en el tiempo obedece a diferentes características y tiene durabilidades que se pueden medir en una escala temporal muy amplia, que va en el rango desde horas hasta años [Figura 4].

En la zona intermareal, los efectos de un vertido de petróleo son aún más visibles en las zonas costeras altas que en las zonas medias y bajas. Sin duda, ésto se debe a que el contaminante es empujado hacia la costa con cada marea alta, lo que provoca su acumulación en la región de marea alta [Gerar, 1999].

Figura 4. Escala temporal de factores que afectan el curso de un derrame de petróleo en el mar.



Fuente: Kennish M. (1997) .Estuarine and Marine Pollution.

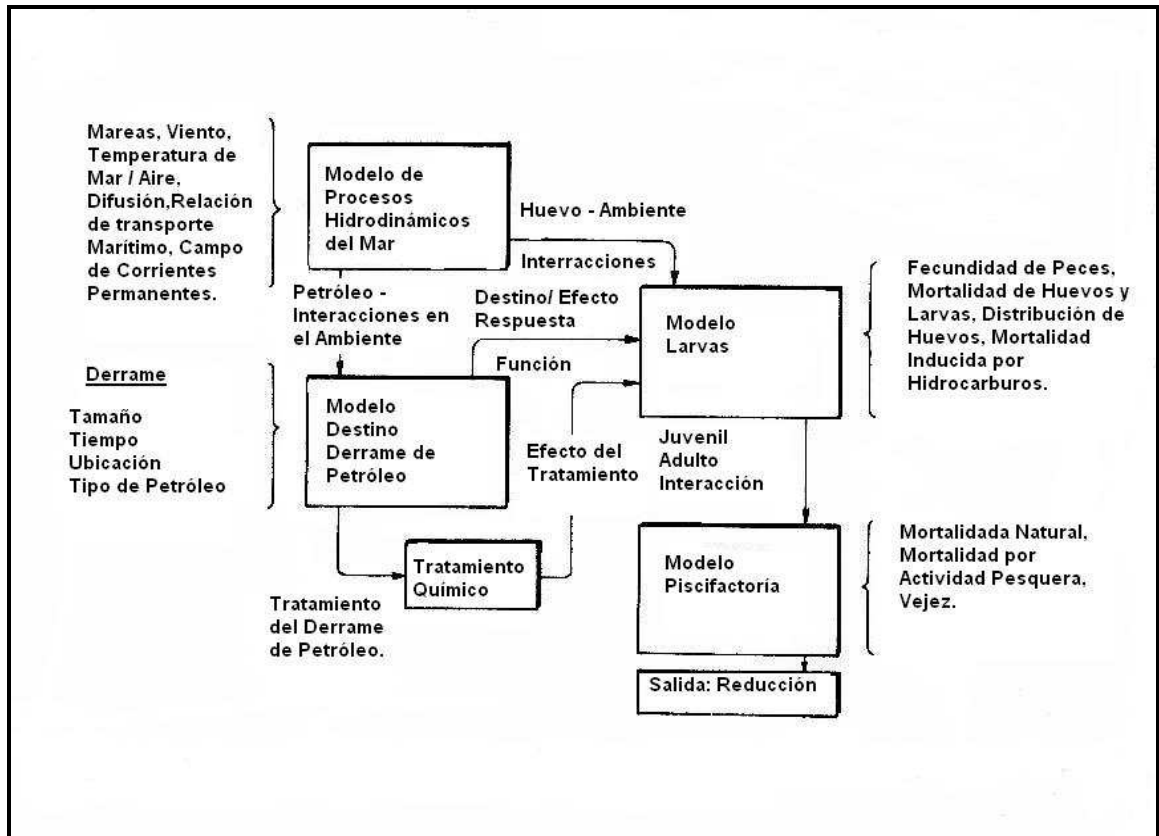
3.4.4. Efectos de los hidrocarburos de petróleo en organismos marinos

Los efectos de los hidrocarburos de petróleo en los organismos marinos, pueden ser clasificados en cinco reacciones:

Toxicidad letal directa: Se refiere a la intervención de hidrocarburos en procesos celulares y subcelulares, especialmente en actividades de membranas, que llevan directamente a la muerte del organismo. Los organismos marinos adultos pueden presentar efectos letales en concentraciones de hidrocarburos aromáticos solubles en el rango de 1 a 100 ppm y las etapas larvianas pueden ser sensibles a concentraciones tan bajas como 0,1 ppm [Kennish 1997 & Moore 1976].

Alteración subleval: Implica interferencias en procesos fisiológicos y celulares, pero no incluyen efectos que causen muerte inmediata. Entre otros efectos incluyen la alteración del comportamiento, especialmente en la alimentación, en el sentido que un animal afectado puede encontrarse en desventaja para competir en la búsqueda de alimento; también en la reproducción, en donde dichos procesos son perturbados por el enmascaramiento de la presencia de feromonas, o también se puede disminuir la viabilidad de los gametos o matar las formas larvales de los animales marinos [Figura 5] [Kennish 1998 & Goldberg 1976].

Figura 5. Efectos letales y subletales de un derrame de petróleo sobre recursos pesqueros.



Fuente: Kennish M. (1997) .Estuarine and Marine Pollution.

Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP), a concentraciones largas y uniformes, pueden resultar en efectos subletales, tales como inhibición en el crecimiento, desarrollo celular anormal, prevalencia de enfermedades crónicas, debilitación en la reproducción, y disminución en la esperanza de vida. Respuestas agudas de la biota marina para este compuesto son observadas en concentraciones de aproximadamente 0,2 a 10 ppm, y respuestas subletales en niveles de 5 a 100 ppb. La toxicidad de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) se presenta por aquellas interferencias con la función de la membrana celular y los sistemas de asociación membrana-enzima [Kennish, 1997].

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

En la Tabla 3 se observan algunos de los efectos comúnmente reportados por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) y petróleo, en la vida de organismos acuáticos.

Tabla 3. Efectos comúnmente reportados por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) y petróleo, en la vida de organismos ^a.

EFFECTOS	PLANTAS	INVERTEBRADOS	PECES	REPTILES Y ANFIBIOS	AVES	MAMÍFEROS
Organismo individual						
Muerte	x	x	x	x	x	x
Deterioro en reproducción	x	x	x	x	x	
Reducción en crecimiento y desarrollo	x	x	x	x	x	
Deterioro en sistema inmune						x
Alteración en función endocrina			x		x	
Alteración en fotosíntesis	x					
Malformaciones			x		x	
Tumores y lesiones		x	x	x		x
Cáncer			x	x		x
Alteración en el comportamiento		x	x	x	x	x
Desórdenes sanguíneos		x	x	x	x	x
Desórdenes en Hígado y Riñón			x		x	x
Hipotermia					x	x
Inflamación en tejido epitelial fino					x	x
Alteración en la función cardíaca y respiratoria		x	x	x		
Deterioro en función glandular				x	x	
Hiperplasia			x			
Erosión en aletas			x			
Grupo de Organismos						
Cambios en la población local	x	x			x	
Alteración en la estructura de comunidades	x	x			x	
Cambios en Biomas						

Fuente: Kennish M. (1997) .Estuarine and Marine Pollution.

^a Algunos efectos han sido observados en el medio natural y en laboratorio, mientras que otros han sido solo inducidos en experimentos de laboratorio.

^b Poblaciones de Clorofilas (Microalgas) y plantas que no poseen clorofila (Bacterias, Hongos filamentosos, Levaduras) , pueden incrementar o decrecer en presencia de petróleo , mientras que las poblaciones de animales decrecen.

Efectos de cubrimiento por petróleo: Sus efectos principales son asfixia, interferencia mecánica en el movimiento y alimentación, que afecta principalmente a especies sésiles intermareales, plancton, aves y mamíferos marinos, estos últimos, más susceptibles al cubrimiento [Kennish 1998 & Goldberg 1976]. Mención aparte, merece el fenómeno denominado “tainting” (impregnación) en donde el petróleo no mata al organismo, pero lo inutiliza como recurso al cambiar sus cualidades organolépticas, fenómeno especialmente sensible en el caso de derrames que ocurran cerca de áreas dedicadas a la Acuicultura [McIntyre, 1982].

Incorporación de hidrocarburos en organismos: Pueden causar acumulación potencial de HAP, especialmente cancerígenos en varios organismos marinos, los que se absorben con facilidad en el intestino de animales marinos y tienen una descomposición metabólica lenta. En contraste, los humanos no absorben en grado apreciable estos hidrocarburos en el tracto intestinal [IMCOL, 1981].

Cambios en el hábitat: Incluyen efectos de alteración en el Medio, Ambiente físico o químico que determinan que ciertas especies que se encuentran normalmente en un área, no puedan hacerlo. Ésto afecta principalmente a especies intermareales y especies bentónicas submareales. La naturaleza a largo plazo de este efecto y la degradación lenta del petróleo en sedimentos lleva a un tiempo de residencia del orden de tres a diez años, dependiendo del tamaño de las partículas sedimentarias, nutrientes, luz, temperatura y exposición a corrientes [Kennish 1998 & IMCOL 1981].

En la Tabla 4 se indican los efectos y períodos de impacto en las distintas comunidades acuáticas, producto de derrames de petróleo.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Tabla 4. Efectos y períodos de impacto en las distintas comunidades acuáticas, producto de derrames de petróleo.

COMUNIDAD	EFEECTO	PERIODO DE IMPACTO
<ul style="list-style-type: none"> • Plancton, Biomasa de fitoplancton y producción primaria • Zooplancton • Huevos de peces 	<p>Disminución, debido a la reducción de Clorofila a</p> <p>Reducción de la población; Contaminación</p> <p>Disminución en la incubación y sobrevivencia</p>	Días a semanas, durante la ocurrencia de “marea negra”
<p>Bentos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anfípodos, Isópodos y Ostracodos • Moluscos, especialmente bivalvos • Poliquetos oportunistas • Conjunto de comunidades Macro bentónicas 	<p>Mortalidad inicial; disminución de la población</p> <p>Mortalidad inicial; Contaminación ;histopatología</p> <p>Aumento de la población</p> <p>Disminución de la biodiversidad</p>	<p>Semanas a años dependiendo Del petróleo retenido</p> <p>Características de hábitat</p>
<p>Intermareal y Litoral</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crustáceos de la microfauna, cangrejos • Moluscos • Poliquetos oportunistas 	<p>Mortalidad inicial; disminución de la población</p> <p>Mortalidad inicial; contaminación histopatología incremento de la población.</p>	<p>Semanas a años dependiendo del petróleo retenido</p> <p>Características del hábitat</p>

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Continuación **Tabla 4.**

COMUNIDAD	EFECTO	PERIODO DE IMPACTO
<ul style="list-style-type: none"> • Conjunto de comunidad de Algas <p>Plantas Terrestres</p> <p>Peces</p> <ul style="list-style-type: none"> • Huevos y larvas • Adultos 	<p>Disminución de la biodiversidad , disminución de la biomasa, cambio de especies</p>	<p>Semanas a meses</p>
<p>Aves</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adultas 	<p>Disminución de la incubación y sobrevivencia</p> <p>Mortalidad inicial; contaminación ; histopatología</p> <p>Mortalidad; disminución de la población</p>	<p>Años</p>

Fuente: Kennish M. (1998) .Pollution impacts on marine biotic communities.

3.5. Marco legal

3.5.1. Principales Normas Chilenas que regulan el uso del borde costero

El borde costero del litoral posee variados usos, los cuales pueden producir algún grado de impacto en el Medio, Ambiente es por ésto que la La Política Nacional del uso del Borde Costero lo define como “Franja del territorio que comprende los terrenos de playas fiscales situadas en el litoral, playas, bahías, golfos, estrechos y canales interiores, y el mar territorial de la república , que se encuentran sujetos al control, fiscalización y supervigilancia , del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaria de Marina”.(DS N° 475/94 , Art.2.a) [Ministerio de Defensa, 1994].

El borde costero está relacionado a diversos usos, los que deben ser controlados, para el buen funcionamiento de cada actividad, para que éstos no vayan en desmedro del Medio, Ambiente. El DS N° 475/ 94, establece una Política Nacional de uso del borde costero del litoral de la República y crea la comisión respectiva, que trata, entre otras cosas, las concesiones marítimas, las que se rigen por el “Reglamento sobre concesiones marítimas” fijado por DS N° 223/68 [Ministerio de Defensa, 2005].

La política nacional de uso del borde costero tiene por objetivos generales [Acuña & Zapata, 2004]:

- Propender una adecuada consideración de la realidad geográfica de cada uno de los sectores o áreas del litoral, que en algunos casos condicionan en forma determinante usos específicos como es el caso de las bahías naturales, proximidad a centros poblados, condiciones meteorológicas locales y accesos, entre otras.
- Propender el desarrollo de los recursos y riquezas de los distintos sectores.
- Propender a la protección y conservación del Medio, Ambiente marítimo, terrestre y aéreo, acorde con las necesidades de desarrollo y las demás políticas fijadas sobre tales materias.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

- Propender a una adecuada compatibilización de las múltiples actividades que se realizan o puedan realizarse en el borde costero.
- Posibilitar y orientar el desarrollo equilibrado de las diferentes actividades, desde una perspectiva nacional, acorde con los intereses regionales, locales y sectoriales.
- Contribuir a la identificación de las perspectivas y proyecciones futuras de cada una de las actividades que precisen ser ejecutadas en los espacios territoriales que conforman el borde costero, para evitar su uso inadecuado o inconveniente, tomando en consideración que este constituye un recurso limitado.

Como objetivos específicos se propone:

- Determinar los diferentes objetivos y propósitos específicos posibles, para las diversas áreas del litoral.
- Identificar los planes y proyectos de los distintos organismos del estado, que afecten el borde costero.
- Procurar la compatibilización de todos los usos posibles del borde costero, en las distintas áreas y zonas, promoviendo su desarrollo armónico, integral y equilibrado, maximizando su racional utilización, precaviendo posibles requerimientos futuros y tomando en cuenta la realidad actual del uso mismo.
- Posibilitar la realización de inversiones, el desarrollo de proyectos públicos y privados, bajo reglas predeterminadas que permitan su concreción.
- Proponer los usos preferentes del borde costero.

En el caso de las caletas o sectores pesqueros, muy habitual en el borde costero, se rigen por la “Ley General de Pesca y Acuicultura” dictada por el Servicio Nacional de Pesca en 1991 [SERNAPESCA, 1991].

3.5.2. Normativa Chilena destinada a prever, controlar y sancionar la contaminación de aguas marítimas y terrestres

La preocupación por el Medio Ambiente acuático tanto marino como terrestre, llevó a legislar sobre la contaminación que se provocaba en estas aguas, comenzando con la Ley de Navegación de 1978 [DIRECTEMAR, 1978]:

En su Art. 1, esta ley establece que todas las actividades concernientes a la navegación o relacionadas con ella, se regirán por la presente ley, cuyas disposiciones prevalecerán, sobre cualquier norma vigente en esta materia.

En el Título IX, Art. 142, se dicta la prohibición de arrojar lastre, escombros o basuras, aguas de relaves de minerales u otras materias nocivas y peligrosas de cualquier especie, que ocasionen daños o perjuicios en las aguas sometidas a jurisdicción nacional, en puertos, ríos y lagos .

La ley anterior se ve complementada, a su vez, con el “Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática” del Ministerio de Defensa de 1992. DS Nº 1 [Ministerio De defensa y Marina, 1992].

Este reglamento esta compuesto por VI Títulos. El Título I, corresponde a las disposiciones generales, destacándose su Art. 2, en el cual se establece la prohibición absoluta de arrojar lastre, escombros o basuras y derramar petróleo o sus derivados o residuos, aguas de relaves de minerales u otras materias nocivas o peligrosas de cualquier especie, que ocasionen o puedan ocasionar daños o perjuicios en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, en puertos, ríos y lagos [Ministerio De defensa y Marina, 1992].

El Título II, se refiere a las naves, y destacan los siguientes capítulos: descargas, control de la contaminación por el responsable de la misma, prevención de la contaminación por aguas provenientes de naves o artefactos navales, prevención de la contaminación por

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

vertimientos de desechos y otras materias, entre otros [Ministerio De Defensa y Marina, 1992].

Los Títulos III, IV, V y VI, se refieren a: Las instalaciones terrestres y terminales marítimos asociados a las naves y artefactos navales, fuentes terrestres de contaminación, buques nucleares y transporte de mercancías peligrosas, sanciones y multas [Ministerio De Defensa y Marina, 1992].

En el Título IV, Art. 141 se señala que “La instalación de cualquier establecimiento, faena o actividad cuyas descargas de materias, energía o sustancias nocivas o peligrosas de cualquier especie, deban ser evacuadas directo o indirectamente en aguas sometidas a la jurisdicción nacional, deberá ser precedida, sin perjuicio de otras exigencias legales o reglamentarias, por la presentación de una evaluación de impacto ambiental en el medio acuático, conforme a la ubicación del establecimiento o faena y al tipo, causal y tratamiento del efluente que se evacuará.”

Por su parte, en su Art. 142 se indica que “La evaluación de impacto ambiental perseguirá como objetivo primordial pronosticar, sobre bases científicas y técnicas generalmente aceptadas, los riesgos ambientales a corto, mediano y largo plazo que puedan derivarse del funcionamiento del establecimiento, faena o actividad. Una vez iniciado el proceso de evacuación de sus desechos deberá determinarse la toxicidad de sus efluentes mediante bioensayos y, posteriormente, mantener un monitoreo periódico de autovigilancia y control.” [Ministerio De Defensa y Marina, 1992].

3.5.3. Normativa Chilena relacionada con la descarga de residuos industriales líquidos a cuerpos de agua

El desarrollo de Normas de Emisión para descargas de residuos industriales y municipales comenzó con la promulgación de la Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente dictada por CONAMA en 1994, donde en su Art. 11 Letra d. Se refiere a la obligatoriedad de realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), a los proyectos relacionados con la instalación o funcionamiento de industrias que arrojen algún tipo de relaves o materias nocivas, cuando el proyecto o actividad presente localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar [CONAMA, 2004].

Esta es la primera ley en Chile estipulada solamente para el Medio Ambiente y todo lo relacionado a él, la cual en este caso se ve apoyada por el “Código Sanitario”, dictado por la Autoridad Sanitaria en 1968, donde en su Art. 71, tiene como objetivo obtener la aprobación de proyectos relativos a la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier obra pública o privada destinada a la evacuación, tratamiento o disposición de residuos industriales o mineros [Autoridad Sanitaria, 1968].

En el año 1996 se emitieron por primera vez normas técnicas de referencia para las descargas al sistema de alcantarillado, ya que dos tercios de las plantas industriales del país descargan al alcantarillado público, y en Santiago esta proporción es del 82%. Estas medidas llevaron a promulgar normas oficiales en 1998 (que fueron enmendadas en el año 2000), estableciéndose el año 1998, por medio del D.S N° 609 la “Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado”.

Los objetivos de protección ambiental y resultados esperados para esta norma de emisión son [MINSEGPRES, 1998]:

- Mejorar la Calidad Ambiental de las aguas servidas crudas que los servicios públicos de disposición de éstas, vierten a los cuerpos de agua terrestres o marítimos mediante el control de los contaminantes líquidos de origen industrial,

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

que se descargan en los alcantarillados. Con lo anterior se logra que los servicios públicos de disposición de aguas servidas dispongan aguas residuales con un bajo nivel de contaminación, protegiendo así los cuerpos de agua receptores.

Corresponderá a la norma que regula las descargas de residuos líquidos a las aguas superficiales determinar la calidad del efluente del servicio público de disposición de aguas servidas.

- Esta norma está orientada a proteger y preservar los servicios públicos de recolección y disposición de aguas servidas mediante el control de las descargas de residuos industriales líquidos, que puedan producir interferencias con los sistemas de tratamiento de aguas servidas, o dar lugar a la corrosión, incrustación, u obstrucción de las redes de alcantarillado o a la formación de gases tóxicos o explosivos en las mismas, u otros fenómenos similares. Esta norma, al proteger los sistemas de recolección de aguas servidas, evita que los contaminantes transportados por éstos puedan eventualmente ser liberados sin tratamiento, al Medio Ambiente urbano (calles, suelo, aire entre otros), por efecto de roturas u obstrucciones del sistema, pudiendo afectar la calidad de éste, y la salud de las personas.

Posteriormente se estableció el D.S N° 90/2000 “Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales”, que tiene como objetivo prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la república, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos de agua receptores [Universidad de Chile 1999 & MINSEGPRES, 2000].

El 3 de septiembre del año 2001 esta norma entró en vigencia para las fuentes Nuevas (Fuentes emisoras que a la entrada en vigencia de la norma, no se encontraban aún vertiendo residuos líquidos), en tanto que 5 años después, el 3 de septiembre del presente año, entró en vigencia para las fuentes existentes (aquellas que efectuaban descargas antes de la entrada en vigor de la norma). La totalidad de las fuentes existentes deberán cumplir esta norma a partir de Septiembre del 2006 [MINSEGPRES, 2000].

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

En consecuencia, a contar del 3 de septiembre del 2006, esta norma es aplicada en todo el territorio nacional, teniendo consideraciones sitio específicas, que tienen relación con el lugar donde se efectuó la descarga, en función de lo cual, posee cinco tablas, dos para descargas a ríos, (con y sin capacidad de dilución de los efluentes descargados), una para lagos y dos para el mar (descargas efectuadas dentro o fuera de la Zona de Protección Litoral, (ZPL). Además, se deben considerar los siguientes conceptos [Universidad de Chile 1999 & MINSEGPRES, 2000]:

- Tasa de dilución del efluente vertido: Es la Razón entre el caudal disponible del cuerpo receptor y el caudal medio mensual del efluente vertido durante el mes de máxima producción de residuos líquidos, expresado en las mismas unidades.
- Calidad natural: Es la concentración de un contaminante en el cuerpo receptor, que corresponde a la situación original sin intervención antrópica del cuerpo de agua más las situaciones permanentes, irreversibles o inmodificables de origen antrópico. Corresponderá a la Dirección General de Aguas (DGA) o a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), según sea el caso, determinar la calidad natural del cuerpo receptor.
- Contenido de captación: Es la concentración media del contaminante presente en la captación de agua de la fuente emisora, siempre y cuando dicha captación se realice en el mismo cuerpo de agua donde se produzca la descarga. Dicho contenido será informado por la fuente emisora a la DGA, o a la DIRECTEMAR según sea el caso.

En las descargas al mar, se debe considerar un ámbito territorial especial, por sus características de vulnerabilidad, usos, biodiversidad, características oceanográficas, etc., de aplicación de esta norma, que corresponde al concepto de Zona de Protección Litoral (ZPL). Este concepto se define como “la franja de playa, agua y fondo de mar adyacente a la costa continental o insular, delimitada por una línea superficial imaginaria, medida desde la línea de baja marea de sicigia, que se orienta paralela a ésta y que se proyecta hasta el fondo del cuerpo de agua”, su determinación es autorizada por la DIRECTEMAR.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Debido a sus especiales características, los límites máximos de contaminantes en esta zona son mucho más restrictivos que las descargas permitidas fuera de la ZPL, lo que en último término apunta a conservar y mejorar la Calidad Ambiental del cuerpo de agua donde se efectúa la descarga, particularmente en la zona más cercana al borde costero, es decir, en la ZPL.

Asociado a la misma estrategia de desincentivación de descargas contaminantes en lugares vulnerables como la ZPL, no es posible descargar aguas servidas sin un tratamiento adecuado dentro de la ZPL, mientras que no existen restricciones para la descarga de varios parámetros propios de la evacuación de aguas servidas, cuando ellas son efectuadas fuera de la ZPL, en lugares con adecuadas condiciones de profundidad, distancia a la costa, dilución y arrastre por las corrientes hacia mar adentro.

Por dicho motivo, prácticamente todos los emisarios submarinos autorizados desde la entrada en vigencia de esta norma, efectúan sus descargas a distancias y profundidades que aseguran un adecuado tratamiento en base a las capacidades de dilución y autodepuración del mar como cuerpo receptor.

El año 2002 se estableció el D.S N° 46/02 “Norma de emisión de residuos industriales líquidos a aguas subterráneas”, que tiene como objetivo prevenir la contaminación de las aguas subterráneas, mediante el control de la disposición de los residuos líquidos que se infiltran a través del subsuelo al acuífero. Con lo anterior, se contribuye a mantener la Calidad Ambiental de las aguas subterráneas [MINSGPRES, 2002].

En el Título I Art.2 de este decreto se establece que esta norma se aplicará en todo el territorio nacional, sin embargo posee consideraciones sitio específicas, las cuales tienen relación con la vulnerabilidad del acuífero y el contenido natural que presenta éste.

A continuación, se explicarán brevemente, los artículos que relacionan éstas consideraciones.

Este decreto establece en su Título II Art.14, que se deberá determinar la vulnerabilidad intrínseca del acuífero (concepto que tiene relación con la velocidad que un contaminante puede migrar hasta la zona saturada del acuífero, la cual corresponde a la parte de éste que se encuentra con sus poros completamente ocupados por agua. Se definirá como

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

alta, media y baja, en términos tales que, en general, a mayor rapidez mayor vulnerabilidad). El organismo encargado de determinar la vulnerabilidad del acuífero, es la Dirección General de Aguas (DGA), el cual podrá solicitar los antecedentes que estime convenientes al responsable de la fuente emisora.

En el Título III, Art. 7, se establece que si el contenido natural de la zona saturada del acuífero, excede al límite máximo permitido en este decreto, el límite máximo de la descarga será igual a dicho contenido natural. En los artículos 8 y 9, se establece que no se podrá emitir directamente a la zona saturada del acuífero, salvo que la emisión sea de igual o mejor calidad que la del contenido natural y si la vulnerabilidad del acuífero es calificado por la DGA como alta, sólo se podrá disponer residuos líquidos mediante infiltración, cuando la emisión sea de igual o mejor calidad que la del contenido natural del acuífero, respectivamente.

En los Art.10 y 11, se establecen los límites máximos de emisión en términos totales, para los acuíferos con vulnerabilidad calificada como media y baja respectivamente.

3.5.4. Normativa Chilena relacionada con la Calidad Ambiental de los cuerpos de agua

Las normas de Calidad Ambiental, definen el estado deseado por la sociedad para los recursos ambientales que posee en términos de aguas, aire, suelos, flora y fauna silvestre. Estas normas en general y de aguas en particular, están asociadas a un cierto objetivo. Existen normas de Calidad Primaria y Secundaria, la primera tiene como objetivo salvaguardar la vida o la salud de la población y la segunda proteger, conservar o preservar la naturaleza.

Las normas asociadas a algún uso determinado exigen calidades (concentraciones de elementos y compuestos) a ser cumplidas, que obviamente son distintas a las existentes en la naturaleza y por ello, representan una aceptación del carácter funcional que tienen los ríos, lagos y mares para las actividades que desarrollan los seres humanos [CONAMA, 1998].

El procedimiento para la dictación de normas de Calidad Ambiental Primarias y Secundarias y el procedimiento y los criterios para la revisión de dichas normas, se sujetan a las disposiciones del Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, establecidas por el D.S 93/1995 [MINSEGPRES, 1995].

El procedimiento para la dictación de normas de Calidad Ambiental y de Emisión comienza con el programa priorizado de normas ambientales, el cual busca un acuerdo a nivel nacional acerca de las prioridades que se deben tomar en cuenta al momento de generación de la normativa ambiental. Para la generación y definición del programa priorizado de normas ambientales se consulta en Diciembre de cada año a los Órganos competentes de la Administración del Estado respecto de cuáles normas deberían conformar este programa. Posteriormente CONAMA propone el programa priorizado de normas ambientales al Consejo de Ministros para su aprobación en Marzo de cada año [MINSEGPRES, 1995].

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

En relación a las normas de Calidad Secundarias, se encuentra en desarrollo el proceso de elaboración de Normas de Calidad de Aguas Continentales, habiéndose priorizado varios ríos y el lago Llanquihue. Estas normas tienen como objetivo, proteger o mejorar la calidad de las aguas continentales superficiales de manera de salvaguardar la salud de las personas, el aprovechamiento del recurso, la protección y la conservación de las comunidades acuáticas y de los ecosistemas lacustres, maximizando los beneficios sociales, económicos y medioambientales [Universidad de Chile, 1999]. En tanto, la Norma de Calidad Primaria para Aguas Continentales Superficiales, la Norma de Calidad Primaria para la Protección de Aguas Marinas, se encuentran con sus proyectos definitivos aprobados por el consejo directivo de CONAMA al 17 de Octubre de 2005, encontrándose para la consideración del Presidente de la República [CONAMA, 2006].

Los objetivos secundarios de calidad de aguas (dirigidos a preservar los ecosistemas) aún no se han implementado, aunque han comenzado las labores preliminares en diez ríos (Aconcagua, Aysén, Bío Bío, Cachapoal, Elqui, Loa, Maipo - Mapocho, Serrano y Cruces en la cuenca de Valdivia). Encontrándose en la actualidad en elaboración los proyectos definitivos de Normas Secundarias de los ríos Aconcagua, Cachapoal, Aysén, Bío Bío, Elqui, Loa y Maipo – Mapocho. Se encuentra en elaboración el anteproyecto para los ríos Serrano y Cruces. [CONAMA, 2006].

En relación a los procesos de elaboración de los anteproyectos de Normas Secundarias de Calidad Ambiental, cabe señalar que estos no estuvieron ajenos a dificultades, ya que se observó la carencia de información de base de calidad, es decir, de fuentes fidedignas, con metodología apropiada y estandarizada y con la suficiente extensión en el tiempo como para dar origen a series de datos que tengan valor estadístico [Neuling, com.pers.].

En relación a las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Marinas y Estuarinas, sólo la Región de Aysén ha comenzado, la elaboración del anteproyecto. La elaboración del anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental para aguas marinas, en la región del Bío Bío, se dará inicio una vez que se termine el estudio de las bahías de San Vicente y Talcahuano [CONAMA, 2006].

3.6. Normas Secundarias de Calidad Ambiental para aguas marinas

La Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, publicada en el D.O. 34810, del 9 de Marzo de 1994, en su Título I, Art. 2, define por Norma Secundaria de Calidad Ambiental “Aquella que establece, los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energías o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del Medio Ambiente, o la preservación de la naturaleza [CONAMA, 1994].

Actualmente las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las Aguas Marinas, se encuentran en proceso de elaboración, a partir del Instructivo CONAMA, el cual a su vez procede del “Anteproyecto de la Norma de Calidad para Aguas Marinas”, proceso cuya duración fue de aproximadamente cuatro años y contó con los aportes técnicos, consensos y validación de los Órganos de Administración del Estado competentes en la materia [CONAMA (b), 2004].

Para el establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Marinas, hay que tener presente el concepto de Calidad del agua, el cual corresponde a la expresión objetiva de las características fisicoquímicas y biológicas que presenta un cuerpo de agua, lo cual permite interpretar el estado en que estas se encuentran, tanto en sentido temporal como espacial. Esta intención de esclarecer el estado de las aguas tiene directa relación con los potenciales usos que este recurso tiene para la sociedad [Acuña. et al, 2003].

Existen tres conceptos que relacionan la Calidad del agua en el tiempo. Ellos corresponden a Calidad Natural, Calidad Actual y Calidad Objetivo del cuerpo de agua [CONAMA (b), 2004].

La Calidad Natural de las aguas marinas, es el valor de la unidad o concentración de un elemento o compuesto en el cuerpo de agua marino, que corresponde a la estimación de la situación original del agua, sin la intervención antrópica.

La Calidad Real del cuerpo de agua en el tiempo, que se denomina más comúnmente **Calidad Actual**, por representar la situación presente, puede ser analizada a partir de las series de tiempo de datos referentes a parámetros de Calidad del agua, y que son aportados por diferentes programas de monitoreo o vigilancia ambiental, como es el caso del POAL, que se analiza más adelante. El análisis de su tendencia o evolución en el tiempo nos indica el estado actual del sistema acuático así como su proyección futura, que eventualmente es posible de ser comparado con diversos escenarios futuros posibles.

La Calidad Objetivo, por su parte, corresponde a la meta de calidad para el recurso hídrico que se desea mantener o alcanzar en un determinado período. De acuerdo a lo que establece el Instructivo CONAMA, la Clase Objetivo corresponde a una de las Clases de Calidad posibles (Clase 1, Clase 2, Clase 3).

Las Normas Secundarias de Calidad de Aguas Marinas tendrán como objetivo general proteger, conservar o preservar la calidad de las aguas marinas, de manera de salvaguardar el uso del recurso y la protección o conservación de las Comunidades acuáticas y Recursos hidrobiológicos, maximizando los beneficios sociales, económicos y ambientales [CONAMA (b), 2004]. En las Tablas 5 y 6, se presentan los valores máximos de concentración o rango de los elementos o compuestos y las tres Clases de Calidad que serán consideradas para establecer esta Norma.

Asimismo, las Normas Secundarias de Calidad tendrán por objetivo específico:

- a) Proteger, conservar, recuperar o preservar la calidad de las aguas marinas y estuarinas para permitir mantener y conservar las comunidades acuáticas.
- b) Proteger, conservar, recuperar o preservar la calidad de las aguas marinas y estuarinas para la conservación de las especies hidrobiológicas objeto de actividad pesquera extractiva y la acuicultura.
- c) Proteger, conservar, recuperar o preservar la calidad de las aguas marinas y estuarinas aptas para la desalinización del agua para consumo humano.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

- d) Proteger, conservar, recuperar o preservar el estado trófico de canales, fiordos, estuarios u otros cuerpos de agua, que por sus condiciones fisiográficas y dinámicas poseen alta fragilidad ambiental respecto del estado trófico.
- e) Proteger, conservar o preservar aquellos cuerpos de agua marinos decretados áreas costeras y marinas protegidas por el Estado, de acuerdo a la legislación nacional vigente, ya sea por sus aguas de extraordinaria calidad ambiental u otras razones.

Las Normas Secundarias de Calidad para la Protección de las Aguas Marinas, deberán considerar las Clases de Calidad que a continuación se indican:

Tabla 5. Clases de Calidad a considerar, para la elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental, para Aguas Marinas a Nivel Nacional.

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

Fuente: Guía CONAMA (b) (2004).

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Tabla 6. Valores máximos de concentración o rango de elementos o compuestos a considerar, para la elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental, para Aguas Marinas a Nivel Nacional.

			CLASES DE CALIDAD			
GRUPO DE ELEMENTOS O COMPUESTOS	UNIDAD	EXPRESION	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	
FISICOS Y QUIMICOS						
1	Oxígeno disuelto	% sat	OD	> 90	70 -- 89	40 -- 69
2	Temperatura	° C	T°	D2	D3	D5
3	pH	Rango	pH	7,5 -- 8,5	6,5 -- 9,5	6,0 -- 9,5
4	Sólidos suspendidos	mg/L	SS	<25	25 -- 80	80 --400
5	Aceites y Grasas emulsificadas	mg/L	A y G	< 5	5	10
6	Hidrocarburos totales	mg/L	HCT	< 0,02	0,02 -- 0,05	0,05 -- 1
7	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	mg/L	HAP	<0,0002	0,0002	0,0002 -- 0,001
8	Detergentes	mg/L	SAAM	< 0,2	0,2 -- 1	1 -- 10
TOXICOS NO ACUMULATIVOS						
9	Amonio	µmol/L	NH ₄ ⁺	< 5	5 -- 10	10 -- 15
10	Cianuro	mg/L	CN ⁻	< 0,005	0,005 -- 0,01	0,005 -- 0,01
11	Cloro libre residual	mg/L		< 0,002	0,002 -- 0,01	0,01 -- 0,1
12	Fenoles	mg/L	Fenoles	< 0,001	0,001 -- 0,01	0,01 -- 1
13	Fluoruro (2)	mg/L	F ⁻	< 0,0369 * S	0,0369 * S - 0,0443 * S	0,0443 * S - 2,3
14	Sulfuro	mg/L	S ²⁻	< 0,002	0,002 -- 0,005	0,005 -- 0,01
TOXICOS ACUMULATIVOS Y PERSISTENTES						
15	Bifenilos Policlorados	µg/L	PCB, s	< 0,001	0,001	0,001
PLAGUICIDAS						
16	Aldrin	µg/L	Aldrin	< 0,01	< 0,01	< 0,01
17	Clordano	µg/L	Clordano	< 0,006	< 0,006	< 0,006
18	Malatión	µg/L	Malatión	< 0,01	< 0,01	< 0,01
19	Pentaclorofenol	µg/L	PCP	< 0,5	< 0,5	< 0,5
20	DDT	µg/L	DDt	< 0,001	< 0,001	< 0,001
21	Demetón	µg/L	Demetón	< 0,1	< 0,1	< 0,1
22	Dieldrin	µg/L	Dieldrin	< 0,002	< 0,002	< 0,002
23	Heptaclor	µg/L	Heptaclor	< 0,01	< 0,01	< 0,01
24	Lindano	µg/L	Lindano	< 0,003	< 0,003	< 0,003
25	Paratión	µg/L	Paratión	< 0,04	< 0,04	< 0,04
METALES ESENCIALES DISUELTOS						
26	Cobre	µg/L	Cu	< 10	10 -- 50	50
27	Cromo total	µg/L	Cr Total	< 10	10 -- 50	50 -- 100
28	Níquel	µg/L	Ni	< 2	2 -- 100	100
29	Selenio	µg/L	Se	< 5	5 -- 100	10
30	Zinc	µg/L	Zn	< 30	30 -- 100	100
METALES NO ESENCIALES DISUELTOS						
31	Aluminio	µg/L	Al	< 200	200 -- 1.500	1.500
32	Arsénico	µg/L	As	< 10	10 -- 50	50
33	Cadmio	µg/L	Cd	< 5	5 -- 10	10
34	Cromo VI	µg/L	Cr VI	< 10	50	50
35	Estaño	µg/L	Sn	< 20	20 -- 100	100
36	Mercurio	µg/L	Hg	< 0,2	0,2 -- 0,5	0,5
37	Plomo	µg/L	Pb	< 3	3 -- 50	50
MICROBIOLÓGICOS						
38	Coliformes fecales	NMP/ 100 mL	Coli.fec./100mL	< 2	< 43	< 1000
39	Coliformes totales	NMP/ 100 mL	Coli.tot./100mL	< 70	70 -- 1.000	< 1.000

Fuente: Guía CONAMA (b) (2004).

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Notas:

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

D2: La variación no debe ser mayor a 2 ° C (temperatura promedio mensual +- 2 ° C).

D3: La variación no debe ser mayor a 3° C (temperatura promedio mensual +- 3 ° C).

D5: La variación no debe ser mayor a 5 ° C (temperatura promedio mensual +- 5 ° C).

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

3.7. Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL)

En base a lo dispuesto en la Ley de Navegación, DIRECTEMAR elaboró en 1987 un Plan Nacional de Investigación, Vigilancia y Control de la Contaminación Acuática, con el objeto de ayudar a fundamentar tanto el desarrollo de una política como de una gestión ambiental eficaz y adecuada para proteger, promover y desarrollar la administración nacional de los recursos marinos y costeros chilenos, y en general, del Medio Ambiente acuático de su jurisdicción [DIRECTEMAR, 1998]

Los objetivos de este Plan son los siguientes:

- Evaluar en forma permanente el estado y la calidad del Medio Ambiente acuático, en relación con los impactos ambientales ocasionados por los diversos usos o actividades que se desarrollan o practican en el mar, en la zona costera, o en otros cuerpos o cursos de agua bajo su jurisdicción.
- Apoyar el desarrollo de instrumentos jurídicos nacionales que, basados en la normativa ambiental vigente, permitan la realización de una efectiva labor de Fiscalización y de Protección del Medio Ambiente marino, de las áreas costeras y de los cuerpos y cursos de agua continentales bajo su jurisdicción.
- Elaborar las estrategias de difusión, adecuadas, para contribuir a la formación y desarrollo de la conciencia ciudadana respecto de la Preservación del Medio Ambiente Acuático.
- Apoyar la generación de medidas, bases de datos y planes de ordenamiento ambiental del borde costero, basados en el estudio de los usos diversos de las zonas costeras y marinas nacionales y de sus tendencias, compatibilidades y aptitudes.

Para lograr los objetivos del PLAN NACIONAL, se han elaborado cuatro Programas, que constituyen la columna vertebral de la Gestión Ambiental de la Autoridad Marítima, uno de los cuales es el POAL.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

El POAL es un programa de monitoreo ambiental que busca determinar los niveles de concentración de los principales contaminantes marinos y dulceacuícolas, focalizando sus esfuerzos en aquellos lugares de la zona costera donde se produce la mayor cantidad de usos o se registra una alta actividad, como es el caso de las principales bahías del país, midiendo en ellas los contaminantes más relevantes o riesgosos, lo que permite tener una apreciación acerca de la Calidad Ambiental del agua en dichos lugares.

El objetivo general del POAL es determinar los niveles de concentración de los principales agentes contaminantes presentes en el agua, en los organismos y en los sedimentos de 34 cuerpos de agua (30 marinos y 4 dulceacuícolas), distribuidos a lo largo del territorio nacional y que se encuentran bajo jurisdicción de la DIRECTEMAR.

Los objetivos específicos del POAL son:

- Determinar los niveles de concentraciones de diferentes tipos de contaminantes (orgánicos, inorgánicos, metales pesados, etc.) [Anexo 1, Tabla 1], presentes en los cuerpos de agua monitoreados.
- 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 puedan 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.
- Generar información ambiental que permita apoyar el establecimiento y posterior fiscalización de las futuras Normas de Calidad Ambiental para la protección de usos determinados [DIRECTEMAR, 1998].

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

El POAL, ya cumplió 18 años de ejecución, habiéndose iniciado en 1988 con una etapa piloto desarrollada únicamente en la bahía de Quintero, mientras que en los años 1989 y 1990 se realiza en Arica, Iquique, Taltal, Chañaral, Coquimbo, Quintero, San Antonio, Talcahuano y San Vicente. En 1991 se agregan los cuerpos de agua de Antofagasta, Tocopilla, Caldera, Puerto Montt, Castro y Punta Arenas, manteniéndose esta cobertura hasta 1992. A contar de 1993 se inicia una etapa de monitoreo estable, y en el marco de un convenio de cooperación con Fundación Chile, surge la estructura que muestra el POAL hasta 1996, en la que se incorporan los lagos Ranco, Villarrica y Llanquihue, y el río Valdivia. Por otra parte desde, 1997 el muestreo se extiende a las zonas de Lota y Puerto Natales [DIRECTEMAR, 1998].

En síntesis el POAL, es una herramienta polivalente que ha mostrado su valía en distintas instancias, habiendo prestado utilidad en diferentes instancias, tales como el Comité técnico de CONAMA para elaboración del anteproyecto de la Norma de Calidad de Agua para Proteger Usos Determinados; el Comité técnico de CONAMA para la elaboración del DS 90/2000, y el Comité técnico del INN (Instituto Nacional de Normalización) para la elaboración de la Norma de Muestreo de Aguas de Mar [DIRECTEMAR, 1998].

En el contexto de la elaboración de las Normas Ambientales de Calidad, especialmente en las marinas, el POAL está llamado a constituirse en una fuente de primera importancia para dichas normas, por tratarse de prácticamente el único programa de monitoreo marino sistemático poseedor de densidad de estaciones, cobertura geográfica y continuidad temporal suficiente para otorgar confiabilidad, representatividad y validez en sus resultados. Es así como durante el proceso de generación del Instructivo Presidencial se percibe la necesidad e importancia de contar con este instrumento de gestión como pieza de apoyo y fuente de datos primordial para la elaboración y actualización permanente de las futuras Normas de Calidad Ambiental de aguas marinas [Neuling, com.pers.].

Las leyes y reglamentos mencionados, no sólo persiguen conservar el Medio Ambiente acuático y las especies que habitan en él, sino que también van dirigidos hacia la calidad de vida de las personas, como lo estipula la Constitución Política del Estado de 1980 del Ministerio del Interior, donde en su Art.19 N° 18, reconoce el derecho de todas las personas a vivir en un ambiente libre de contaminación.

3.8. Caracterización de la bahía de Quintero

3.8.1. Descripción de la bahía

La bahía de Quintero se encuentra emplazada con dirección Norte - Sur, limitando al Norte con la zona de Horcón y al Sur con la Comuna de Concón, todas pertenecientes a la Provincia de Valparaíso. Su latitud geográfica es 32°46' Sur y la longitud 71°31' Oeste [Gestión Ambiental Consultores Ltda., 2005].

La morfología costera de la bahía se asemeja a una herradura deprimida con una orientación Norte - Sur [Foto 2]. Lo anterior ofrece una escasa protección contra los eventos climáticos (como oleaje y vientos), los que predominan en épocas invernales [Pérez & Álvarez, 2002].

La bahía de Quintero es una de las áreas más intervenidas de la región, con un desarrollo industrial significativo. Lo anterior ha provocado un deterioro en el Medio Ambiente marino. Los contaminantes provienen de la actividad doméstica, agrícola e industrial que se desarrolla en el entorno [SISS, 1999].

Foto 2. Vista aérea de la bahía de Quintero.



Fuente: Jaime Marchant (www.quinteroweb.cl).

Clima

Bahía de Quintero, se encuentra enclavada en una zona de clima litoral central chileno que obedece principalmente al régimen de radiación solar para latitudes medias y a la influencia que ejercen el anticiclón del pacífico Sur oriental, la corriente de Humboldt y la cordillera de la Costa que refuerza los efectos oceánicos sobre el clima. Son éstas las condiciones del medio que originan el clima Templado Cálido con lluvias invernales y estación seca prolongada característico de esta ciudad [Pérez & Álvarez, 2002].

Geología

El terreno de bahía Quintero corresponde a suelos cuaternarios conformados en dunas recientes, constituidas por arenas sueltas de color gris claro a muy claro. Más hacia el interior, el terreno está constituido por dunas antiguas de color pardo rojizas, las cuales empalman con faldeos de cerros ubicados entre 6 y 10 kilómetros al Este de la línea de costa [Gestión Ambiental Consultores Ltda., 2005].

La península de Quintero se encuentra en una unidad de relieve dunario costero, cuya estructura geomorfológica es de un casamiento granodiorítico, aflorando en ciertos puntos, formando un bloque independiente a otros como el sector de Ventanas y Loncura, entre otros [Andrade, 1986].

Geomorfología

La bahía de Quintero se encuentra ubicada dentro de la región geomorfológica de las planicies litorales y cuencas del sistema montañoso Andino-Costero. Esta región geomorfológica se desarrolla entre el río Elqui por el Norte y el río Aconcagua por el Sur, cubriendo una superficie estimada de 25.700 kilómetros cuadrados. Se caracteriza por ser un territorio orográficamente difícil, donde las unidades morfológicas fundamentales del país se restringen a dos grandes grupos: planicies litorales fluviales y marinas, o ambas a la vez, en la costa y el de una región montañosa interior, en donde la cordillera de la Costa y cordillera de Los Andes, se imbrican desde el punto de vista del relieve, aunque no litológicamente [Gestión Ambiental Consultores Ltda., 2005].

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Dentro de este contexto, la bahía de Quintero se localiza en la zona de planicies litorales marinas, la cual alcanza inusitado desarrollo a partir de La Serena. En general, esta zona alcanza mayor envergadura en las desembocaduras de los ríos y quebradas importantes, lo que en parte acusa interacciones entre sedimentos continentales y marinos [Gestión Ambiental Consultores Ltda., 2005].

Con respecto a la morfología costera de la bahía, esta se asemeja a una herradura deprimida con una orientación Norte - Sur, con una boca que mide aproximadamente 5 kilómetros de longitud y está abierta hacia el Norte, por lo que está expuesta a los vientos y oleajes provenientes de ese cuadrante. El límite Sur, está dado por los macizos rocosos de la península Los Molles, sobre la cual se emplaza la ciudad de Quintero [Andrade et al, 2003]. Este macizo rocoso protege a la bahía de los vientos del Sur y Suroeste, predominantes durante la mayor parte del año [Andrade, 1986].

El extremo Norte de la bahía está delimitado por Punta Ventanilla que se proyecta hacia el mar desde la península de Horcón [Pérez & Álvarez 2002].

En ambas penínsulas rocosas la línea de costa es abrupta y con numerosas rompientes, debido a la presencia de bajos rocosos. Entre ambas penínsulas se extiende una playa conocida como "La Herradura" de 7,9 kilómetros de longitud aproximadamente, constituida principalmente por arenas, y de aguas en general tranquilas o con oleajes originados del Sur y del Suroeste [Andrade, 1986].

El fondo de la bahía se deprime lentamente hacia mar afuera, de modo que a 200 - 300 metros de la línea de costa alcanza entre 5 y 6 metros de profundidad frente a la playa; mientras que a 800 – 1000 metros, la profundidad es de 16 a 18 metros. Frente a la zona de acantilados de ambas penínsulas las profundidades del fondo marino, se incrementan rápidamente. En el centro de la bahía las profundidades pueden superar los 50 metros [Andrade, 1986].

Hidrología

Cursos de agua superficial

El único curso de agua importante que desemboca en la bahía de Quintero es el estero Campiche. Su cabecera está ubicada en la vertiente occidental de un cordón montañoso localizado entre 6 y 10 kilómetros de la línea de costa y que actúa como macizo divisorio entre cauces tributarios del río Aconcagua y cauces que desembocan en la bahía o el estero [Gestión Ambiental Consultores Ltda., 2005]. Su curso es de corto recorrido y de baja pendiente de escurrimiento, presentando con cierta frecuencia sectores de vegas o pantanos [Pérez & Álvarez, 2002].

Aguas subterráneas

Estudios hidrogeológicos, han detectado en el sector de la bahía Quintero la presencia de un acuífero poroso calificado como de alta potencialidad para el consumo humano e industrial [Gestión Ambiental Consultores Ltda., 2005].

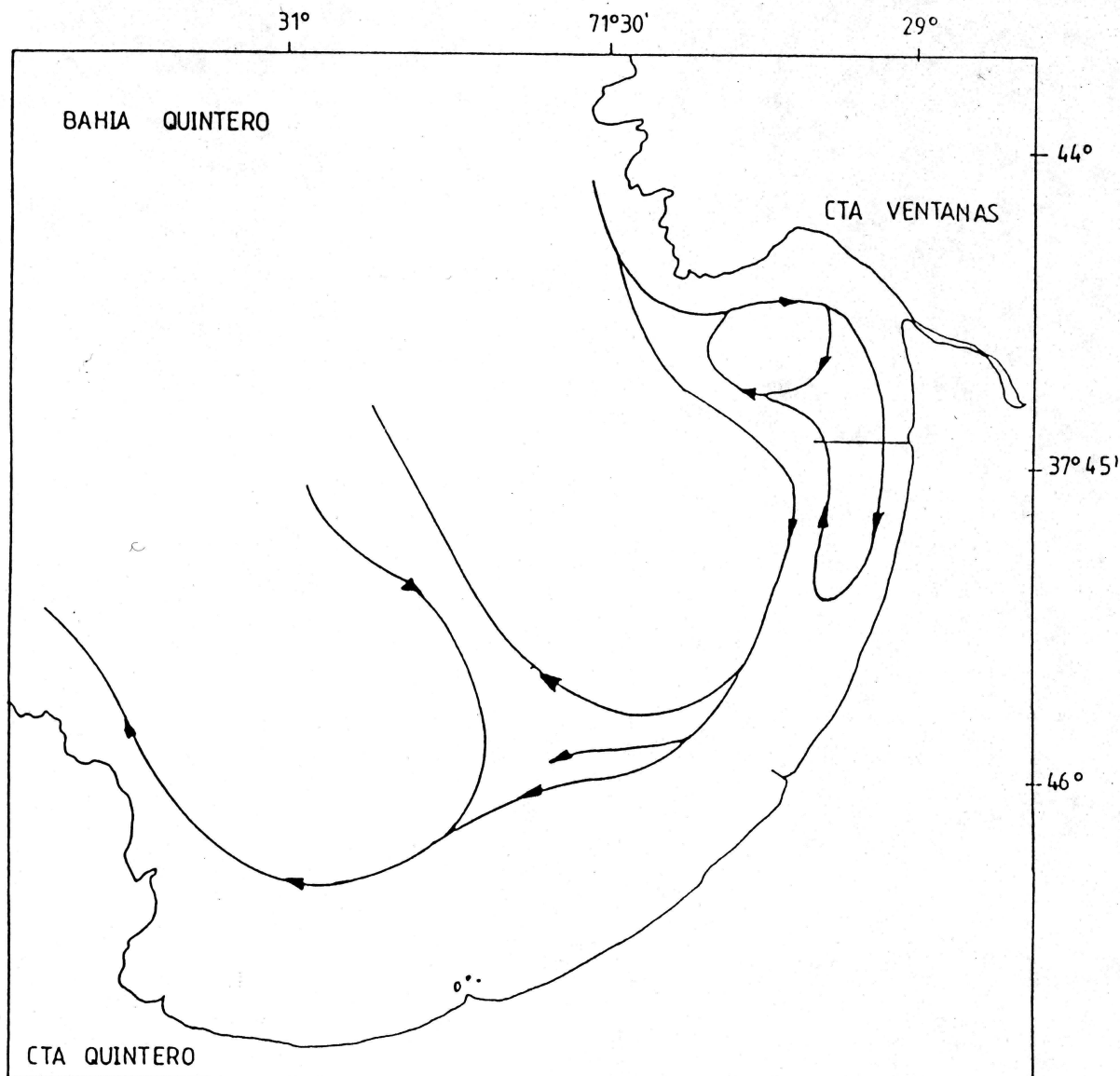
Circulación oceánica y costera

La circulación oceánica frente a Quintero esta compuesta por el sistema de la corriente de Humboldt. Este sistema está compuesto por corrientes y contracorrientes que fluyen paralelas a la costa. Se identifican dos flujos con dirección Norte, que corresponden a las ramas oceánicas y costera de la corriente de Humboldt. Existe además un flujo sub superficial costero denominado corriente sub superficial Perú-chile [Weerlinger, 2004].

Tomando como base la dirección de las corrientes superficiales (circulación costera), en la bahía de Quintero, las aguas ingresarían por el extremo Norte y por el sector medio de la bahía y saldrían por el sector Sur [Figura 6]. Las corrientes de fondo en cambio se dirigen hacia la costa en toda la extensión de la bahía, cambiando su desplazamiento en el sector Sur, al Oeste del muelle fiscal en donde se desplazan hacia el Norte, tanto la circulación como las velocidades, obedecen a un régimen de corrientes de mareas, en estado llenante y vaciante, las corrientes resultantes se dirigen hacia el interior de la bahía, encontrándose las máximas velocidades en la boca de la bahía [Soto, 2000].

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Figura 6. Modelo de circulación superficial de las aguas de bahía de Quintero.



Fuente: Malet y Andrade (1991).

3.8.2. Principales usos en la zona costera de bahía Quintero

La bahía de Quintero se caracteriza por sus variados usos, entre éstos, Portuario, industrial y turístico [Anexo 2, Figura 1].

En el sector Sur de la bahía Quintero y en la península de Los Molles se concentra el sector turístico. La actividad se desarrolla principalmente en la época estival, con sus 16 playas, para bañistas y deportes náuticos, dentro de las cuales se encuentran: El Bato, Loncura, Albatros, El Manzano, El Durazno, El Molino, El Caleuche, Las Conchitas, El Trauco, Los Enamorados, El Libro, La Tortuga, El Papagayo, El Burrito y Las Cañitas. Dentro de los usos se pueden encontrar además, las caletas de pescadores como la Caleta Loncura, Caleta El Manzano, Embarcadero Quintero y Caleta el Papagayo. Además, en este sector se encuentra la Pesquera Quintero S.A., el Club de yates de Quintero y la Base Aérea de la FACH. En la península de Los Molles se encuentra ubicada la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas y el Emisario Submarino de ESVAL.

En el sector Norte predomina la actividad portuaria e industrial, destacando el complejo industrial Ventanas, ubicado en el borde costero de la Comuna de Puchuncaví y parte de la Comuna de Quintero. El complejo industrial Ventanas corresponde a un conjunto de instalaciones industriales, dentro de las cuales se encuentran: Central Termoeléctrica de Ventanas, propiedad de AES Gener S.A, Puerto de Ventanas, propiedad de PANIMEX Química S.A., Codelco división Ventanas (Ex ENAMI Ventanas) en el sector del Puerto de Ventanas, ubicado en el saco NE de la bahía, Terminal Marítimo de Quintero, propiedad de OXIQUM, Terminal GASMAR (Gas licuado de petróleo) , Terminal Marítimo ENAP Quintero, a cargo de ENAP Refinerías Aconcagua (Ex RPC), Terminal COPEC y Planta de Lubricantes y Combustible [Gestión Ambiental Consultores Ltda., 2005]. Además se encuentran en construcción o Evaluación Ambiental los siguientes proyectos: Acopio de Combustibles Sólidos Ventanas, Gaseoducto Quintero-Quillota, Oleoducto Quintero Ventanas, Central Termoeléctrica Nueva Ventanas, Estanques de Almacenamiento de Crudo T-5101 y T- 5107, Terminal Quintero , Terminal GNL en Quintero V Región, Ampliación Capacidad Terminal Puerto Ventanas y Proyecto Cuarto Estanque de LPG (GASMAR) [SEIA,2006].

3.8.3. Puerto Ventanas S.A

Puerto Ventanas S.A. se localiza en la bahía Quintero a 32° 47´ de latitud Sur y 71° 33´ de longitud Oeste. Fue creado como Puerto Comercial con fecha 25 de abril de 1991, con el objeto de aumentar el ámbito de operaciones del muelle Ventanas, orientándolo hacia el negocio portuario en toda su amplitud. Para esto se estructuró y consolidó una empresa independiente, filial Chilgener S.A (actualmente AES GENER S.A). Para la constitución de la nueva sociedad, Chilgener S.A aportó como activos las instalaciones del muelle de su propiedad, consistente en dos sitios con calados entre 10 y 11 metros, que iniciaron las operaciones y atención de naves en descarga de carbón a partir del año 1966 [Morandé & Lamas, 1998].

Los servicios de Puerto Ventanas [Foto 3] están orientados a la carga, descarga, transferencia, porteo y acopio de graneles y carga general [Tabla 7]. Opera como el Terminal petroquímico, de combustibles marinos, asfalto y concentrado de cobre más grande de Sudamérica [Consultora Engineering Solutions, 2005].

Tabla 7. Productos de embarque y desembarque, en Puerto Ventanas S.A.

DESEMBARQUE	EMBARQUE
Carbón	Concentrado de cobre
Clincker	Concentrado de plomo y zinc
Concentrado de cobre	Acido sulfúrico
Automóviles	Cobre metálico
Granos limpios (Trigo, Maiz, etc)	Contenedores
Contenedores	Fruta
Frutas	
Aceites	

Fuente: "Chile país Puerto", (1998).

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

El Puerto de Ventanas posee un muelle de 1300 metros de largo con cuatro sitios de atraque, los que poseen los mayores calados de la zona central del país, permitiendo recibir buques de hasta 70.000 toneladas de peso seco [Puerto Ventanas S.A].

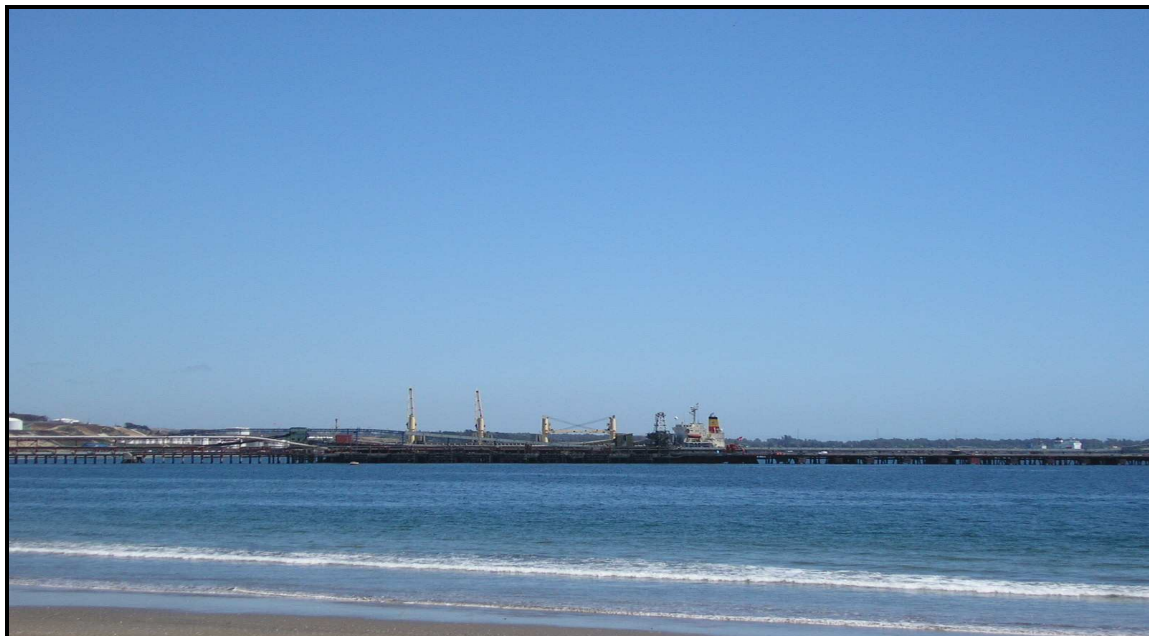
El sitio N° 1 es apto para el embarque de graneles líquidos, como ácido sulfúrico, el que consiste en una Tubería de acero de carbono al carbono de 16 pulgadas de diámetro y con un flujo nominal de 800 metros cúbicos por hora. Esta tubería está conectada, para el embarque, con los sitios N° 1 y N° 2 [Morandé & Lamas, 1998 & Puerto Ventanas S.A].

El sitio N° 2 es apto para embarque de graneles sólidos y líquidos. Para esto se cuenta con un sistema mecanizado de embarque de graneles, con bodegas y canchas de acopio de concentrados de cobre. Para el embarque de graneles líquidos, se cuenta con una tubería de acero al carbono de iguales características que la que posee el sitio N° 1 para el transporte de ácido sulfúrico [Morandé & Lamas, 1998 & Puerto Ventanas S.A].

El sitio N° 3 y N° 5 son aptos para carga general, clínker, cemento, cal, yeso y graneles limpios. La descarga y carga de líquidos conectan los sitios N° 1 y N° 3 del puerto con los estanques situados en el depósito aduanero. El sistema está compuesto por dos cañerías de 6 pulgadas cada una y manifolds de descarga [Morandé & Lamas, 1998 & Puerto Ventanas S.A]. Además existe un oleoducto para transferencia de combustibles desde y hacia el Terminal de COPEC.

Puerto Ventanas S.A, presentó al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), una Declaración de Impacto Ambiental: Proyecto Sitio N° 6, encontrándose actualmente Aprobado. Este proyecto tiene como objetivo general realizar la construcción, habilitación y operación de un nuevo sitio de atraque para naves de hasta 120.000 Toneladas de peso seco [SEIA, 2006].

Foto 3. Puerto Ventanas S.A.



Fuente: Elaboración propia (2005).

Instalaciones extraportuarias

El Puerto de Ventanas posee tres tipos de terminales: Granelero de granos limpios, Graneles Industriales y Graneles Líquidos [Foto 4] [Morandé & Lamas, 1998].

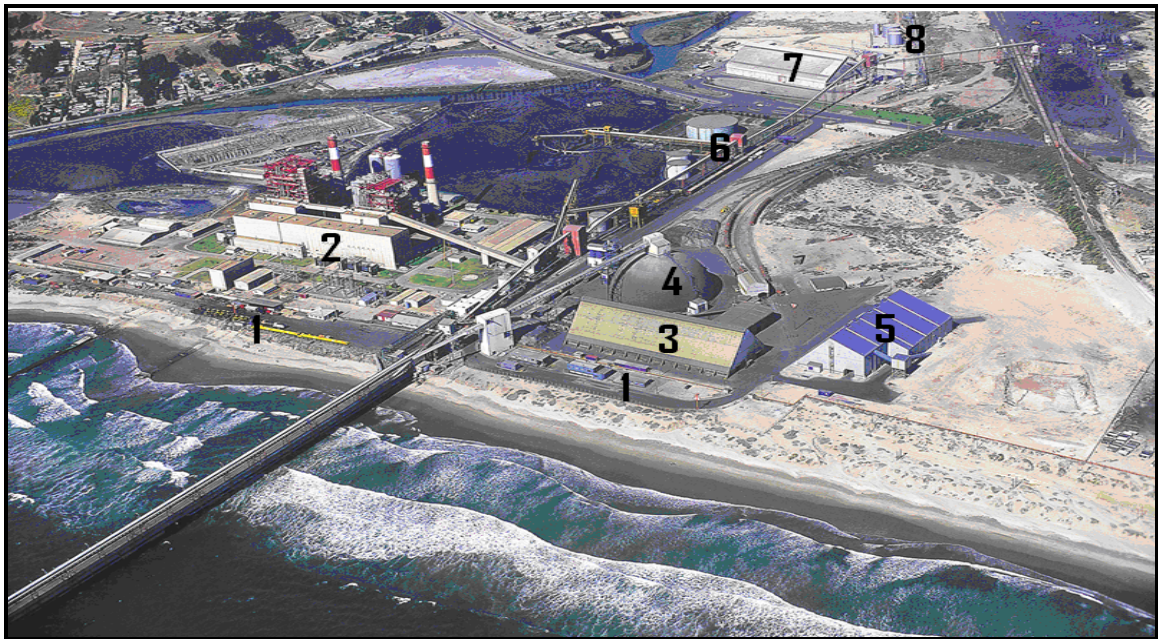
El primero consiste en una bodega para acopio de hasta 45.000 Toneladas de granos (trigo, maíz, cebada), con sistema de evacuación y despacho a camiones y ferrocarriles. Este Terminal está ubicado en el depósito Aduanero Ventanas S.A. y tiene conexión directa por sistema mecanizado con el sitio N° 5 del puerto.

El Terminal de Granos Industriales posee un área de 4,0 hectáreas, para almacenar graneles industriales como concentrados de cobre, oro y plata en bodegas y patios de acopio, clínker y cemento en Domo y otros. Este Terminal tiene conexión directa por sistema mecanizado al sitio N° 2 del puerto.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

El Terminal de Granos Líquidos, por otra parte, se ubica en el cerro situado al Oriente de las instalaciones de mar y consiste en una serie de estanques para almacenar graneles líquidos como aceites, combustibles y otros. Este Terminal está conectado a las instalaciones de mar mediante ductos para porteo de los productos.

Foto 4. Instalaciones extra portuarias Puerto Ventanas S.A.



Fuente: <http://www.puertoventanas.cl/Infraestructura/MapaEmpresa/>, (2006).

1: Oficinas

2: Central Termoeléctrica Ventanas

3: Andina: Bodega para concentrado de cobre: 45 mil tons.

4: Domo para clínker y cemento: 45mil tons.

5: Disputada Las Condes: Bodega concentrado de cobre: 30 mil tons.

6: Cancha de carbón AES Gener

7: Bodega de Granos Limpios: 45 mil tons.

8: Terminal de Graneles Líquidos: 5 mil mts³

3.8.4. CODELCO división Ventanas (Ex ENAMI)

CODELCO división Ventanas (Ex Fundición y Refinería Electrolítica de ENAMI [Foto 5], se ubica en la bahía de Quintero, V Región, comuna de Puchuncaví. Distante 150 Kilómetros, al NW de Santiago y 50 kilómetros al Norte de Valparaíso, se encuentra unida a estas ciudades por rutas pavimentadas y vías férreas [Gestión Ambiental Consultores Ltda., 1997].

En este Complejo Industrial se funden concentrados sulfurados de cobre y cobre sin refinar. Tiene una capacidad de fusión del orden de 440.000 Toneladas por año de concentrado, y una producción de cobre electrolítico de 321.000 Toneladas por año, incluyendo el abastecimiento de ánodos y blíster externos [Gestión ambiental consultores Ltda., 1997].

CODELCO división Ventanas se encuentra sometida a un Plan de Descontaminación con metas y plazos para el cumplimiento de emisiones y concentraciones ambientales de Dióxido de Azufre (SO₂) y material particulado [Gestión Ambiental Consultores Ltda., 1997].

Foto 5. Fundición y Refinería, CODELCO división Ventanas.



Fuente: DIA .Planta de tratamiento de RILES de fundición y refinería ventanas (2004).

Planta de tratamiento de RILes de CODELCO división Ventanas (Ex Fundición y Refinería Ventanas (ENAMI))

La planta de tratamiento se encuentra localizada dentro de los terrenos industriales de CODELCO división Ventanas. Su implementación tiene como objetivo poder adecuarse a las exigencias que establece el Decreto Supremo N° 90/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES), “Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales “, específicamente descargas al mar dentro de la Zona de Protección Litoral (ZPL) [SGA Ltda, 2004].

El proceso productivo de CODELCO división ventanas, genera RILes fundamentalmente en la Planta de Acido, Planta de Tratamiento de Electrolitos (PTE) y Planta de Metales Nobles (Plamen). A fin de dar cumplimiento al D.S 90/2000 la planta de Tratamiento de RILes, trata siete efluentes provenientes de las áreas productivas y de servicios de la Refinería. El flujo total de efluentes tratados es de alrededor de 1.850 metros cúbicos por día [Anexo 1, Tabla 2] [SGA Ltda, 2004].

La planta de tratamiento de divide en cinco áreas de proceso que son:

- Captación de efluentes
- Tratamiento primario de efluentes
- Tratamiento secundario de efluentes y final
- Área de reactivos y servicios
- Monitoreo y descarga de RIL tratado

El proceso de tratamiento actual finaliza con la descarga al medio marino del agua tratada desde la cámara de descarga mediante un Emisario Submarino, el cual se interna en el mar 170 metros en dirección 280° (WNW). En la Tabla 8 se indican las coordenadas del punto de descarga [SGA Ltda, 2004].

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero
V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Tabla 8. Coordenadas geográficas del punto de descarga del emisario submarino, de Planta de tratamiento de RILes, de CODELCO división Ventanas.

ZONA DESCARGA	DE	COORDENADAS GEOGRAFICAS	
		LATITUD	LONGITUD
Descarga		32°45'34,4" Sur	71°29'14,1" Oeste

Fuente: DIA .Planta de tratamiento de RILES de fundición y refinería ventanas (2004).

Las principales características del efluente tratado se presentan en el Anexo 1, Tabla 3.

3.8.5. Terminal Marítimo de Quintero

El Terminal Marítimo de Quintero se encuentra ubicado en latitud 32°45' 30" Sur y longitud 71°29' 34" Es operado por OXIQUM S.A. desde 1980. Desde Agosto de 1994, el Terminal opera a través de un muelle de 850 metros de largo [Foto 6], al final del cual existe un cabezo con dos sitios de atraque, ambos para naves de hasta 50.000 toneladas de desplazamiento, eslora máxima de 210 metros, con calado superior a los 12 metros. [Morandé & Lamas, 1998]. Desde este punto carga y descarga por líneas dedicadas a los diferentes estanques ubicados en tierra, lo que minimiza la posibilidad de contaminación. Las cañerías se conectan al buque vía mangueras flexibles de alta tecnología, especialmente diseñadas para estos servicios, lo cual contribuye a minimizar los riesgos de vertimientos y accidentes [Andrade et.al, 1997].

Los dos sitios de atraque están habilitados para el embarque y desembarque de productos químicos y/o graneles líquidos. El lado Norte del muelle, puede, además, embarcar ácido sulfúrico a granel. Por su parte el lado Sur del muelle está habilitado para la descarga de gases licuados a granel refrigerados (LPG), y embarque de gas licuado a granel a temperatura ambiente [Andrade et.al, 1997].

Para la descarga de productos químicos y graneles líquidos existe una plataforma de operación a 4 metros sobre el cabezo del muelle, con sistema de captación y canalización de derrames, filtraciones y aguas lluvias [Andrade et.al, 1997].

Desde su inauguración en 1980, en el Terminal Marítimo de Quintero, sólo se ha producido un derrame de un producto químico, el cual consistió en la rotura de un flexible que produjo una fuga de 140 metros cúbicos de Percloroetileno en el año 1991 [DIRECTEMAR, 2005]. No obstante en la posibilidad de que se produjera un derrame de grandes proporciones, podrían verse afectados distintos recursos dentro de la bahía y en las áreas cercanas. Sin embargo, la gran solubilidad y la baja toxicidad de los productos que se están manejando, hacen poco probable la presencia de estos productos fuera de la bahía Quintero [Andrade et.al, 1997].

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Este Terminal Marítimo, presentó al sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), una Declaración de Impacto Ambiental: Ampliación Terminal Marítimo de Quintero, encontrándose actualmente en Calificación Ambiental. Este proyecto tiene como objetivo general ampliar las instalaciones del muelle y las construcciones terrestres ya existentes.

Las nuevas instalaciones proyectadas estarán orientadas a la recepción de combustibles desde buques tanque, su almacenamiento, mezcla y su carga a un tanquero menor y/o a tanquero mayor. A través de los tanqueros menores se distribuirá el combustible vía marítima, para ser usado principalmente como combustibles de naves. Para estos propósitos se ha contemplado construir un nuevo sitio de atraque que deberá tener asociado estanques de almacenamiento en tierra para almacenar el producto (combustible) para ser transferidos a los buques [SEIA, 2006].

Foto 6. Terminal Marítimo de Quintero.



Fuente: Elaboración propia (2005)

3.8.6. Terminal Marítimo ENAP a cargo de Refinería Aconcagua (Ex RPC)

La Refinería Aconcagua de ENAP (Ex RPC), consiste básicamente en un conjunto de plantas de proceso destinadas a la refinación de petróleo crudo y la conversión de los productos de la refinación hacia productos derivados [Pérez & Álvarez, 2002].

La materia prima es el petróleo crudo. La totalidad del petróleo procesado en la Refinería llega por buque-tanque al Terminal Marítimo de ENAP ubicado en Quintero [Foto 7], y desde allí es bombeado por un oleoducto de 24 pulgadas hasta la Refinería ubicada en Concón. El petróleo crudo, cualquiera sea su origen, se recibe y almacena en estanques de características normalizadas para este tipo de productos [Pérez & Álvarez, 2002].

El Terminal citado también cuenta con un oleoducto por donde se lleva a cabo el transporte de lubricantes desde naves hacia la planta de lubricantes COPEC de Quintero de 5.000 toneladas por mes, flujo equivalente a una nave al mes. Esta descarga de lubricantes se realiza con una faena de 24 horas, con un flujo promedio de 150 metros cúbicos por hora [Pérez & Álvarez, 2002].

Foto 7. Terminal Marítimo ENAP, a cargo de Refinería Aconcagua.



Fuente: Elaboración propia (2005)

3.8.7. Pesquera Quintero S.A

Pesquera Quintero S.A., se encuentra ubicada en 21 de Mayo 1057 a orillas del borde costero, adyacente al Club de Yates Quintero y Muelle Fiscal [Foto 8]. Fue creada en el año 1950, con el nombre de Industria Pesquera de Alta Mar ISESA S.A. No obstante, en el año 1981, pasó a utilizar el nombre que la identifica actualmente [Pesquera Quintero S.A].

Las actividades que realiza esta empresa son: captura, elaboración y comercialización de recursos que habitan en aguas profundas del Océano Pacífico Sur Oriental, generalmente entre Constitución y Coquimbo especializándose en productos congelados, principalmente de abdómenes o colas cocidas de Camarones, Gambas y Langostinos. Además, cuenta con infraestructura para la elaboración de pescados, como filetes con piel, sin piel y troncos HG [Pesquera Quintero S.A].

Para poder realizar sus actividades, la empresa cuenta con oficinas administrativas, planta para el faenado de las capturas, varadero para el mantenimiento de las naves de las flotas, maestranza para la reparación y mantenimiento de las embarcaciones, vehículos, equipos y maquinarias, muelle propio para la descarga de las capturas, taller de redes, planta de hielo, siete cámaras frigoríficas, generadores eléctricos, calderas, bodegas y talleres. Además cuenta con una planta de tratamiento de residuos industriales líquidos, que fue implementada en el año 1999, la cual posee las respectivas autorizaciones sectoriales y ambientales, la descarga se realiza mediante una tubería sumergida en el roquerío marino frente a sus instalaciones [Pesquera Quintero S.A].

La empresa ha partir del año 1994, ha implementado una estricta política de conservación del entorno marítimo, por lo cual desarrollo un Programa de Evaluación de Impacto Ambiental en la bahía de Quintero, el cual se orientó a conocer y describir las condiciones oceanográficas físicas, químicas y biológicas, durante las épocas estival e invernal imperantes en aguas de fondos litorales y sub litorales del sector costero adyacente a la empresa. Lo anterior condujo al establecimiento de un Programa de Vigilancia Ambiental que comenzó en el año 1995, y que continúa actualmente, el cual es entregado directamente a la Autoridad Marítima [Pesquera Quintero S.A].

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero
V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Foto 8. Flota pesquera Quintero S.A.



Fuente: Elaboración propia (2005).

3.8.8. Planta de Tratamiento de Aguas Servidas ESVAL y Emisario Submarino

La Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) de ESVAL se ubica en la península Los Molles de la localidad de Quintero y tiene como objetivo central, la eliminación de las descargas de aguas servidas de orilla existentes en esta localidad. Consiste en un sistema de tratamiento preliminar de las aguas servidas y disposición marina de las mismas, mediante un emisario submarino que descarga a 1350 metros de la costa y 51 metros de profundidad [Consultora Soluciona Calidad y Medio Ambiente, 2003]. Esta planta de tratamiento cuenta con diferentes unidades.

Su ubicación geográfica se indica en la Tabla 9.

Tabla 9. Ubicación geográfica de la Planta de aguas servidas ESVAL y Emisario Submarino.

	COORDENADAS GEOGRAFICAS		UTM	
	Lat.Sur	Long.Oeste	Este	Norte
PTAS	32° 46' 0,64763 "	71° 31' 55,3701 "	262.818	6,731,542
Emisario Submarino				
Cámara de carga (inicio)	32° 46' 0,25014 "	71° 31' 55,7806 "	262805	6,371,997
Punto de descarga (Zona de descarga)	32° 45' 19,1168 "	71° 32' 0,30034 "	262585	6,372,997

Fuente: EIA. Emisario ESVAL "Planta de Tratamiento de Aguas Servidas y Emisario Submarino de Quintero" (2003).

Planta de tratamiento preliminar de aguas servidas

Ésta se ubica en la calle Arturo Prat N° 216 y 224, entre las calles Camilo Henríquez y Santiaguillo. El tratamiento preliminar está diseñado para eliminar los sólidos gruesos y basuras y remover las arenas, aceites y grasas, de modo de evitar sedimentación en el emisario submarino, protegiéndolo y aumentando su vida útil, y permitiendo dar cumplimiento a la Norma de Emisión (D.S 90/200) [Consultora Soluciona Calidad y Medio Ambiente, 2003].

Esta planta se encuentra dimensionada con capacidad para tratar 240 litros por segundo de aguas servidas, separado en dos módulos de 120 litros cada uno, con una tasa de captura o remoción de sólidos del 90%, para sólidos de diámetro mayor que 0.2 milímetros [Consultora Soluciona Calidad y Medio Ambiente, 2003].

El sistema de tratamiento cuenta con las siguientes unidades [Consultora Soluciona Calidad y Medio Ambiente, 2003].

- **Cámara de ingreso:** En el interior de la planta de tratamiento, se encuentra una cámara subterránea de hormigón armado, sobre la aducción de aguas servidas. Desde esta cámara el colector ingresa a la planta de tratamiento, pasando por una reja gruesa manual con by pass, cuyo objetivo es evitar que los elementos gruesos ingresen a las unidades de tratamiento.
- **Reja manual con by pass:** La planta de tratamiento en su ingreso, cuenta con una reja gruesa de limpieza manual, dispuesta en un canal de 1.0 metro mínimo de ancho y con una separación de cuatro barras de 40 milímetros de diámetro. Para evitar posibles inundaciones, la planta posee un canal (by pass), con una reja instalada en paralelo y de las mismas características que la reja principal.
- **Sistema de medición de caudales:** Previo al ingreso a la cámara de rejillas gruesas, se encuentra instalado un sistema de medición de caudales, el cual permite medir el caudal instantáneo y registra el volumen acumulado de las aguas tratadas.

Emisario terrestre

Una vez traspasadas las secciones anteriores, un emisario terrestre, de una longitud de 140 metros, conduce el agua servida pretratada hacia el borde costero, en Punta Liles. Finalmente, la disposición de las aguas servidas domiciliarias pretratadas, se resuelve mediante un Emisario submarino con cámara de carga gravitacional [Foto 9 & 10], el cual posee las siguientes características [Consultora Soluciona Calidad y Medio Ambiente, 2003].

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Tabla 10. Características del Emisario Submarino, planta de tratamiento de aguas servidas ESVAL.

Ubicación	Sector Punta Liles
Diámetro	500 mm
Longitud total	1350 mm
Profundidad de la descarga	51 mm
Tipo de difusor	Colineal
Diámetro del difusor	500 mm
Portas	10 mm
Diámetro portas	10 mm
Material	Polietileno de alta densidad

Fuente: EIA "Planta de Tratamiento de Aguas Servidas y Emisario Submarino de Quintero ESVAL" (2003).

Nota: El resumen de los caudales de aguas afluentes a las plantas, tanto para el período de punta, como el no punta, hasta el año 2023, se encuentran en el Anexo 1, Tablas 4 y 5.

Foto 9. Cámara de descarga de Emisario Submarino ESVAL.



Fuente: Elaboración propia (2005).

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero
V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Foto 10. Ubicación del Emisario Submarino ESVAL.



Fuente: Elaboración propia (2005).

4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Quintero es una importante bahía y puerto de la Quinta Región, que por sus características geomorfológicas y múltiples usos, entre los que destacan los de carácter industrial en toda su área Norte, presenta marcada vulnerabilidad ambiental, debido al impacto sobre los diferentes componentes de sus ecosistemas marinos, así como al deterioro de la calidad de sus aguas, provocado por las descargas de RILes, derrames, accidentes y otros siniestros o acciones de carácter antrópico, sin contar con el Plan de Descontaminación Atmosférica, que actualmente se encuentra vigente en la bahía, y que da cuenta de la mala calidad de su entorno aéreo por las continuas emisiones provenientes de diversas empresas del área, parte de las cuales también alcanzan el medio marino.

Estos son motivos más que suficientes para considerar que la bahía de Quintero debería contar a la fecha con una Norma de Calidad para sus Aguas Marinas, o bien, que debería estar ya incluida entre las primeras bahías en las que se de inicio al proceso normativo ambiental marino, continuación del que ya se viene desarrollando en varios ríos del país.

No obstante, esta bahía, como las restantes del país, carece aún de una Norma de Calidad de Aguas Marinas que la proteja y asegure una determinada calidad de sus aguas. Como se sabe, el proceso de generación de Normativa de Calidad Ambiental se encuentra en desarrollo, pero se ha enfocado en primera instancia a las aguas continentales superficiales, particularmente ríos, restando aún dar inicio a la necesaria generación de Normas de Calidad para Aguas Marinas, así como para lagos y estuarios, y posteriormente a las Normas de Calidad de Sedimentos.

Durante el transcurso de la generación de las normas de calidad para ríos, ha resultado evidente que la falta de información de base, antecedentes técnicos y científicos, etc., dificulta y atrasa el proceso normativo en forma importante, al carecerse de elementos que resultan indispensables para una adecuada y objetiva fundamentación del proceso de toma de decisiones que necesariamente se debe efectuar durante la elaboración de la norma de calidad en cuestión.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Ello ha quedado de manifiesto por ejemplo, en la generación de la Norma de Calidad del río Aconcagua durante el año 2005, donde fue evidente que junto a la información que se encontraba disponible, existían importantes carencias o vacíos de información, tanto para ciertos tramos geográficos del río, como para varios parámetros que se pretendía normar [Neuling, com. pers.].

En forma similar al caso antes mencionado, en el caso específico de Quintero, no se dispone a la fecha de antecedentes o de información organizada que permita comparar la Calidad Actual de sus aguas con diferentes Clases de Calidad que eventualmente pudieran ser asignables a la bahía, de acuerdo a la vocación o enfoque que tanto las autoridades a cargo de la futura elaboración de la Norma y/o la ciudadanía de Quintero decidan otorgarle.

En atención a los antecedentes sobre características y grado de vulnerabilidad de Quintero, se estima como altamente deseable y necesario, contribuir a generar y poner a disposición de las autoridades, información organizada respecto de la Calidad Actual del agua de la bahía y de estimaciones con base científica acerca de las Calidades Objetivo, ya que el inicio de la Norma en Quintero es solamente cuestión de tiempo, puesto que dicho proceso normativo marino deberá ser indicado tarde o temprano.

A diferencia de lo acontecido durante los procesos de elaboración de Normativa de Calidad Ambiental para ríos, existe aún en el caso de Quintero y otras bahías prioritarias, tiempo suficiente para sentar líneas de base, recopilar antecedentes y completar información faltante a partir de datos existentes, como los del POAL u otras bases de datos, lo que puede constituir una ventaja, al permitir generar antecedentes que permitan enfrentar los procesos de toma de decisiones en forma más objetiva y con mayor rigurosidad científica.

5. OBJETIVOS

Objetivo general

Generar antecedentes que permitan contribuir a la futura elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas Marinas de Quintero, a través de la Determinación de la Calidad Actual y Calidad Objetivo de dichas aguas y su comparación con diferentes posibles escenarios futuros de Calidad Ambiental.

Objetivos específicos

- Analizar datos históricos del POAL, correspondientes a la matriz de agua en bahía Quintero, obtenidos entre los años 1993 y 2005.
- Determinar la Calidad Actual del Agua de mar en diferentes áreas o sectores de bahía Quintero.
- Proponer la Calidad Objetivo para el agua de mar de Quintero, mediante el empleo de dos criterios, el empleado en la Guía CONAMA y el procedimiento empleado en la elaboración de las Normas de los Ríos Aconcagua y Maipo en el año 2005.
- Comparar la Calidad Objetivo propuesta con distintos escenarios posibles de Calidad Ambiental contemplados en la Guía CONAMA 2004.
- Predecir consecuencias respecto del desarrollo y probable destino futuro de la bahía, sus usos y actividades preferentes del borde costero, que se deriven de la adopción de la Calidad Objetivo propuesta, por parte de las autoridades correspondientes.

6. METODOLOGÍA

6.1. Área de estudio

La bahía se dividió en dos sectores: Norte y Sur, en base a los siguientes criterios:

1. Las áreas están definidas por los usos más frecuentes que éstas presentan. En el caso de Quintero, el sector Norte es plenamente industrial y el Sur, turístico, pesquero, habitacional, de comercio y servicios.
2. El pequeño tamaño de la bahía, que no alcanza los 5 kilómetros de longitud entre los extremos de su boca, no hacen recomendable ni necesaria su división en más áreas (por ejemplo, en el caso del río Aconcagua, cada uno de sus tramos mide más de 10 kilómetros).
3. Estos sectores son asimilables al concepto de “Áreas de Vigilancia” planteadas en la Guía CONAMA, que las define como “el cuerpo o curso de aguas superficiales, continentales o marinas, o parte de él, determinada por la autoridad competente para efectos de proponer, asignar y gestionar la calidad”.

6.2. Estaciones de monitoreo en estudio

Los datos utilizados en el presente trabajo provienen de la denominada “matriz de agua” del POAL para bahía de Quintero, es decir, de la parte correspondiente a datos de muestreos efectuados periódicamente en la columna de agua en estaciones distribuidas en diferentes puntos de la bahía, base de datos que además contiene otras series de registros de muestreos efectuados simultáneamente en cada campaña, tanto en la matriz sedimentaria de la bahía como en una o dos estaciones de muestreo de biota (chorito maico *Perumitylus purpuratus*.)

En cada una de estas muestras, se analiza una serie de analitos o parámetros físicos y químicos, que dan cuenta de la calidad de sus aguas, biota y sedimento.

Pese a que el POAL almacena datos obtenidos en Quintero desde 1989, año de inicio del POAL, se trabajó con datos correspondientes a muestreos efectuados desde 1993 en adelante, año en que se consolida la ejecución del monitoreo con regularidad en esta bahía.

Los datos corresponden a monitoreos efectuados en base a dos campañas anuales, efectuadas estacionalmente en períodos post Invierno y post Verano (en algunos años se agregó una tercera campaña post Primavera, excepto en 1993, en que se realizó una sola campaña en todo el año).

Las estaciones de monitoreo POAL originales consideradas en este trabajo se indican en el Anexo 2, Figura 2, y corresponden a las siguientes, distribuidas en torno a la bahía de Quintero:

Tabla 11. Estaciones de monitoreo originales de POAL. .

Estación 1	Estación 8
Estación 2	Estación 9
Estación 3	Estación 10
Estación 4	Estación A4
Estación 5	Estación A5
Estación 6	Estación A6
Estación 7	Estación A10

Fuente: Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL), bahía de Quintero.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Tomando en consideración que tres pares de estaciones originales del POAL tenían el mismo topónimo y eran muy cercanas entre sí en términos de coordenadas GPS (Global Positional System), se optó por fusionarlas [Anexo 2, Figura 3], adoptando el nombre de la más reciente, ya que en los tres casos en que se efectuaron fusiones, el objetivo conceptual a ser monitoreado era el mismo.

De esta manera, se fusionaron la estación 5 con la A5, la 10 con la A10 y la 7 con la estación A4.

En consecuencia, las 14 estaciones originales que contiene la serie histórica de datos de matriz de agua del POAL en Quintero, se reducen a 11 en el presente trabajo y corresponden a las siguientes:

Tabla 12. Estaciones de monitoreo definitivas de POAL.

Estación 1	Estación 8
Estación 2	Estación 9
Estación 3	
Estación 4	Estación A4
	Estación A5
Estación 6	Estación A6
	Estación A10

Fuente: Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL), bahía de Quintero.

Esta fusión de estaciones se realizó para poder obtener una mejor continuidad en la serie de datos de muestreo de la matriz acuática efectuado en un mismo sitio a través de los años, ya que las estaciones más recientes (A4, y A6) comenzaron a ser monitoreadas a partir del año 2001 en adelante, las estaciones A5 y A10 fueron monitoreadas desde el año 1997 en adelante y las estaciones desde la 1 a la 10 son más antiguas y sólo fueron muestreadas entre 1993 y 1997.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

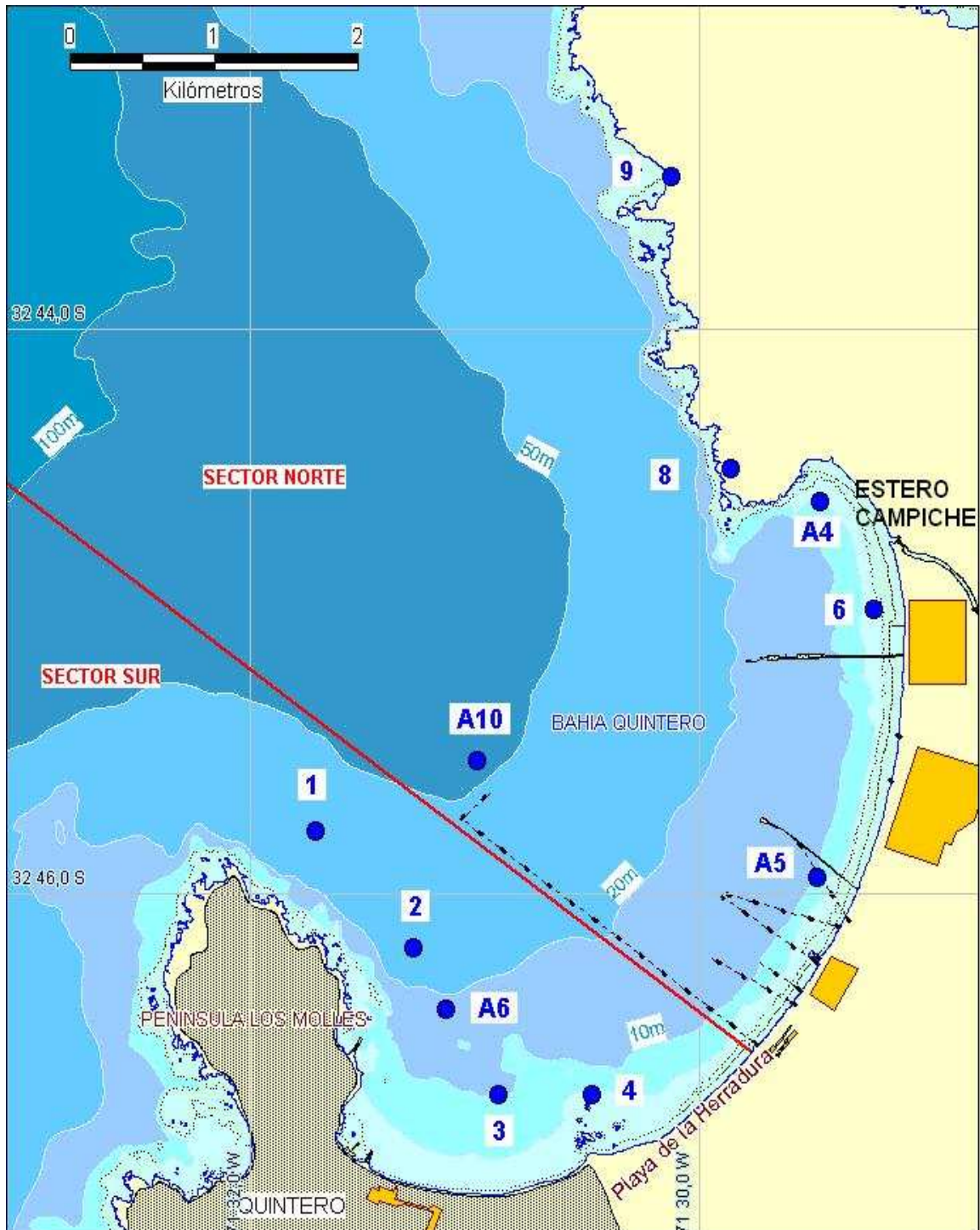
De un total de diez estaciones monitoreadas por el POAL, en la actualidad permanecen cuatro (A4, A5, A6, A10).

Esta modificación en el diseño de la estructura de muestreo obedeció a un cambio en el énfasis del esfuerzo de muestreo del POAL, que pasó en el año 2001 de tener un enfoque centrado en el monitoreo de estaciones de agua, a un nuevo enfoque, que sigue la tendencia actual a nivel mundial en este tipo de muestreos ambientales, centrados en una mayor cantidad de estaciones de muestreo del sedimento [Neuling, com.pers.].

Las estaciones 6, 8, 9, A4, A5 y A10, se ubican en el sector Norte, mientras que en el sector Sur se ubican las estaciones 1, 2, 3, 4 y A6. En la Figura 7, se indican las estaciones de monitoreo tanto en el sector Norte como en el Sur y en la Tabla 13, las coordenadas geográficas de estas estaciones de monitoreo.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Figura 7. Mapa de localización de las estaciones de monitoreo POAL en bahía de Quintero consideradas en el presente trabajo.



Fuente: Augusto Guidi, Geógrafo de Dirección de Intereses Marítimos (DIRINMAR) (2005).

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero
V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Tabla 13. Localización geográfica y topónimo de estaciones de monitoreo en bahía de Quintero.

ESTACIONES	TOPÓNIMO	COORDENADAS		
		°	'	"
1	Cueva del Pirata	32	45	48
		71	31	45
2	Las Conchillas	32	46	11
		71	31	16
3	El Bato	32	46	42
		71	30	53
4	Rocas de Loncura	32	46	42
		71	30	28
6	Sur Muelle Ventanas	32	44	50
		71	29	13
8	Punta Ventanilla	32	44	29
		71	29	51
9	Caleta el Tebo	32	43	27
		71	30	7
A 4	Caleta Ventana	32	44	37
		71	29	27
A 5	Ex Muelle ENAP	32	45	56
		71	29	28
A 6	Caleta Quintero	32	46	25
		71	31	8
A 10	Superboya (RPC)	32	45	31
		71	30	59

Fuente: Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL), bahía de Quintero.

6.3. Criterios de selección de los parámetros a estudiar

Los parámetros en estudio fueron los disponibles en el POAL para el área de estudio.

De un total de 15 parámetros, se seleccionaron: Aceites y Grasas, Amonio, Cadmio, Cobre, Coliformes Fecales, Cromo Total, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, Mercurio, Plomo y Zinc. Dichos parámetros fueron seleccionados basándose en los que se incluyen en la Guía de CONAMA para el establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Superficiales y Marinas [CONAMA (b), 2004].

No se consideraron los siguientes parámetros:

Fosfato, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, Nitrógeno total.

6.4. Metodología de obtención de Calidad Actual y Calidad Objetivo de agua de mar

El desarrollo de este trabajo se ajustó a los criterios y procedimientos indicados en la Guía CONAMA para la elaboración de las normas ambientales. De acuerdo a dicha Guía, los pasos a seguir para asignar Calidades Ambientales a las aguas marinas son los siguientes:

1. Formulación de una propuesta técnica de asignación de Calidad Ambiental para el cuerpo de agua seleccionado, también denominada "Calidad Objetivo".
2. Asignación de Calidad Objetivo por área de vigilancia, esto es, dentro de un tramo geográfico que reúne ciertas características distintivas propias.
3. La Calidad Ambiental establecida o Calidad Objetivo no debe ser inferior a la calidad existente o natural del recurso, también denominada "Calidad Actual".
4. La asignación técnica de la Calidad Objetivo debe ser determinada sobre la base de los usos prioritarios actuales, potenciales o futuros, la existencia de Comunidades acuáticas, la Calidad Actual existente, y el nivel de trofia que se desee conservar o recuperar, esto último en el caso de los cuerpos lacustres, fiordos, canales y estuarios.

5. Como criterio general que debe adaptarse a cada situación específica, la Guía CONAMA establece además que en el proceso de asignación de calidades deberá considerarse la calidad natural del recurso hídrico y criterios sitio – específicos, tales como la sensibilidad de especies locales vulnerables a las condiciones del medio natural en que habitan, las características físicas y químicas particulares del medio acuático, así como la biodisponibilidad, toxicidad o existencia de recursos hídricos que sustentan ecosistemas con características únicas, escasas y/o representativas.

6. En el proceso de asignación de calidades del cuerpo de agua, se debe considerar asimismo los elementos o compuestos incluidos en la categoría de “obligatorios” como en la categoría de “principales” para el cuerpo de agua.

Para la selección de los parámetros y el control, se deberán considerar los elementos o Compuestos Obligatorios y Principales, según se señale en la propuesta técnica de asignación de la calidad para los cuerpos y cursos de aguas superficiales continentales, según el estudio “Diagnostico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad”, realizado por la consultora Cadepe –idepe , para diversas cuencas del país, dentro de las cuales se encuentran la de los ríos Aconcagua y Maipo – Mapocho entre otras, los parámetros Obligatorios corresponden a: pH, DBO₅, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos y coliformes fecales. Para seleccionar los parámetros Principales se compara el valor que aparece, en el instructivo como límite de la clase 0 (la clase menor), con el valor máximo que alcanza el parámetro, incluyendo todos los registros de la Base de Datos Depurada (BDD). Todos los parámetros que tienen valores sobre el límite de la Clase 0 (clase menor), son seleccionados como parámetros Principales para el análisis de calidad del agua.

6.5. Análisis de datos

El análisis de datos se inicia con la recepción de la base de datos original de agua de mar del POAL correspondiente a bahía de Quintero, de parte del Servicio de Preservación del Medio Ambiente Acuático de DIRECTEMAR, la cual fue denominada como Base de Datos Bruta (BDB). Esta base fue reordenada, procediéndose a separar los datos por estación de monitoreo, siguiendo la secuencia de los años y campañas dentro de cada estación.

Luego, para depurar y validar los datos se siguieron los siguientes pasos:

6.6. Identificación de valores dudosos u outliers

Este análisis se realizó para validar en términos objetivos la confiabilidad de la información, que fue posteriormente utilizada en este estudio.

Se determinó la media de los valores para cada parámetro por período estacional (Otoño, Invierno y Primavera), siendo descartados aquellos valores que se alejaban sobre un valor igual o superior a tres veces el valor de la media y que no presentaban una tendencia en el tiempo [CONAMA (c), 2004].

6.7. Análisis de límites de detección

A continuación, se procedió a revisar todas las estaciones de monitoreo con sus respectivos parámetros, detectando los valores que se repetían. Estos valores corresponden a límites de detección por analito, donde en general el valor se antecede de un signo "<" (ej., < 0.002 ppm) y fueron obtenidos comparando la Base de Datos Bruta (BDB) con la metodología de análisis de agua de mar incluida en cada informe POAL original [Anexo 1, Tablas 6 & 7].

En los casos en que el valor reportado en la muestra correspondía al del límite de detección, y que dicho valor límite de detección fuese superior al valor establecido para ese parámetro en la Clase 1 de la Guía CONAMA, se optó por descartarlo, por la

incerteza que representan tales casos para el análisis posterior. Por ejemplo, si el valor de un analito en un muestreo cae bajo su límite de detección, siendo éste por ejemplo, “< 10 ppm”, y el valor en la Clase 1 de ese mismo parámetro es de 1 ppm, y en la Clase 2, de 15 ppm, se optó por eliminar dicho dato, ya que “< 10 ppm” bien podría ser “7 ppm”, correspondiéndole ser clasificado en la Clase 2; pero “< 10 ppm” también puede significar “0,2 ppm”, o un valor similar, en cuyo caso debería ser clasificado en Clase 1. Como no existe en este caso, forma alguna de asignarle a ese dato en forma objetiva alguna de las dos clases, se optó por no considerar dicho tipo de casos [CONAMA (c), 2004].

6.8. Análisis de límites físicos

Para obtener el rango de dispersión de los datos, se calcularon para cada parámetro sus medidas de tendencia central Máximo, Mínimo, Media, Mediana y Moda, así como sus medidas de dispersión, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación, en cada período estacional (o Campañas) considerado en la serie completa de datos de dicho parámetro desde 1993 hasta 2005, para los sectores Norte y Sur. Por ejemplo, se agruparon todos los valores de cobre en agua del sector Norte muestreados solamente en Otoño considerando todas las estaciones del sector Norte y todos los Otoños de la serie POAL en que se registraban datos validados, calculándose luego los estadísticos señalados. Lo mismo para cada parámetro del sector Norte y para cada período estacional (Inviernos, Primaveras), y posteriormente, lo mismo para el sector Sur. Todos los cálculos estadísticos se realizaron mediante el empleo del software Systat versión 5.0.

Luego de haber realizado la identificación de los valores dudosos, análisis de límites de detección y rango de límites físicos, la base de datos se denominó **Base de Datos Depurada (BDD)**, encontrándose lista para su análisis y empleo [CONAMA (c), 2004].

6.9. Nivel de los datos a estudiar

De acuerdo a lo establecido en la Guía CONAMA, la información recopilada en la BDD debe ser asignada a una de las siguientes categorías de datos:

Nivel 1: Se dispone de más de 10 registros por parámetro y período estacional, en cuyo caso corresponde calcular el valor correspondiente al percentil 66 del rango ordenado de esos 10 o más valores. Por ejemplo, para el parámetro Cobre, si al considerar el total de campañas de Invierno entre 1993 y 2005 existían más de 10 datos, se calculó el valor correspondiente al percentil 66 de esa serie. Caso contrario, se deben considerar datos de Nivel 2 [CONAMA (c), 2004].

Nivel 2: Se dispone de menos de 10 registros por parámetro y período estacional, correspondiendo calcular solamente la media de dichos los valores [CONAMA (c), 2004]

6.10. Determinación de la Calidad Actual de agua de mar en bahía de Quintero

Teniendo presente la notoria segregación geográfica de los usos de la bahía, con una marcada tendencia a la actividad portuaria e industrial en el sector Norte y a la actividad recreativa, pesquera y de servicios en el sector Sur, se determinaron Calidades Actuales por sector, estableciéndose una para el sector Norte y otra para el sector Sur, bajo el supuesto que ellas deberían resultar diferentes como reflejo de la diversidad de actividades.

Siguiendo la metodología establecida en la Guía CONAMA, una vez obtenida la BDD, se procedió a obtener la media o el percentil 66, según correspondiera, dependiendo de la cantidad de datos disponibles por parámetro. Como se explicó en el acápite anterior, este análisis se realizó por sector, Norte y Sur, tomando para cada parámetro todas las estaciones del sector, manteniendo la secuencia de los años y agrupando los valores de cada parámetro por período estacional (Otoño, Invierno y Primavera). A los valores correspondientes al percentil 66 o a la media así obtenidos, se les asignó una Clase de Calidad, basándose en la Guía CONAMA [Anexo 1, tablas 8 & 9]. De esta manera, el percentil 66 o la media del listado ordenado de valores de cada parámetro, según

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

corresponda, representa la Calidad Actual de dicho parámetro para los sectores Norte y Sur de la bahía, respectivamente.

6.11. Determinación de la Calidad Objetivo de agua de mar en bahía de Quintero

Una vez determinada la Calidad Actual de la bahía para cada sector, se procedió a establecer la Calidad Objetivo. Como se recordará, ella corresponde a la Meta de Calidad ambiental para el recurso hídrico que se desea mantener o alcanzar en un determinado período. De acuerdo a lo que establece la Guía CONAMA, la Clase Objetivo corresponde a una de las Clases de Calidad posibles (Clase 1, Clase 2, Clase 3).

Esto se realizó según dos criterios:

Primer Criterio: Comparación al nivel del 60% de similitud, con cada una de las tres Clases de Calidad de la Guía CONAMA, esto es, que si más del 60% de los parámetros analizados en cada período estacional se encuentran dentro de alguna de las tres Clases de Calidad establecidas en la Guía CONAMA, ella será elegida como la Clase Objetivo, y el valor para ser normado dentro de ella, será el más desfavorable de los tres períodos estacionales que pertenezcan a dicha clase. Por ejemplo, si de los once parámetros analizados en el presente trabajo, seis caen en la Clase 2 de la Guía CONAMA, entonces la Clase 2 será la Clase Objetivo, y el valor asignado a cada parámetro será el percentil 66 o media de los tres correspondientes a Primavera, Otoño o Invierno.

No obstante, este criterio no resulta necesariamente el más adecuado, ya que como se observó en la realidad una vez que la Guía CONAMA se puso en práctica, durante la elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental en ríos, como el caso del Aconcagua o del Maipo, por ejemplo, es muy improbable que todos los parámetros queden dentro de una sola clase, habiéndose visto casos de tramos de río definidos como Áreas de Vigilancia en que de diez parámetros, tres quedaban en Clase 1, tres en Clase 2 y cuatro en Clase 3.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

En situaciones de este tipo, que parecieran ser las más comunes, es difícil o imposible asignar el río o ni siquiera un tramo a una sola Clase de Calidad y por ende definir una sola Calidad Objetivo representativa.

Incluso peor, es peligroso en términos ambientales, ya que si se establece como Calidad Objetivo la Clase 2, los 4 parámetros que calificaron para Clase 3 estarían bajo los estándares de la norma, por lo que en principio deberían dar paso al inicio de respectivos Planes de Descontaminación, o en su defecto, quedarían avalando situaciones ambientales deficitarias que no se condicen con una Clase de Calidad Objetivo de nivel 2. En vista de la ocurrencia de este tipo de situaciones, que quedaron de manifiesto en la aplicación de la Guía CONAMA, se optó en el proceso de generación de las respectivas Normas para los ríos Aconcagua y Maipo, con establecer un segundo criterio, más pragmático:

Segundo Criterio: Asignación de condición de Calidad Objetivo a la Calidad Actual previamente obtenida para cada parámetro (Criterio para la Norma secundaria del río Aconcagua y Maipo). En este caso, cada parámetro es normado por separado, por lo que se asigna a cada uno su propia Clase Objetivo, la cual se designó en este caso tomando el valor más desfavorable (el valor más elevado) de los tres períodos estacionales por parámetro.

En consecuencia y de acuerdo a este criterio, cada valor así seleccionado por parámetro tendrá categoría de Clase Objetivo, siendo propuestos para ser normados. En este caso, es el valor más desfavorable del propio parámetro el que se convierte en Calidad Objetivo, lo que significa que es justamente este valor actual el que la norma desea alcanzar (o mantener como mínimo) como Objetivo de Calidad. Este criterio es idéntico al empleado por el Comité Técnico constituido por CONAMA, más las autoridades sectoriales competentes (DGA, SAG, Gobernaciones Marítimas de Valparaíso y San Antonio, SEREMI de Salud, CONAF, etc.) en la elaboración de las normas ambientales de los ríos Aconcagua y Maipo.

Los valores de calidad determinados tanto por el primer o segundo criterio, sean Percentiles 66 o Medias, se aproximaron al número entero más cercano [CONAMA (b), 2004].

6.12. Comparación de la Calidad Objetivo con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Las Calidades Objetivo así obtenidas para ambos sectores de la bahía, fueron comparadas con tres escenarios de Calidad Ambiental, que correspondieron a las tres Clases de Calidad establecidas en la Guía CONAMA.

En la discusión se analiza el grado de compatibilidad que presenta la bahía con sus usos y actividades actuales respecto de la Calidad y Clase Objetivo propuestas para cada sector, así como con los posibles escenarios de Calidad Ambiental que se deriven de la selección de alguna de las tres Clases de Calidad. Se analizan además, las consecuencias que se derivan respecto de la orientación futura de los usos y actividades existentes o futuros, en caso que la comunidad de Quintero en consulta pública de la futura Norma, y/o las autoridades a cargo del proceso de elaboración de la misma, decidan asignar una determinada Clase de Calidad como Calidad Objetivo a las aguas marinas de la bahía de Quintero.

7. RESULTADOS

7.1 Análisis de límites de detección y valores dudosos

En la Tabla 14 se puede observar que se dispuso de un total de 1125 datos para toda la bahía, siendo 758 datos para el sector Norte y 367 para el sector Sur.

Del total de datos del sector Norte, 307 correspondieron a límites de detección, mientras que en el sector Sur se encontraron 108. En la Tabla 15 se observa que del total de límites de detección, se eliminaron de la BDB para el sector Norte 122 y 32 para el sector Sur

En el caso de los valores dudosos se encontraron 93 en el sector Norte y 45 en el sector Sur, [Anexo 1, Tablas 10 & 11] y todos fueron retirados de la BDB.

La BDB y BDD, para ambos sectores, se encuentran en el Anexo 1, Tablas 12, 13, 14 y 15.

Tabla 14. Límites de detección (L.D) y valores dudosos (V.D) en sectores Norte y Sur.

	Estación de Monitoreo	n	L. D		V. D			
			n	% Estación	% del Total L.D	n	% Estación	% del Total de V.D
SECTOR NORTE	6	72	16	22,2	5,2	8	11,1	8,6
	8	72	15	20,8	4,9	9	12,5	9,6
	9	48	16	33,3	5,2	4	8,3	4,3
	A 4	150	71	47,3	23,1	21	14,0	22,5
	A 5	212	90	42,5	29,3	34	16,0	37,0
	A 10	204	99	48,5	32,2	17	8,3	18,2
	TOTAL	758	307		100,0	93		100,0
SECTOR SUR	1	73	8	10,9	7,4	14	19,1	31,1
	2	72	13	18,1	12,0	9	12,5	20,0
	3	72	15	20,8	13,8	6	8,3	13,3
	4	72	17	23,6	15,7	6	8,3	13,3
	A6	78	55	70,5	50,9	10	12,8	22,2
	TOTAL	367	108		100,0	45		100,0
	TOTAL BAHIA	1125	415			138		

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Figura 8. Porcentaje de límites de detección por estación de monitoreo, en sector Norte de bahía Quintero.

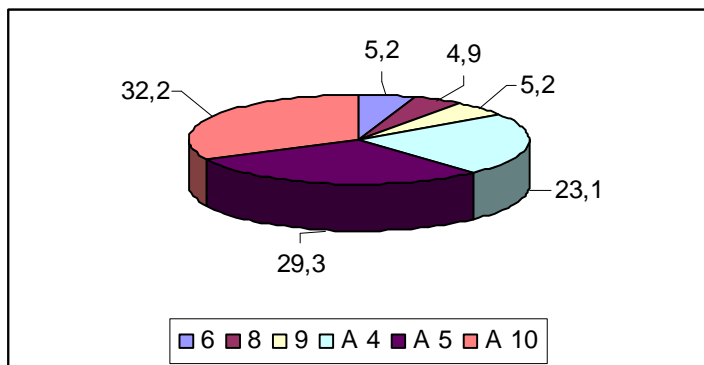


Figura 9. Porcentaje de valores dudosos por estación de monitoreo, en sector Norte de bahía Quintero.

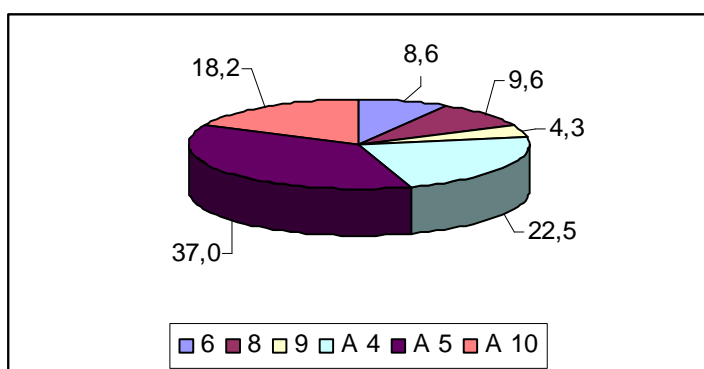
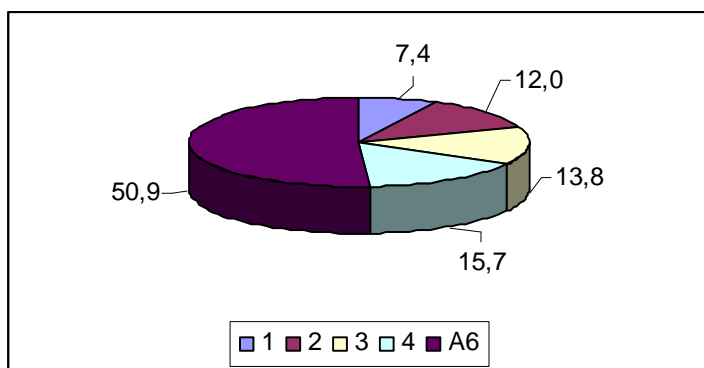


Figura 10. Porcentaje de límites de detección por estación de monitoreo, en sector Sur de bahía Quintero.



Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Figura 11. Porcentaje de valores dudosos por estación de monitoreo, en sector Sur de bahía Quintero.

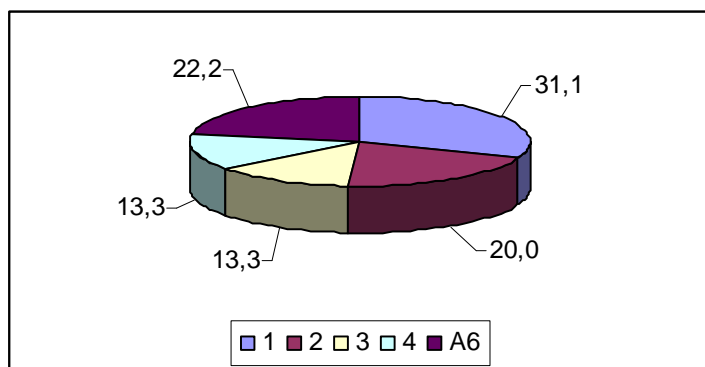


Tabla 15. Límites de detección (L.D) extraídos en sectores Norte y Sur.

	Estación de Monitoreo	n	L.D		L. D extraídos	
			n	n	% Estación	% del Total L.D
SECTOR NORTE	6	72	16	0	0	0
	8	72	15	0	0	0
	9	48	16	0	0	0
	A 4	150	71	32	21,3	26,2
	A 5	212	90	48	22,6	39,3
	A 10	204	99	42	20,5	34,4
	TOTAL	758	307	122		100,0
SECTOR SUR	1	73	8	0	0	0
	2	72	13	0	0	0
	3	72	15	0	0	0
	4	72	17	0	0	0
	A 6	78	55	32	41,0	100
	TOTAL	367	108	32		100
	TOTAL BAHÍA	1125	415	154		

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Figura 12. Porcentaje de límites de detección extraídos por estación de monitoreo, en sector Norte de bahía Quintero.

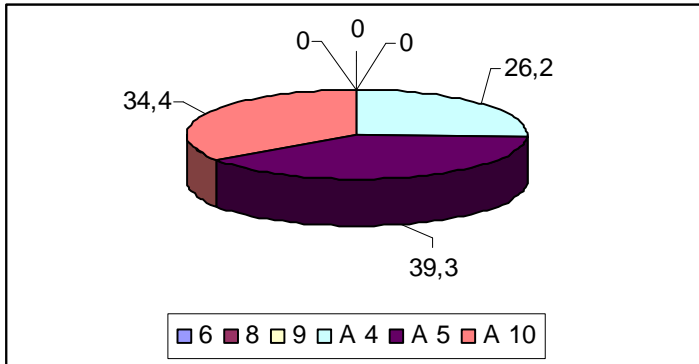
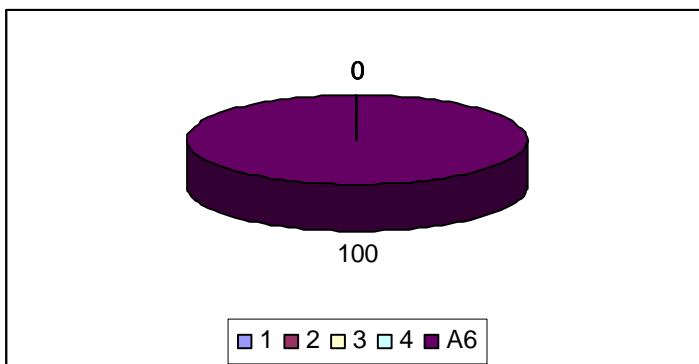


Figura 13. Porcentaje de límites de detección extraídos por estación de monitoreo, en sector Sur de bahía Quintero.



Determinación de la Calidad Actual de agua de mar en Quintero y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

7.2. Análisis de límites físicos

Tabla 16. Análisis de límites físicos en sector Norte.

CAMPAÑA DE OTOÑO ENTRE 1993 Y 2005 SECTOR NORTE											
PARÁMETRO	UNIDAD	NIVEL DE DATOS	N	MAX	MIN	MODA	MEDIANA	MEDIA	DESV. EST	COEF. VAR.	PERCENTIL 66
Mercurio	µg/L	1	14	0,34	0,05	0,05	0,09	0,12	0,09	0,76	0,12
Cadmio	µg/L	1	15	1,00	0,10	0,15	0,15	0,35	0,35	0,98	0,27
Plomo	µg/L	1	13	4,59	0,55	2,00	2,00	2,35	1,41	0,60	2,28
Cobre	µg/L	1	16	6,00	0,50	1,40	3,00	2,73	1,63	0,60	3,18
Zinc	µg/L	1	20	50,00	4,30	10,00	18,22	22,02	14,33	0,65	27,22
Cromo Total	µg/L	2	9	48,00	42,00	42,00	43,00	43,78	2,33	0,05	
Col.fec	NMP/100ml	1	17	2,00	1,80	2,00	2,00	1,99	0,05	0,02	2,00
Amonio	µmol/L	1	15	8,47	0,55	2,20	3,90	3,85	2,09	0,54	4,52
CAMPAÑA DE INVIERNO ENTRE 1993 Y 2005 SECTOR NORTE											
Mercurio	µg/L	1	21	0,32	0,05	0,05	0,10	0,12	0,09	0,72	0,14
Cadmio	µg/L	1	20	0,24	0,03	0,12	0,13	0,13	0,06	0,45	0,16
Plomo	µg/L	1	23	2,27	0,01	0,48	0,69	0,91	0,66	0,73	1,26
Cobre	µg/L	1	26	16,28	0,07	0,50	2,25	4,12	4,40	1,07	4,27
Zinc	µg/L	1	27	31,39	0,07	10,00	11,58	12,43	8,44	0,68	13,32
Cromo Total	µg/L	1	25	56,00	0,11	54,00	31,00	28,57	21,23	0,74	45,84
Col.fec	NMP/100ml	1	20	2,00	1,80	2,00	2,00	1,99	0,05	0,02	2,00
Amonio	µmol/L	1	25	5,50	0,55	0,72	2,80	2,95	1,63	0,55	3,69
CAMPAÑA DE PRIMAVERA ENTRE 1993 Y 2005 SECTOR NORTE											
Mercurio	µg/L	1	23	0,18	0,05	0,05	0,06	0,08	0,05	0,58	0,10
Cadmio	µg/L	1	27	0,10	0,03	0,10	0,14	0,31	0,30	0,96	0,38
Plomo	µg/L	1	23	0,17	0,01		0,62	0,58	0,35	0,61	0,70
Cobre	µg/L	1	30	6,08	0,52	1,00	2,44	2,68	1,59	0,59	3,02
Zinc	µg/L	1	28	28,89	1,72	10,00	15,99	15,48	7,11	0,46	17,91
Cromo Total	µg/L	1	25	81,00	10,00	54,00	48,00	44,16	16,43	0,37	52,00
Col.fec	NMP/100ml	1	28	2,00	1,80	2,00	2,00	1,98	0,06	0,03	2,00
Amonio	µmol/L	1	27	5,50	0,72	0,72	2,31	2,30	1,54	0,67	2,80

Nota: Coli.fec: Coliformes fecales

Determinación de la Calidad Actual de agua de mar en Quintero y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

La Tabla 16 presenta el análisis de los datos por parámetro y período estacional en el sector Norte de bahía Quintero.

Se puede observar que se dispuso de 517 datos distribuidos en los tres períodos estacionales, 119 datos para Otoño, 187 para Invierno y 211 para Primavera.

En el período estacional de Otoño se encontraron las concentraciones promedio más elevadas para los parámetros Cadmio, Plomo, Zinc y Amonio.

Para Cadmio el valor que más se repitió fue 0,15 $\mu\text{g/L}$. El 50 % de los valores estuvo por encima de 0,15 $\mu\text{g/L}$ y el restante 50 % se situó por debajo de este valor. En promedio los valores para este parámetro se ubicaron en 0,35 $\mu\text{g/L}$. Asimismo se desviaron de 0,35 $\mu\text{g/L}$, en promedio 0,35 $\mu\text{g/L}$. Los valores variaron entre el mínimo 0,100 $\mu\text{g/L}$ y el máximo 1,00 $\mu\text{g/L}$, con $N = 15$.

El valor que más se repitió para el parámetro Plomo fue 2,00 $\mu\text{g/L}$. El 50 % de los valores estuvo por encima de 2,00 $\mu\text{g/L}$ y el restante 50 % se situó por debajo de este valor. En promedio los valores para este parámetro se ubicaron en 2,35 $\mu\text{g/L}$. Asimismo se desviaron de 2,35 $\mu\text{g/L}$, en promedio 1,41 $\mu\text{g/L}$. Los valores variaron entre el mínimo 0,55 $\mu\text{g/L}$ y el máximo 4,59 $\mu\text{g/L}$, con $N = 13$.

Para Zinc el valor que más se repitió fue 10,00 $\mu\text{g/L}$. El 50 % de los valores estuvieron por encima de 18,23 $\mu\text{g/L}$ y el restante 50 % se situó por debajo de este valor. En promedio los valores para este parámetro se ubicaron en 22,02 $\mu\text{g/L}$. Asimismo se desviaron de 22,02 $\mu\text{g/L}$, en promedio 14,33 $\mu\text{g/L}$. Los valores variaron entre el mínimo 4,30 $\mu\text{g/L}$ y el máximo 50,00 $\mu\text{g/L}$, con $N = 20$.

El valor que más se repitió para el parámetro Amonio fue 2,20 $\mu\text{mol/L}$. El 50 % de los valores estuvieron por encima de 3,9 $\mu\text{mol/L}$ y el restante 50 % se situó por debajo de este valor. En promedio los valores para este parámetro se ubicaron en 3,85 $\mu\text{mol/L}$. Asimismo se desviaron de 3,85 $\mu\text{mol/L}$, en promedio 2,09 $\mu\text{mol/L}$. Los valores variaron entre el mínimo 0,55 $\mu\text{mol/L}$ y el máximo 8,47 $\mu\text{mol/L}$, con $N = 15$.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

En el caso de las campañas que conforman el período estacional de Invierno se encontraron las concentraciones promedio más elevadas para los parámetros Mercurio y Cobre.

Para Mercurio el valor que más se repitió fue 0,05 µg/L. El 50 % de los valores estuvieron por encima de 0,10 µg/L y el restante 50 % se situó por debajo de este valor. En promedio los valores para este parámetro se ubicaron en 0,12 µg/L. Asimismo se desviaron de 0,12 µg/L, en promedio 0,09 µg/L. Los valores variaron entre el mínimo 0,05 µg/L y el máximo 0,32 µg/L, con N = 21.

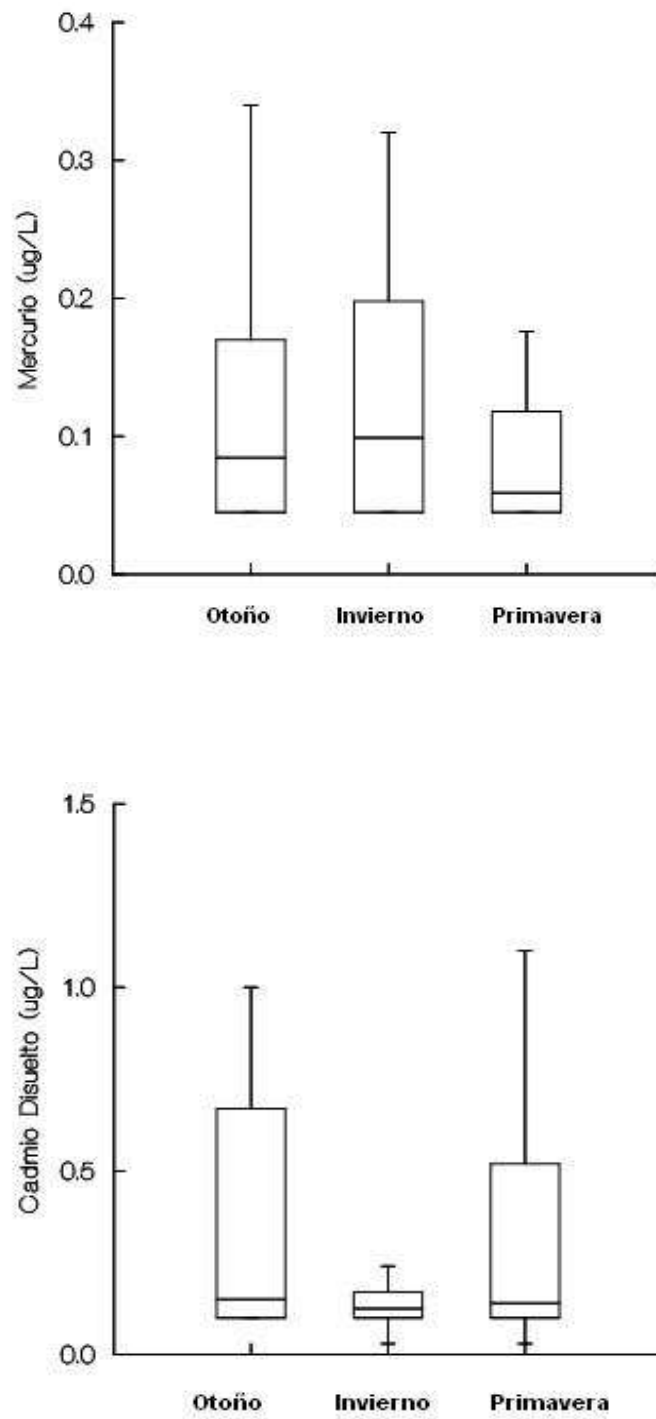
El valor que más se repitió para el parámetro Cobre fue 0,5 µg/L. El 50 % de los valores estuvieron por encima de 2,25 µg/L y el restante 50 % se situó por debajo de este valor. En promedio los valores para este parámetro se ubicaron en 4,12 µg/L. Asimismo se desviaron de 4,12 µg/L, en promedio 4,40 µg/L. Los valores variaron entre el mínimo 0,07 µg/L y el máximo 16,28 µmol/L, con N = 26.

En el período estacional Primavera se encontró la concentración promedio más elevada para el parámetro Cromo Total.

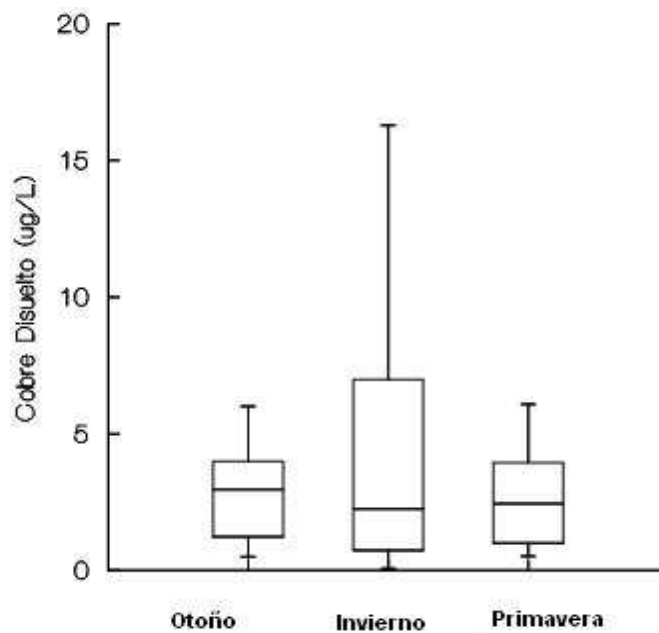
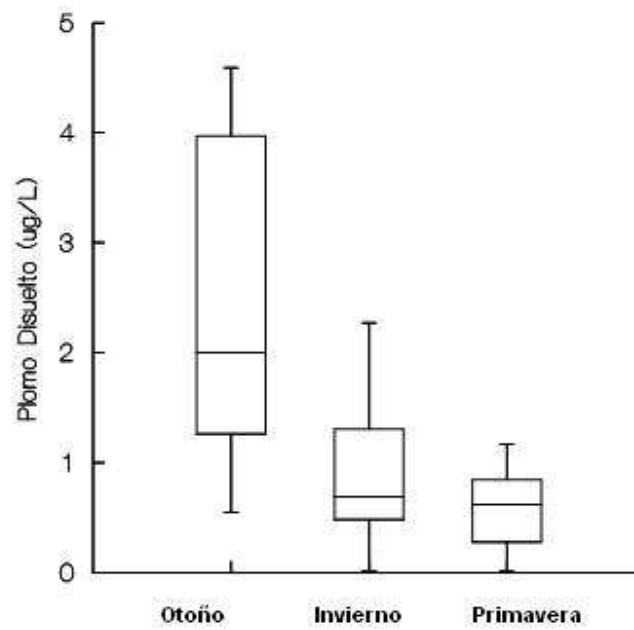
El valor que más se repitió para Cromo Total fue 54,00 µg/L. El 50 % de los valores estuvieron por encima de 48,00 µg/L y el restante 50 % se situó por debajo de este valor. En promedio los valores para este parámetro se ubicaron en 44,16 µg/L. Asimismo se desviaron de 44,16 µg/L, en promedio 16,43 µg/L. Los valores variaron entre el mínimo 10,00 µg/L y el máximo 81,00 µg/L, con N = 25.

El parámetro Coliformes fecales, presentó las concentraciones promedio más elevadas, para dos periodos estacionales Otoño e Invierno.

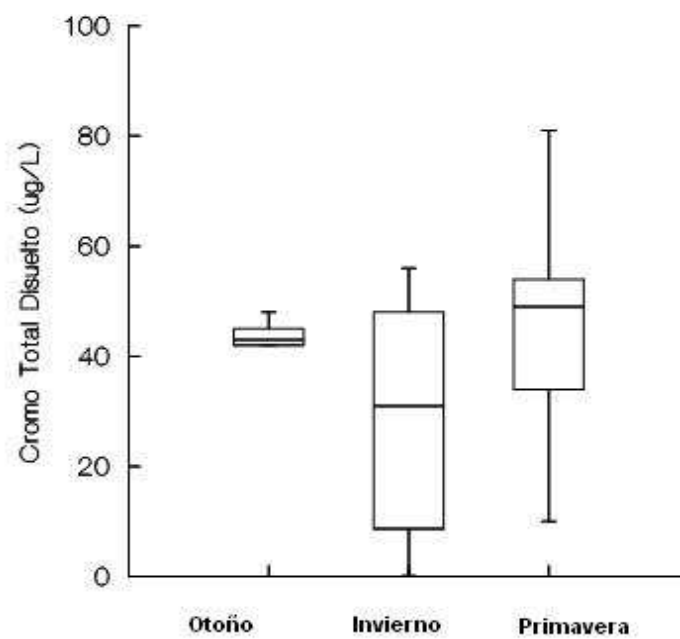
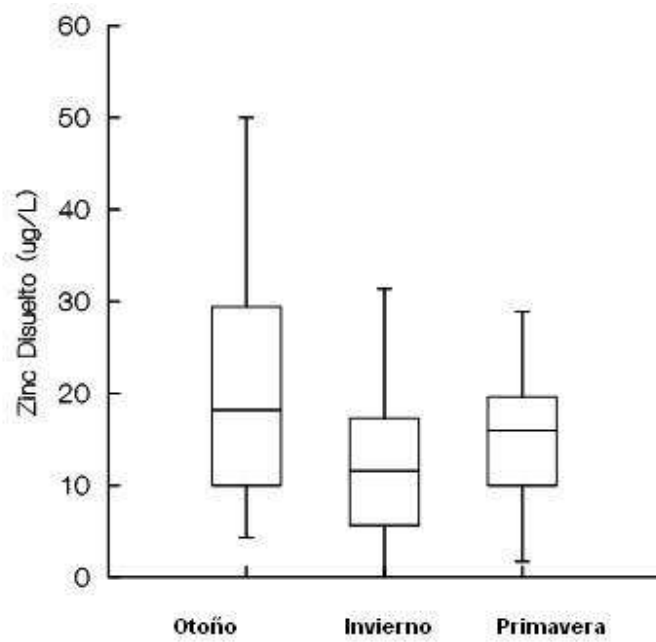
Figura 14. Concentraciones promedio de los parámetros en estudio, durante los tres períodos estacionales en sector Norte de bahía Quintero.



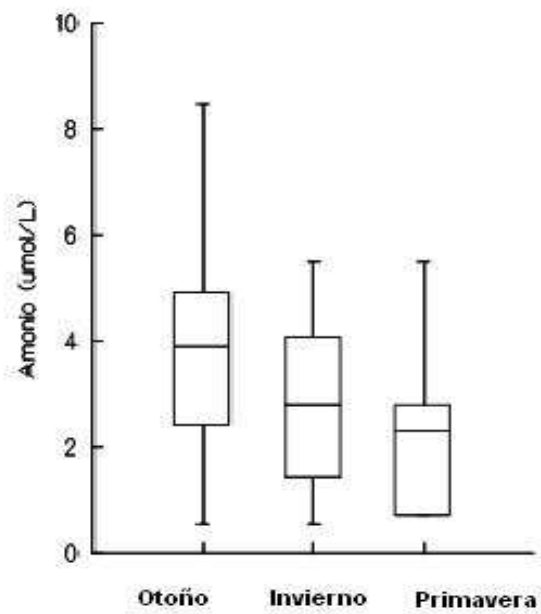
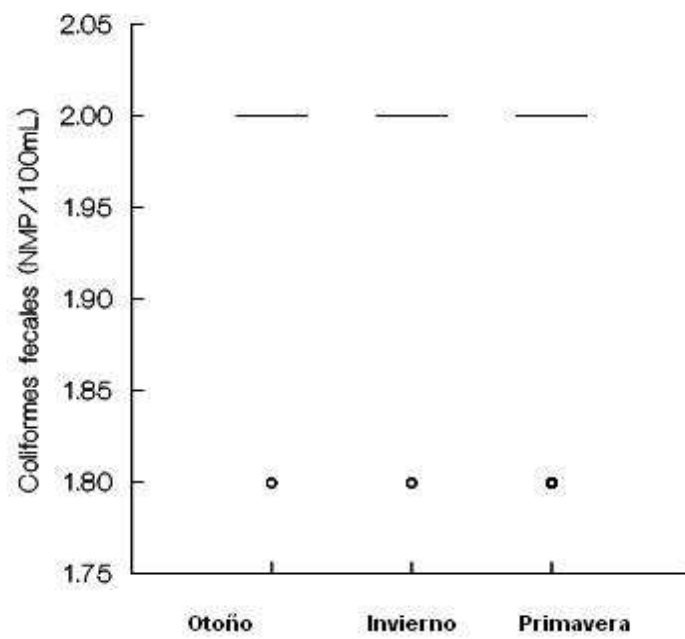
Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental



Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental



Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental



Determinación de la Calidad Actual de agua de mar en Quintero y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Tabla 17. Análisis de límites físicos en sector Sur.

CAMPAÑA DE OTOÑO ENTRE 1993 Y 2005 SECTOR SUR											
PARÁMETRO	UNIDAD	NIVEL DE DATOS	N	MAX	MIN	MODA	MEDIANA	MEDIA	DESV. EST	COEF. VAR.	PERCENTIL 66
Mercurio	µg/L	2	9	0,14	0,05	0,05	0,05	0,07	0,03	0,48	
Cadmio	µg/L	2	6	0,15	0,10	0,10	0,11	0,12	0,03	0,21	
Plomo	µg/L	2	9	9,62	0,54		3,89	3,86	3,04	0,79	
Cobre	µg/L	2	9	4,31	0,53		2,57	2,53	1,17	0,46	
Zinc	µg/L	2	8	50,25	4,10		23,80	24,80	14,63	0,59	
Cromo Total	µg/L	2	8	55,00	34,00		43,50	43,00	7,64	0,18	
Col.fec	NMP/100ml	2	8	14,00	2,00	2,00	2,00	4,88	4,82	0,99	
Amonio	µmol/L	2	10	0,09	0,01	0,09	0,07	0,06	0,03	0,50	
CAMPAÑA DE INVIERNO ENTRE 1993 Y 2005 SECTOR SUR											
Mercurio	µg/L	1	12	0,20	0,05		0,10	0,10	0,06	0,57	0,10
Cadmio	µg/L	1	12	0,29	0,03	0,10	0,15	0,15	0,06	0,43	0,17
Plomo	µg/L	1	12	0,19	0,15		0,72	0,70	0,29	0,41	0,75
Cobre	µg/L	1	15	10,57	0,80		4,53	5,06	3,37	0,67	7,51
Zinc	µg/L	1	13	29,44	0,07		12,70	14,72	9,08	0,62	18,37
Cromo Total	µg/L	1	15	57,00	0,11	46,00	46,00	35,04	21,15	0,60	49,24
Col.fec	NMP/100ml	1	8	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00	
Amonio	µmol/L	1	16	0,13	0,01	0,05	0,08	0,06	0,04	0,54	0,08
CAMPAÑA DE PRIMAVERA ENTRE 1993 Y 2005 SECTOR SUR											
Mercurio	µg/L	1	16	0,39	0,05	0,05	0,17	0,17	0,12	0,73	0,24
Cadmio	µg/L	1	12	0,32	0,10	0,10	0,17	0,16	0,07	0,42	0,19
Plomo	µg/L	1	15	3,79	0,19	0,67	1,00	1,40	1,10	0,79	1,18
Cobre	µg/L	1	14	4,06	0,50	0,50	2,02	2,16	1,40	0,65	2,93
Zinc	µg/L	1	16	93,61	10,00		32,44	36,65	23,62	0,65	44,00
Cromo Total	µg/L	1	12	62,00	38,00	50,00	50,00	49,17	6,58	0,13	52,26
Col.fec	NMP/100ml	1	15	2,00	1,80	2,00	2,00	1,99	0,05	0,03	2,00
Amonio	µmol/L	1	17	0,13	0,01	0,01	0,05	0,05	0,04	0,70	0,07

Nota:

Coli.fec: Coliformes fecales

Determinación de la Calidad Actual de agua de mar en Quintero y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

La Tabla 17 presenta el análisis de los datos por parámetro y período estacional en el sector Sur de bahía Quintero.

Se puede observar que se dispuso de 287 datos distribuidos en los tres períodos estacionales, 67 datos para Otoño, 103 para Invierno y 117 para Primavera.

En el período estacional de Otoño se encontró la concentración promedio más elevada para los parámetros Plomo y Coliformes fecales.

El parámetro Plomo, no presentó un valor que se repitiera en particular. El 50 % de los valores estuvieron por encima de 3,89 $\mu\text{g/L}$ y el restante 50 % se situó por debajo de este valor. En promedio los valores para este parámetro se ubicaron en 3,86 $\mu\text{g/L}$. Asimismo se desviaron de 3,86 $\mu\text{g/L}$, en promedio 3,04 $\mu\text{g/L}$. Los valores variaron entre el mínimo 0,54 $\mu\text{g/L}$ y el máximo 9,62 $\mu\text{g/L}$, con $N = 9$.

Para Coliformes fecales el valor que más se repitió fue 2,00 NMP/100mL. El 50 % de los valores estuvieron por encima de 2,00 NMP/100mL y el restante 50 % se situó por debajo de este valor. En promedio los valores para este parámetro se ubicaron en 4,88 NMP/100mL. Asimismo se desviaron de 4,88 NMP/100mL, en promedio 4,82 NMP/100mL. Los valores variaron entre el mínimo 2,00 NMP/100mL y el máximo 14,00 NMP/100mL, con $N = 8$.

En el caso de las campañas que conforman el período estacional de Invierno se encontró la concentración promedio mas elevada para el parámetro Cobre.

El parámetro Cobre no presentó un valor que se repitiera en particular. El 50 % de los valores estuvo por encima de 4,53 $\mu\text{g/L}$ y el restante 50 % se situó por debajo de este valor. En promedio los valores para este parámetro se ubicaron en 5,06 $\mu\text{g/L}$. Asimismo se desviaron de 5,06 $\mu\text{g/L}$, en promedio 3,37 $\mu\text{g/L}$. Los valores variaron entre el mínimo 0,80 $\mu\text{g/L}$ y el máximo 10,57 $\mu\text{g/L}$, con $N = 15$.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

En el período estacional de Primavera se encontraron las concentraciones promedio más elevadas para los parámetros Mercurio, Cadmio, Zinc y Cromo Total.

Para Mercurio el valor que más se repitió fue 0,05 µg/L. El 50 % de los valores estuvo por encima de 0,17 µg/L y el restante 50 % se situó por debajo de este valor. En promedio los valores para este parámetro se ubicaron en 0,17 µg/L. Asimismo se desviaron de 0,17 µg/L, en promedio 0,12 µg/L. Los valores variaron entre el mínimo 0,05 µg/L y el máximo 0,39 µg/L, con N = 16.

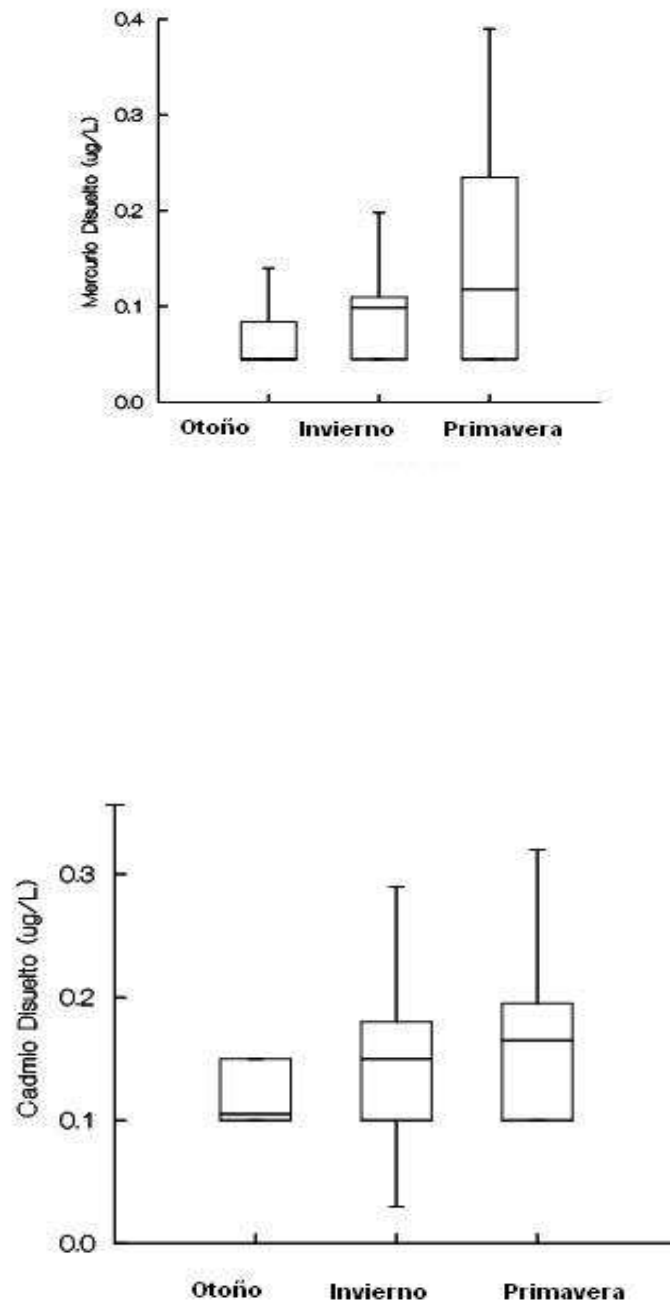
Para Cadmio el valor que más se repitió fue 0,10 µg/L. El 50 % de los valores estuvo por encima de 0,17 µg/L y el restante 50 % se situó por debajo de este valor. En promedio los valores para este parámetro se ubicaron en 0,16 µg/L. Asimismo se desviaron de 0,16 µg/L, en promedio 0,07 µg/L. Los valores variaron entre el mínimo 0,10 µg/L y el máximo 0,32 µg/L, con N = 12.

El parámetro Zinc, no presentó un valor que se repitiera en particular. El 50 % de los valores estuvo por encima de 32,44 µg/L y el restante 50 % se situó por debajo de este valor. En promedio los valores para este parámetro se ubicaron en 36,65 µg/L. Asimismo se desviaron de 36,65 µg/L, en promedio 23,62 µg/L. Los valores variaron entre el mínimo 10,00 µg/L y el máximo 93,61 µg/L, con N = 16.

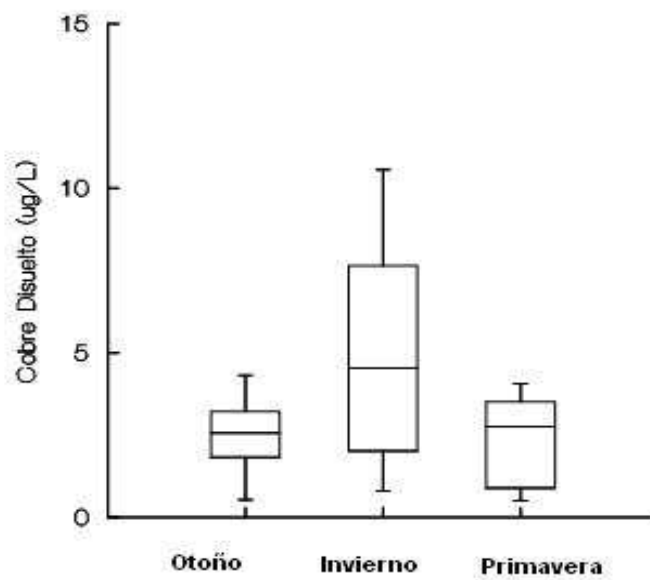
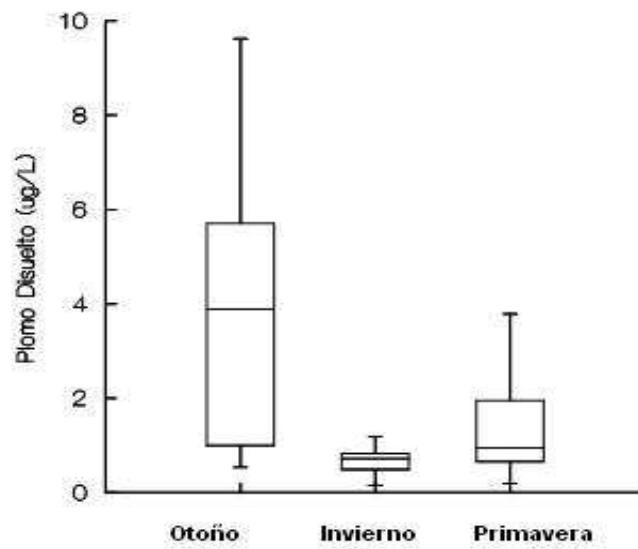
El valor que más se repitió para el parámetro Cromo Total fue 50,00 µg/L. El 50 % de los valores estuvieron por encima de 50,00 µg/L y el restante 50 % se situó por debajo de este valor. En promedio los valores para este parámetro se ubicaron en 49,17 µg/L. Asimismo se desviaron de 49,17 µg/L, en promedio 6,58 µg/L. Los valores variaron entre el mínimo 38,00 µg/L y el máximo 62,00 µg/L, con N = 12.

El parámetro Amonio, presentó las concentraciones promedio mas elevadas, para dos periodos estacionales Otoño en Invierno.

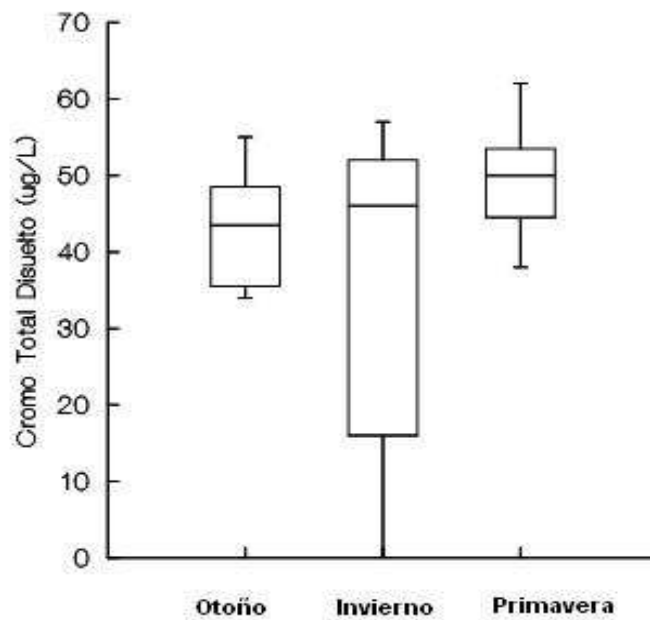
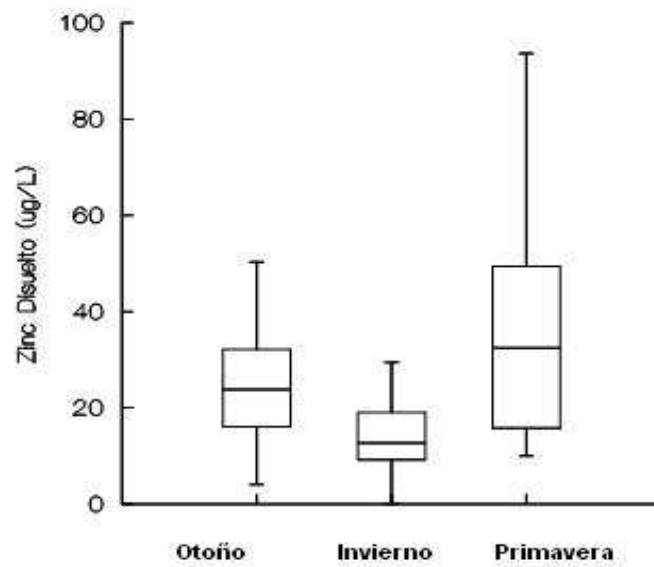
Figura 15. Concentraciones promedio de los parámetros en estudio, durante los tres períodos estacionales en sector Sur de bahía Quintero.



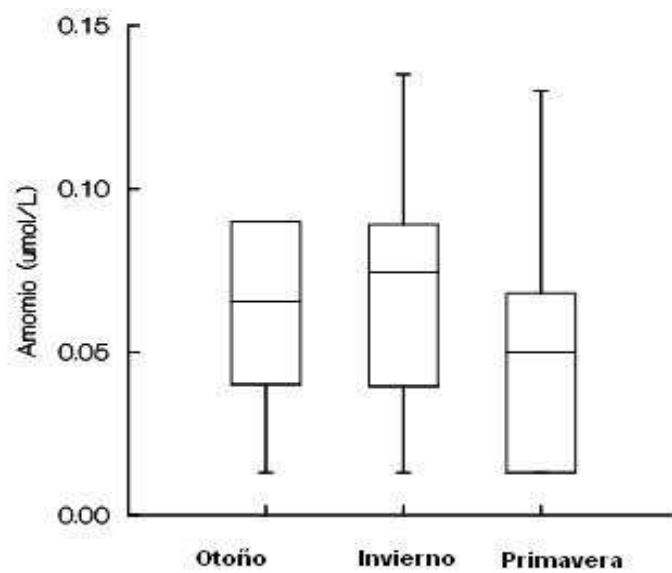
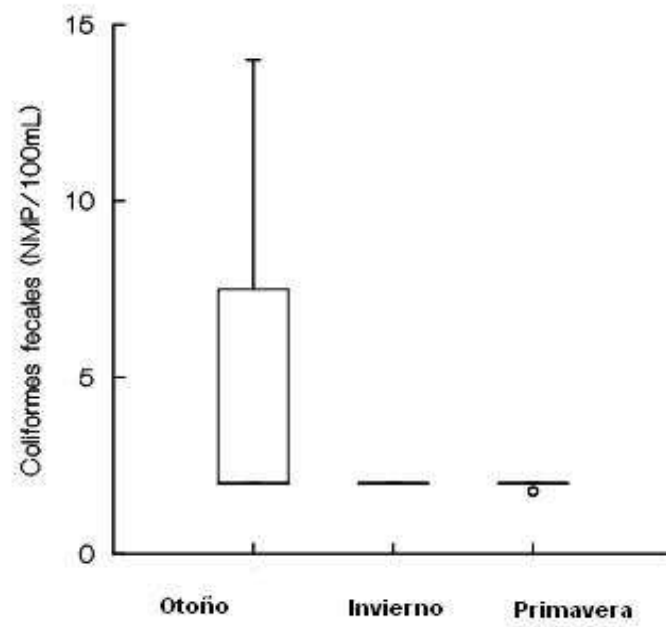
Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental



Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental



Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental



Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

7.3. Nivel de datos a estudiar

Tabla 18. Nivel de datos a estudiar en sector Norte.

OTOÑO			
PARÁMETRO	UNIDAD	NIVEL DE DATOS	PERCENTIL 66
Mercurio	µg/L	1	0,12
Cadmio	µg/L	1	0,27
Plomo	µg/L	1	2,28
Cobre	µg/L	1	3,18
Zinc	µg/L	1	27,22
Cromo Total	µg/L	2	43,78*
Col.Fec	NMP/100ml	1	2,00
Amonio	µmol/L	1	4,52
INVIERNO			
Mercurio	µg/L	1	0,14
Cadmio	µg/L	1	0,16
Plomo	µg/L	1	1,26
Cobre	µg/L	1	4,27
Zinc	µg/L	1	13,32
Cromo Total	µg/L	1	45,84
Col.Fec	NMP/100ml	1	2,00
Amonio	µmol/L	1	3,69
PRIMAVERA			
Mercurio	µg/L	1	0,10
Cadmio	µg/L	1	0,38
Plomo	µg/L	1	0,70
Cobre	µg/L	1	3,02
Zinc	µg/L	1	17,91
Cromo Total	µg/L	1	52,00
Col.Fec	NMP/100ml	1	2,00
Amonio	µmol/L	1	2,80

Nota:
Coli. Fec: Coliformes fecales.

Se puede observar que para Cromo Total, en el Período estacional Otoño, se trabajó con la media, ya que pertenece a información de Nivel 2.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Tabla 19. Nivel de datos a estudiar en sector Sur.

OTOÑO			
PARÁMETRO	UNIDAD	NIVEL DE DATOS	PERCENTIL 66/MEDIA
Mercurio	µg/L	2	0,07*
Cadmio	µg/L	2	0,12*
Plomo	µg/L	2	3,86*
Cobre	µg/L	2	2,53*
Zinc	µg/L	2	24,80*
Cromo Total	µg/L	2	43,00*
Col.fec	NMP/100ml	2	4,88*
Amonio	µmol/L	2	0,06*
INVIERNO			
Mercurio	µg/L	1	0,1
Cadmio	µg/L	1	0,17
Plomo	µg/L	1	0,75
Cobre	µg/L	1	7,51
Zinc	µg/L	1	18,37
Cromo Total	µg/L	1	49,24
Col.fec	NMP/100ml	2	2,00*
Amonio	µmol/L	1	0,08
PRIMAVERA			
Mercurio	µg/L	1	0,24
Cadmio	µg/L	1	0,19
Plomo	µg/L	1	1,18
Cobre	µg/L	1	2,93
Zinc	µg/L	1	44,00
Cromo Total	µg/L	1	52,26
Col.fec	NMP/100ml	1	2,00
Amonio	µmol/L	1	0,07

Nota:
Coli. Fec: Coliformes fecales.

*: Corresponde a la media de los valores.

Se puede observar que los datos de Otoño y el parámetro Coliformes fecales para Invierno, fueron los únicos en los cuales se trabajó con la media, ya que pertenecen a información de Nivel 2, en Invierno y Primavera, se trabajó con el percentil 66, exceptuando ya que los datos se encuentran en Nivel 1.

7.4. Determinación de la Calidad Actual de agua de mar en bahía Quintero

7.4.1. Calidad Actual sector Norte

En la Tabla 20 se presentan los valores (Percentil 66 y Media) para cada parámetro por período estacional con sus respectivas clases de Calidad Actual.

En esta tabla se puede observar que los parámetros que se mantuvieron más estables durante los tres períodos estacionales son: Mercurio, Cadmio, Plomo, Cobre, Zinc, Coliformes fecales y Amonio, los cuales se encontraron dentro de la Clase 1 de la Guía CONAMA (2004).

Cromo Total, presentó valores en Clase 2 para Otoño e Invierno y Clase 3 para Primavera.

Para Coliformes fecales, los valores de calidad para los tres períodos estacionales correspondieron a 2 NMP/100mL, fue asignada la Clase 1, debido a que este valor de calidad corresponde al valor límite de esta clase.

Los valores destacados en amarillo son los más desfavorables (más elevados) de cada parámetro, tomando los tres períodos estacionales, y son los que posteriormente se utilizarán para establecer la Clase Objetivo según el segundo criterio.

Tabla 20. Calidad Actual de agua de mar en bahía Quintero sector Norte.

PARÁMETRO	UNIDAD	PERCENTIL 66 /CLASE DE CALIDAD						CLASES DE CALIDAD GUÍA		
		OTOÑO	CLASE	INVIERNO	CLASE	PRIMAVERA	CLASE	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
Mercurio	µg/L	0,12	1	0,14	1	0,10	1	< 0,2	0,2 -- 0,5	0,5
Cadmio	µg/L	0,27	1	0,16	1	0,38	1	< 5	5 -- 10	10
Plomo	µg/L	2,28	1	1,26	1	0,70	1	< 3	3 -- 50	50
Cobre	µg/L	3,18	1	4,27	1	3,02	1	< 10	10 -- 50	50
Zinc	µg/L	27,22	1	13,32	1	17,91	1	< 30	30 -- 100	100
Cromo Total	µg/L	43,00	2	45,84	2	52,00	3	< 10	10 -- 50	50 -- 100
Col.fec	NMP/100ml	2,00	1	2,00	1	2,00	1	< 2	< 43	< 1000
Amonio	µmol/L	4,52	1	3,69	1	2,80	1	< 5	5 -- 10	10 -- 15

Determinación de la Calidad Actual de agua de mar en Quintero y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

7.4.2. Calidad Actual sector Sur

En la Tabla 21 se presentan los valores (Percentil 66 y Media) para cada parámetro por período estacional, con sus respectivas Clases de Calidad Actual.

Los valores correspondientes al período estacional Otoño correspondieron a la Media.

En esta Tabla se puede observar que los parámetros que se mantuvieron más estables durante los tres períodos estacionales fueron: Cadmio, Cobre y Amonio, los cuales se encontraron dentro de la Clase 1 de la Guía CONAMA (2004).

Cromo Total presentó los mayores valores para los tres períodos estacionales, con Clase 2 para Otoño e Invierno y Clase 3 para Primavera.

Plomo y Zinc, presentaron dos valores en Clase 2, el primer parámetro en Otoño y el segundo parámetro en Primavera.

Coliformes Fecales presentó un valor en Clase 2, en Otoño.

Los valores destacados en amarillo son los más desfavorables (más elevados) de cada parámetro tomando los tres períodos estacionales, y son los que posteriormente se utilizarán para establecer la Calidad Objetivo y Clase Objetivo, según el segundo criterio.

Tabla 21. Calidad Actual de bahía Quintero sector Sur.

PARÁMETRO	UNIDAD	PERCENTIL 66 / MEDIA /CLASE DE CALIDAD						CLASES DE CALIDAD GUÍA CONAMA (
		OTOÑO	CLASE	INVIERNO	CLASE	PRIMAVERA	CLASE	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
Mercurio	µg/L	0,07	1	0,10	1	0,24	2	< 0,2	0,2 -- 0,5	0,5
Cadmio	µg/L	0,12	1	0,17	1	0,19	1	< 5	5 -- 10	10
Plomo	µg/L	3,86	2	0,75	1	1,18	1	< 3	3 -- 50	50
Cobre	µg/L	2,53	1	7,51	1	2,93	1	< 10	10 -- 50	50
Zinc	µg/L	24,80	1	18,37	1	44,00	2	< 30	30 -- 100	100
Cromo Total	µg/L	43,00	2	49,24	2	52,26	3	< 10	10 -- 50	50 -- 100
Col.fec	NMP/100ml	4,88	2	2,00	1	2,00	1	< 2	< 43	< 1000
Amonio	µmol/L	0,06	1	0,08	1	0,07	1	< 5	5 -- 10	10 -- 15

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

7.4.3. Calidad Actual en ambos sectores de la bahía

En la Tabla 22 se presentan los valores (Percentil 66 y Media) para cada parámetro por período estacional, con sus respectivas Clases de Calidad Actual, en ambos sectores de la bahía Norte y Sur.

En la tabla se puede observar que el sector Norte no presentó variación en las clases de calidad durante los tres periodos estacionales para los parámetros Mercurio, cadmio, Plomo, Cobre, Zinc, Coliformes fecales y amonio, a excepción del Cromo Total.

En cambio el sector Sur, presentó variación en las clases de calidad para los parámetros Mercurio, Plomo, Zinc, Cromo Total y coliformes fecales.

Tabla 22. Calidad Actual de mar en sectores Norte y Sur de Bahía Quintero, durante los tres períodos estacionales.

PARÁMETRO	UNIDAD	OTOÑO				INVIERNO				PRIMAVERA			
		S. N	C. C	S.S	C.C	S.N	C.C	S.S	C.C	S.N	C.C	S.S	C.C
Mercurio	µg/L	0,12	1	0,07	1	0,14	1	0,10	1	0,10	1	0,24	2
Cadmio	µg/L	0,27	1	0,12	1	0,16	1	0,17	1	0,38	1	0,19	1
Plomo	µg/L	2,28	1	3,86	2	1,26	1	0,75	1	0,70	1	1,18	1
Cobre	µg/L	3,18	1	2,53	1	4,27	1	7,51	1	3,02	1	2,93	1
Zinc	µg/L	27,22	1	24,80	1	13,32	1	18,37	1	17,91	1	44,00	2
Cromo Total	µg/L	43,00	2	43,00	2	45,84	2	49,24	2	52,00	3	52,26	3
Col.fec	NMP/100ml	2,00	1	4,88	2	2,00	1	2,00	1	2,00	1	2,00	1
Amonio	µmol/L	4,52	1	0,06	1	3,69	1	0,08	1	2,80	1	0,07	1

Nota:
 S.N: Sector Norte
 S:S: Sector Sur
 C.C: Clase de Calidad

7.5. Determinación de la Calidad Objetivo de agua de mar en bahía Quintero

7.5.1. Calidad Objetivo sector Norte

1° Criterio: Comparación del 60% de similitud, a las tres Clases de Calidad de la Guía de CONAMA (2004)

La Tabla 23 presenta la determinación de la Calidad Objetivo y Clase Objetivo, a partir de la agrupación de todos los parámetros, con sus respectivas Calidades y Clases Actuales.

De acuerdo al concepto de este primer criterio, se propone asignar como Clase Objetivo a la Clase 1 de la Guía CONAMA, para los ocho parámetros en estudio, ya que durante los tres períodos estacionales, la clase que más se repitió (mayor frecuencia) fue esta, abarcando un 87,5% de los parámetros de las series de Otoño, Invierno y Primavera entre 1993 – 2005.

Tabla 23. Calidad Objetivo y Clase Objetivo de agua de mar en sector Norte de bahía Quintero, según 1° criterio.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	CALIDAD OBJETIVO	CLASE OBJETIVO
Mercurio	Hg	µg/L	0,20	1
Cadmio	Cd	µg/L	1,00	1
Plomo	Pb	µg/L	3,00	1
Cobre	Cu	µg/L	5,00	1
Zinc	Zn	µg/L	28,00	1
Cromo Total	Cr Total	µg/L	10,00	1
Col. fec	Col.fec	NMP/100ml	2,00	1
Amonio	NH ₄ ⁺	µmol/L	5,00	1

Nota: Debido a que el parámetro Cromo Total no se encontró en ninguno de los tres períodos estacionales dentro de la Clase 1, se le asignó como Calidad Objetivo el valor límite de dicha clase.

Determinación de la Calidad Actual de agua de mar en Quintero y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

2° Criterio: Asignación de Calidad Objetivo a la Calidad Actual obtenidas para cada parámetro. (Criterio para la Norma Secundaria de los ríos Aconcagua y Maipo)

La Tabla 24 presenta la determinación de la Calidad Objetivo y Clase Objetivo, por parámetro para el sector Norte de bahía Quintero, en donde se observa que de ocho parámetros en estudio, a siete se propone asignarles como Calidad Objetivo la Clase 1, de la Guía CONAMA, siendo ellos Mercurio, Cadmio, Plomo, Cobre, Zinc, Coliformes Fecales y Amonio. A Cromo Total se les asignó Clase Objetivo 3.

A Cromo Total se propone asignarle como Calidad Objetivo la Clase 3, en consideración al valor alcanzado por el peor percentil 66 de sus concentraciones, considerando otoños, inviernos y primaveras del sector Norte de la Bahía.

Tabla 24. Calidad Objetivo y Clase Objetivo de agua de mar en sector Norte de bahía Quintero, según 2° criterio.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	CALIDAD OBJETIVO	CLASE OBJETIVO
Mercurio	Hg	µg/L	0,20	1
Cadmio	Cd	µg/L	1,00	1
Plomo	Pb	µg/L	3,00	1
Cobre	Cu	µg/L	5,00	1
Zinc	Zn	µg/L	28,00	1
Cromo Total	Cr Total	µg/L	52,00	3
Coli. Fec	Col.fec	NMP/100ml	2,00	1
Amonio	NH ₄ ⁺	µmol/L	5,00	1

7.5.2. Calidad Objetivo sector Sur

1° Criterio: Comparación del 60% de similitud, a las tres Clases de Calidad de la Guía de CONAMA (2004)

La Tabla 25 presenta la determinación de la Calidad Objetivo y Clase Objetivo, a partir de la agrupación de todos los parámetros, con sus respectivas Calidades y Clases Actuales.

De acuerdo a esto, se propone asignar como Clase Objetivo a la clase 1 de la Guía CONAMA para los ocho parámetros en estudio, ya que durante los tres períodos estacionales, esta clase fue la que más se repitió, abarcando a un 87,5% de los parámetros en la serie de datos de Inviernos entre 1993 y 2005, un 62,5% para la serie de Otoño y Primavera.

Tabla 25. Calidad Objetivo y Clase Objetivo de agua de mar en sector Sur de bahía Quintero, según 1° criterio.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	CALIDAD OBJETIVO	CLASE OBJETIVO
Mercurio	Hg	µg/L	0,30	1
Cadmio	Cd	µg/L	1,00	1
Plomo	Pb	µg/L	2,00	1
Cobre	Cu	µg/L	8,00	1
Zinc	Zn	µg/L	25,00	1
Cromo Total	Cr Total	µg/L	10,00	1
Coli. Fec	Col.fec	NMP/100ml	2,00	1
Amonio	NH ₄ ⁺	µmol/L	1,00	1

Nota: Debido a que el parámetro Cromo Total no se encontró en ninguno de los tres periodos estacionales dentro de la Clase 1, se le asignó como Calidad Objetivo el valor límite de dicha clase.

2° Criterio: Asignación de Calidad Objetivo a la Calidad Actual obtenidas para cada parámetro. (Criterio para la Norma Secundaria de los ríos Aconcagua y Maipo)

La tabla 26 presenta la determinación de la Calidad Objetivo y Clase Objetivo por parámetro para el sector Sur de bahía Quintero, en donde se observa que de ocho parámetros en estudio, a tres se propone asignarles Clase Objetivo 1, los que corresponden a: Cadmio, Cobre y Amonio.

A los parámetros Mercurio, Plomo, Zinc y Coliformes fecales se propone asignarles como Calidad Objetivo la Clase 2 de la Guía CONAMA, mientras que a Cromo Total correspondería asignarle como Calidad Objetivo la Clase 3 de esta Guía, debido al elevado valor del percentil 66 de sus concentraciones de primavera en el período estudiado (1993 – 2005).

Tabla 26. Calidad Objetivo y Clase objetivo de agua de mar en sector Sur de Bahía Quintero, según 2º criterio.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	CALIDAD OBJETIVO	CLASE OBJETIVO
Mercurio	Hg	µg/L	0,30	2
Cadmio	Cd	µg/L	1,00	1
Plomo	Pb	µg/L	4,00	2
Cobre	Cu	µg/L	8,00	1
Zinc	Zn	µg/L	45,00	2
Cromo Total	Cr Total	µg/L	53,00	3
Coli. Fec	Col.fec	NMP/100ml	5,00	2
Amonio	NH ₄ ⁺	µmol/L	1,00	1

8. DISCUSIÓN

Validación de la base de datos

Los datos de calidad de agua de mar fueron obtenidos de la matriz histórica de POAL para bahía Quintero. Esta matriz cuenta con 15 parámetros: Aceites y Grasas, Amonio, Cadmio, Cobre, Coliformes fecales, Cromo Total, Fosfato, Fósforo Total, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, Mercurio, Nitrato, Nitrito, Nitrógeno total, Plomo y Zinc.

De estos parámetros fueron seleccionados 10 para realizar el estudio: Aceites y Grasas, Amonio, Cadmio, Cobre, Coliformes fecales, Cromo Total, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, Mercurio, Plomo y Zinc. El resto de los parámetros presentes en la matriz histórica de POAL, fueron descartados del estudio porque no figuran en la Guía CONAMA para el Establecimiento de la Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Marinas 2004.

Lo anterior se debe a que estos parámetros, particularmente los nutrientes, presentan constantes variaciones naturales de concentración en la columna de agua, ya sea por eventos climáticos u oceanográficos, dentro de los cuales se encuentran el efecto ENOS y las surgencias costeras [Weerlinger, 2004], lo cual dificulta la asignación de Clases de Calidad.

Posteriormente, los parámetros Aceites y Grasas e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos también fueron eliminados de este estudio debido a que sólo las estaciones A4, A5, A6 y A10, presentaron registros.

Este hecho los convierte en datos poco representativos de la realidad espacio temporal, tanto en el sector Norte como en el Sur, lo cual imposibilitó su empleo para determinar la Calidad Actual y proponer la Calidad Objetivo.

Otra razón por la cual fueron eliminados de este estudio se debe a que la mayoría de los valores registrados para estos parámetros correspondieron a límites de detección, que se

encontraron sobre el límite de la Clase 1 de la Guía CONAMA, siendo imposible discriminar si asignarlos a Clase 1 o a Clase 2 de Calidad.

Fluctuaciones espacio – temporales de los valores de concentración

Al entrar en el análisis de los datos de la base depurada (BDD), se observó en primer lugar que los valores de sus concentraciones fluctuaron desde un punto de vista espacio-temporal, al mostrar diferentes concentraciones tanto en distintas estaciones o lugares muestreados de la bahía, como a través de los distintos años comprendidos en el presente estudio (1993 a 2005), lo que se cree puede tener relación con el tipo de usos o actividades desarrollados en distintos sectores del borde costero de Quintero y sus variaciones en los niveles de producción, cantidad y concentración de sus descargas, efectividad de los sistemas de tratamiento a través del tiempo, descargas difusas, etc.

También se observó que estas concentraciones fluctuaron al comparar los valores estacionales de los parámetros analizados, ya que los percentiles 66 o valores promedios de los datos no fueron iguales al considerar el total de Otoños, Inviernos o Primaveras en el período de estudio.

Partiendo de la suposición que dichas fluctuaciones no corresponden a errores muestrales o de análisis químico de las muestras, posiblemente pudieran tener algún nivel de correlación con alguno de los tres períodos estacionales, existiendo múltiples causas posibles, partiendo por la explicación mas obvia que tiene que ver con las descargas desde fuentes terrestres fijas, a través de emisarios de orilla, o bien, de carácter difuso.

No obstante, también podrían deberse a un mayor aporte de agua en Otoño e Invierno por lluvias, que cambiase temporalmente las concentraciones de los parámetros en la bahía, por el arrastre de la suciedad de la superficie del suelo. En las ciudades movilizan Aceites y Grasas, materia orgánica, contaminantes de la atmósfera. En zonas rurales, además trasladan pesticidas, abonos. En áreas industriales, las aguas de lluvia recogen substancias provenientes de las fábricas, algunas de las cuales pueden presentar

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

problemas de toxicidad Quizás se pueda deber a resuspensión de sedimentos ricos en minerales a causa de tormentas y marejadas en Inviernos [Weerlinger, 2004].

El aumento de las concentraciones en el período estacional de Primavera, podría deberse por el arrastre de compuestos a través de los deshielos, o transporte de sedimentos ricos en minerales desde el interior de la cuenca a través del estero Campiche [Escobar, 2002].

La explicación podría ser también el resultado de una interacción de todos los factores mencionados, o por el contrario, puede que no exista ningún tipo de correlación y que se trate de fluctuaciones aleatorias en diferentes estaciones del año para diferentes parámetros.

Por otra parte, cabe preguntarse que relación existe entre los valores de estos contaminantes en la matriz de agua de bahía Quintero y los valores de estos mismos parámetros en la matriz de sedimento, ya que los metales pesados en fase disuelta, pasan a la fase particulada, mediante la reacción de estos con material particulado (orgánico o inorgánico) presente en la columna de agua siendo esta la conexión con los sedimentos. También cabe preguntarse de que manera estos valores de concentración están afectando a la biota local de la bahía, ya que estos son incorporados por los productores primarios y de allí a la cadena trófica. [Ahumada, 1992].

Analizar estos hechos en profundidad y buscar posibles explicaciones evidentemente escapa a los objetivos del presente trabajo, pero se sugiere y se requiere que otros estudios o tesis, desarrollen adecuadamente estos temas.

Calidad Actual de agua de mar en bahía Quintero, sector Norte

Al analizar los resultados obtenidos a partir de la Calidad Actual en el sector Norte de la bahía, este conceptualmente corresponde a “Muy Buena” (Clase 1), es decir, “apta para la conservación de comunidades acuáticas, para la desalinización de agua para consumo humano y demás usos definidos, cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase” [CONAMA (b), 2004].

Ello se explica porque todos los parámetros analizados durante los tres períodos estacionales considerados en el periodo de estudio, comprendido entre los años 1993 y 2005, se encuentran dentro de la Clase 1 con la excepción de Cromo Total, que presentó valores Clase 2 para Otoño e Invierno y Clase 3 para Primavera.

Cabe señalar que este resultado no deja de ser sorprendente, ya que este sector es de carácter netamente portuario e industrial, destacándose entre los principales usos del borde costero las empresas Puerto Ventanas S.A, CODELCO división Ventanas, Terminal Marítimo OXIQUM y Terminal Marítimo ENAP, entre otros, por lo que se habría esperado que la mayoría de los parámetros en este sector se encontrasen catalogados en Clase 2 o en Clase 3 de la Guía CONAMA 2004. No obstante, solamente Cromo Total presentó tales valores menores de calidad durante los tres períodos estacionales.

De acuerdo a este resultado, se puede inferir que, desde un punto de vista de la data histórica del POAL respecto de la Calidad Actual del agua de mar, del total de parámetros analizados en el período de 13 años en estudio, Cromo Total, constituiría el principal agente contaminante causante de impactos ambientales en el sector Norte de la bahía de Quintero, y no Cobre, como se pudiera pensar a priori por los usos de la bahía propios de este sector ya descritos

Calidad Actual de agua de mar en bahía Quintero, sector Sur

La Calidad Actual de agua de mar determinada para el sector Sur de la bahía, conceptualmente corresponde a “Muy Buena” y “Buena” (Calidades Clase 1 y 2, respectivamente) es decir, en el primer caso, “apta para la conservación de comunidades acuáticas, para la desalinización de agua para consumo humano y demás usos definidos, cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase”, y en el segundo caso, “agua apta para el desarrollo de la acuicultura y actividades pesqueras extractivas y para los usos comprendidos en la clase 3” [CONAMA (b), 2004].

Ello se explica porque la mayoría de los parámetros analizados correspondió catalogarlos dentro de las Clases 1 y 2 de la Guía CONAMA 2004 durante los tres períodos estacionales, exceptuando Cromo Total, que al igual que en el sector Norte presentó valores Clase 2 para los periodos estacionales Otoño e Invierno y Clase 3 para Primavera.

Al contrario de lo ocurrido en el sector Norte, la Calidad Actual de agua de mar determinada en este sector fue menor de lo que se esperaba encontrar, lo que podría tener como explicación probable el efecto causado por el patrón de circulación de las corrientes superficiales de la bahía, que de acuerdo al modelo de circulación superficial de las aguas de bahía Quintero de Malet y Andrade (1991), se dirigen desde el sector Norte hacia el sector Sur [Figura 16].

En consecuencia, se produciría un transporte de elementos o compuestos vertidos en el área Norte de la bahía en dirección Sur, lo que sumado a los aportes locales propios del sector Sur, como las descargas de emergencia en la Caleta El Manzano de la Planta Elevadora de Aguas Servidas de ESVL, o los aportes de Pesquera Quintero S.A, entre otros, sumados a las descargas difusas arrastradas al mar por las aguas lluvias desde distintos sectores de la ciudad, podrían explicar las mayores concentraciones de los distintos parámetros analizados en el presente estudio para este sector.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

De acuerdo a la Calidad Actual de agua de mar, esto constituye una segunda sorpresa, ya que en términos generales y desde la perspectiva de la data histórica acumulada, también en forma contraria a lo que se pudiera esperar a priori, queda en evidencia que la calidad como conjunto del agua de mar en el sector Sur es inferior o al menos no es de mejor calidad que la verificada para el sector Norte, al clasificar varios parámetros en este sector en Clases 2 o 3, esto último, al igual que en el sector Norte, en el caso del Cromo total en el periodo de datos de Primavera.

Calidad Objetivo de agua de mar en bahía Quintero

Para la determinación de la Calidad Objetivo se emplearon dos criterios: “Comparación del 60 % de similitud, respecto de las tres Clases de Calidad de la Guía CONAMA”, y “Asignación de Calidad Objetivo a la Calidad Actual obtenida para cada parámetro” (Criterio empleado en la Norma Secundaria de los ríos Aconcagua y Maipo), en ambos sectores de la bahía Quintero.

Se debe tener presente que tanto los valores de Calidad asignado a cada parámetro, como las Clases en sí de la Guía CONAMA 2004, son de carácter referencial, ya que fueron determinadas a Nivel Nacional y no para un área específica del país. En consecuencia, sería recomendable validar los valores contenidos en la Guía CONAMA 2004, con estudios específicos a ser efectuados considerando las características propias de la bahía de Quintero y las comunidades acuáticas presentes en ella.

Calidad objetivo de agua de mar según primer criterio en ambos sectores, Norte y Sur

Si se considera la Calidad Actual determinada en ambos sectores, y las respectivas Calidades Objetivo propuestas según el primer Criterio, que pretende mantener y alcanzar la Clase 1 en ambos sectores de la bahía para todos los parámetros en estudio, al analizar las consecuencias que se derivan de su eventual aplicación, se debe tener presente que, para efectos del cumplimiento de la Normativa ambiental bajo este criterio, y alcanzar la Clase Objetivo elegida, en caso de ser ésta superior a la Clase de Calidad Actual, la Ley General de Bases del Medio Ambiente y sus respectivos Reglamentos

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

establecen que se deben aplicar Planes de Prevención o de Descontaminación, según corresponda, en zonas que estén declaradas como saturadas o latentes.

En consecuencia, para el caso del Cromo total, por ejemplo, que como ya se señaló, recaería en la Clase de Calidad 3 de la Guía CONAMA, se debería iniciar la aplicación de un Plan de Descontaminación para ambos sectores, ya que los valores registrados más cercanos a la Clase 1 de la Guía CONAMA durante los tres períodos estacionales, para el sector Norte correspondió a 52 µg/L y para el sector Sur a 53 µg/L.

Estos valores presentan un 520 % y un 530 % de excedencia respectivamente, en relación al valor de Calidad Objetivo determinado por este criterio, que correspondió a 10 µg/L. Lo anterior indica que la situación ambiental para este parámetro, tanto en el sector Norte como en el Sur de Quintero, correspondería a la condición de “zona saturada”, según el Art. 2 Letra u) de la Ley 19.300.

Dicho Plan de Descontaminación debería contener los antecedentes y la identificación, delimitación y descripción del área afectada, una referencia a los datos de las mediciones de Calidad Ambiental que fundaron la respectiva declaración de zona saturada y los antecedentes relativos a las fuentes emisoras que estuvieran impactando en dicha zona, según el Párrafo 1º Art. 15 del DS 94 de 1995, Reglamento que fija el procedimiento y etapas para establecer planes de prevención y de descontaminación.

Calidad Objetivo de agua de mar, según Segundo Criterio, sector Norte

Para el caso de la Calidad Objetivo determinada por el segundo Criterio: Asignación de Calidad Objetivo a la Calidad Actual obtenidas para cada parámetro (Criterio para la Norma Secundaria de los ríos Aconcagua y Maipo), se esperaría como mínimo mantener ambos sectores de la bahía tal como se encuentran actualmente, y a partir de este punto, ir mejorando su Calidad, ya que de acuerdo al mecanismo de este segundo criterio, la Calidad Actual para el período estacional más desfavorable, se toma como Calidad Objetivo.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

Este criterio presenta la ventaja que las Calidades Objetivo propuestas para cada parámetro, corresponden a Calidades que estuvieron presentes en el período estacional más desfavorable. Dichas condiciones podrían volver a repetirse eventualmente. Sin embargo, se debe tener presente que a contar de Septiembre del año 2006, todas las descargas de residuos industriales líquidos a aguas marinas y continentales superficiales (fuentes nuevas y existentes), se encuentran siendo controladas por el D.S N° 90/2000, "Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales", lo cual evidentemente contribuirá en gran medida a mejorar sustancialmente la Calidad Ambiental de las aguas receptoras de dichas descargas. Adicionalmente, esta Norma de emisión ya cumplió 5 años, por lo que de acuerdo a lo que establece el Reglamento respectivo, CONAMA ya inició las acciones tendientes a someter a revisión esta Norma, de donde si se considera la Política Ambiental del Gobierno, se puede prever que en su segunda versión esta Norma debería ser aun mucho más exigente.

Comparación de la Calidad Objetivo con distintos escenarios de Calidad Ambiental

Para la comparación se tomaron como escenario de calidad ambiental, las tres Clases de Calidad, que la Guía CONAMA 2004 la describe de la siguiente forma:

Clase 1: Muy buena calidad. Indica agua apta para la conservación de comunidades acuáticas, para la desalinización de agua para consumo humano y demás usos definidos, cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase.

Clase 2: Buena calidad. Indica agua apta para el desarrollo de la acuicultura y actividades pesqueras extractivas y para los usos comprendidos en la Clase 3.

Clase 3: Regular calidad. Indica agua apta para actividades portuarias, navegación u otros usos de menor requerimiento en calidad de agua.

Tomando en consideración los usos que se llevan a cabo en ambos sectores de la bahía el escenario de calidad que más se ajusta a la realidad presente y futura, es el escenario

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

en clase 2 ya que según el D.S 106/ 98, fue declarada área costera reservada para uso preferentemente portuario [Ministerio de defensa nacional, 1998].

Además cabe mencionar la utilización que se lleva a cabo del mar como depósito de vertidos y desechos, debido al asentamiento actual de una serie de industrias, destacando el Complejo Industrial Ventanas, ubicado en la comuna de Puchuncaví y parte de la comuna de Quintero. Este asentamiento de industrias podría aumentar drásticamente, ya que las proyecciones futuras de la bahía será poseer un desarrollo industrial significativo.

Al comparar la calidad objetivo determinada por el primer criterio en ambos sectores de la bahía, con escenarios en clase 2 y 3, los cuales se asemejan a la realidad actual que presenta la bahía, podemos inferir que este criterio no es el más aceptable, en primer lugar porque debería implementarse un Plan de descontaminación para Cromo Total en ambos sectores de la bahía., con el fin de alcanzar la Clase 1 para todos los parámetros en estudio y en segundo lugar porque el sector Sur presentó variaciones en las calidades y clases actuales de algunos parámetros durante los tres periodos estacionales, lo cual podría provocar el no poder alcanzar la calidad y clase 1, para este sector.

Al comparar la calidad objetivo determinada por el segundo criterio en ambos sectores de la bahía, este se ajusta a la realidad presente y futura de la bahía, ya que no se le asigna una clase de calidad a toda la bahía, sino que cada parámetro es normado por separado asignándole a cada uno su calidad y clase, quedando el sector Norte con todos los parámetros en estudio en Clase 1 a excepción de Cromo Total, el cual estaría en Clase 3. En cambio el sector Sur presentaría parámetros en Clase 1 (Cadmio, Cobre y Amonio) y en clase 2 (Mercurio, Plomo y Zinc), y al igual que el sector Norte Cromo Total en Clase 3. Las consecuencias para la bahía de adoptar estas calidades y clases objetivo determinadas por este criterio, guardan relación con la mantención de las calidades más elevadas para cada sector.

9. CONCLUSIONES

- Se recomienda recopilar información a partir de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) desarrollados en la bahía, Además de los Programas de Vigilancia Ambiental (PVA) de la industrias ubicadas en el borde costero, con el fin de proporcionar mayores antecedentes sobre la variación espacio temporal de la calidad del agua, tanto de los parámetros presentes en la matriz histórica de POAL como para los parámetros no presentes en está.
- El análisis de los datos de la base depurada (BDD), se observó en primer lugar que los valores de sus concentraciones fluctuaron desde un punto de vista espacio-temporal, al mostrar diferencias tanto en las distintas estaciones o lugares muestreados de la bahía, como a través de los distintos años comprendidos en el presente estudio (1993 a 2005). También se observó que estas concentraciones fluctuaron al comparar los valores estacionales de los parámetros analizados.
- Se recomienda realizar estudios que relacionen las concentraciones determinadas de los parámetros en estudio en la columna de agua con la matriz de sedimentos y biota de la bahía Quintero.
- La Calidad Actual de agua de mar determinada de acuerdo a la Guía CONAMA 2004, en el sector Norte de la bahía, conceptualmente corresponde a “Muy Buena”, es decir “apta para la conservación de comunidades acuáticas, para la desalinización de agua para consumo humano y demás usos definidos, cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase”, exceptuando el parámetro Cromo Total que presentó valores en Clase 2 para Otoño e Invierno y Clase 3 para Primavera.
- La Calidad Actual de agua de mar determinada de acuerdo a la Guía CONAMA 2004, en el sector Sur de la bahía, conceptualmente corresponde a “Muy Buena” y “Buena” es decir, en el primer caso “ apta para la conservación de comunidades acuáticas, para la desalinización de agua para consumo humano y demás usos definidos, cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase ” y en el segundo caso “ agua apta para el desarrollo de la acuicultura y actividades pesqueras extractivas y para los usos

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

comprendidos en la Clase 3", exceptuando el parámetro Cromo Total que presentó el valor más elevado de calidad en Invierno , siendo este Clase 3.

- La Calidad Actual de agua de mar determinada en este sector fue menor de lo que se esperaba encontrar, lo que podría tener como explicación probable el efecto causado por el patrón de circulación de las corrientes superficiales de la bahía, las cuales se dirigen desde el sector Norte hacia el sector Sur, lo que sumado a los aportes locales propios del sector Sur, como las descargas de emergencia en la Caleta El Manzano de la Planta Elevadora de Aguas Servidas de ESVAL, o los aportes de Pesquera Quintero S.A, entre otros, sumados a las descargas difusas arrastradas al mar por las aguas lluvias desde distintos sectores de la ciudad, podrían explicar las mayores concentraciones de los distintos parámetros analizados en el presente estudio para este sector.

- La Calidad Objetivo determinada por el 1º Criterio: Comparación del 60% de similitud, a las tres Clases de Calidad de la Guía CONAMA (2004), indica que ésta corresponde a Clase 1 para ambos sectores de la bahía, Norte y Sur. Sin embargo para alcanzar esta clase, se debería aplicar un Plan de Descontaminación, para Cromo Total en ambos sectores de la bahía.

- La Calidad Objetivo determinada por el 2º Criterio: Asignación de Calidad Objetivo a la Calidad Actual obtenidas para cada parámetro (Criterio para la Norma Secundaria del río Aconcagua y Maipo), indica que se mantendría la Calidad Actual más desfavorable para cada parámetro, por período estacional.

- La comparación de la Calidad Objetivo determinada por el 1º criterio y el 2º criterio, con diferentes escenarios de Calidad Ambiental, los cuales corresponden a escenarios de Clase 2 y 3, deja de manifiesto que la Calidad Objetivo determinada por el 2º criterio, es la que se ajusta mejor a los usos actuales y potenciales que se desarrollan en la bahía.

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

- La vocación portuaria e industrial, que se desarrolla tanto en el sector Norte como Sur de la bahía, hace necesaria la pronta elaboración de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas Marinas, además de la estricta fiscalización de las Normativa Ambiental actual y futura por parte de los autoridades competentes, con el fin de mantener la Calidad Actual determinada en ambos sectores Norte y Sur.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña. A, Parra. O, Urrutia. R. (2003). **Los recursos hídricos, una perspectiva global e integral**. Educar para el Ambiente. Argentina. Pág.41.
- Acuña. A y Zapata .N. (2004).**Estudio Sinóptico: La Gestión Costera en Chile, Estado Actual y Perspectivas**. Centro EULA de la Universidad de Concepción. Chile. Pág. 25, 33-35.
- A.D.McIntyre. (1982). **Oil Pollution and Fisheries**. Department of Aquiculture and Fisheries for Scotland, Marine Laboratory, P.O. Box 101, Victoria Road, Aberdeen AB9 8DB, U.K.
- Ahumada. R. (1992). **Patrones de distribución de metales traza (Cr, Ni, Zn, Cu, Cd y Pb) en sedimentos superficiales de bahía San Vicente**. Rev.Biol.Mar.Valparaíso. Chile. Pág. 266.
- Andrade .H (1986). **Evaluación del impacto ecológico sobre playas, fondos marinos y comunidades bentónicas de la bahía de Quintero, después del derrame de petróleo producido por el B.T. OBD Macedonia Star, el día 5 de Noviembre de 1986**. Informe final. Chile. Pág. 69.
- Andrade. H, Gaete. R, Andrade. H y Andrade. H. (2003) **.DIA. Oleoducto RPC: Planta Lubricantes COPEC Quintero. Compañía de Petróleos de Chile S.A. Quintero, V Región**. Consultora OIKOS. Chile. Pág. 12-13-14.
- Andrade. H, Gutiérrez. S y Andrade. H. (1997). **D.I.A: Plan de Contingencia para derrames de productos químicos, OXIQUM S.A**. Consultora OIKOS. Chile. Pág. 32-39.
- Andrade. H y Malet. (1991). **Modelo de circulación superficial de las aguas de la bahía de Quintero**. Apunte revisado.
- Autoridad Sanitaria. (1968). **Código Sanitario** .Art.71. Diario Oficial. (31/01/1968).
- Castilla .J y Largier. J. (2002). **The oceanography and ecology of nearshore and bays in Chile. Proceeding of the international symposium on linkages and dynamics of coastal systems: open coast and embayments, Santiago, Chile**. Ed. Universidad Católica. Pág. 97-113.
- CONAMA. (1994). **Ley General de Bases del Medio Ambiente, (LGBMA)**. Diario oficial. (9/03/1994).

- CONAMA. (a) (2004). **Guía para el control de la contaminación industrial: Actividad Portuaria**. Chile. Pág.12, 13.
- CONAMA (2000). **Estado de la contaminación de suelos en Chile. (Documento Técnico)**. Apunte Revisado.
- CONAMA. (b) (2004). **Guía CONAMA para el establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas**. Chile. Pág. 1-18.
- CONAMA. (c). (2004).**Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, cuenca del río Maipo**. CADE-IDEPE, Consultores en ingeniería. Chile. Pág. 9-45
- CONAMA. (2006). <http://www.conama.cl/porta1/1255/article-34171.html>15 de abril. **Consulta Pública anteproyectos de Normas**. (15/04/2006).
- CONAMA. (1998) <http://www.conama.cl/rm/568/article-303999.html>. Fávoro .G, Katz.R. (1998). **El uso de Normas de Calidad y de Emisión en la gestión de los recursos hídricos**. (8/08/2005).
- Congress of the unites states. (1987). **Office of technology assessment wastes in marine environments**. Washington.
- Consultora Engineering Solutions. (2005). **D.I.A: Puerto ventanas “Proyecto Ampliación de Capacidad Terminal de Estanques Puerto Ventanas. PANIMEX Química S.A”**. RMC. Chile. Cáp. 1, Pág. 4,5 ,6.
- Consultora Soluciona Calidad y Medio Ambiente. (2003). **E.I.A: Emisario ESVAL "Planta de Tratamiento de Aguas Servidas y Emisario Submarino de Quintero"**. ESVAL. Chile. Cáp. 1, Pág. 1-3,9.
- DIRECTEMAR. www.DIRECTEMAR.cl.(6/06/2005).
- DIRECTEMAR. (1978). **“Ley de navegación”**. DL2.222 /1978. Diario Oficial. (31/05/78).
- DIRECTEMAR. (1998). **Armada de Chile Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático, Servicio de Preservación del Medio Ambiente Acuático**. Armada de Chile. Valparaíso. Pág. 11-14.

- Escobar, J. (2002). **Recursos naturales e infraestructura: “La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar”**. Naciones Unidas. Ed Cepal, división de recursos naturales e infraestructura. Santiago de Chile. Pág. 9 – 21.
- Establier .R. (1977). **Estudio de la contaminación marina por metales pesados y sus efectos biológicos**. Informes técnicos del Instituto de Investigaciones Pesqueras. España. Pág. 1-36.
- FAO. <http://www.fao.org/DOCREP/003/V5321s/V5321S06.htm>. **Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1992**. Artículo 1, párrafo 1(4). (2/07/2005).
- Gerar K. (1999). **Ingeniería Ambiental, Fundamentos entornos, tecnologías y sistemas de gestión**. ed Mc Graw Hill. Cap 6, Pág. 389-395.
- Gestión ambiental consultores Ltda. (1997). **D.I.A. ENAMI; "Conversión a gas natural de los procesos de fundición y refinería Ventanas de ENAMI (V Región)**. ENAMI. Chile. Cáp. 1, Pág. 2.
- Gestión Ambiental Consultores Ltda. (2005). **EIA: Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Terminal GNL en Quintero, V Región**. ENAP. Chile. Cáp. 6, Pág. 7,8, 22-24,127-132.
- Goldberg. (1976). **the health of the oceans**. Pág 117-136.
- IMCOL. (1981). **Predicción del comportamiento del petróleo derramado en el mar. Curso Internacional sobre derrames de petróleo Chile**. Chile. Pág. 1-25.
- Kennish. M. (1997). **Practical handbook estuarine and marine pollution**. CRC Press. EE.UU. Pág. 83, 84, 103,106, 122, 144.
- Kennish. M. (1998). **Pollution impacts on marine biotic communities**. CRC Press. EE.UU. Pág. 41.
- Ministerio de defensa (Subsecretaria de Marina). (1994) **“Política Nacional de uso del Borde Costero y crea la comisión respectiva”**. Fijado por D.S 475/94. Diario Oficial. (11/01/1995).
- Ministerio de defensa (Subsecretaria de Marina). (2005). DS N° 2/05. Que sustituye al **“Reglamento sobre concesiones marítimas”**. fijado por DS N° 660/88. diario Oficial. (3/03/2005).

Determinación de la Calidad Actual y Objetivo de agua de mar en bahía Quintero V región Chile y su comparación con diferentes escenarios de Calidad Ambiental

- Ministerio del Interior. (1980). **“Constitución política del estado”**. Artículo.19 N° 18, 20. Diario Oficial. (24/10/1980).
- Ministerio de Defensa Nacional (Subsecretaría de Marina). (1992). **“Reglamento para el control de la contaminación acuática”**. DS N° 1 .Diario Oficial. (18/11/1992).
- Ministerio de Defensa Nacional (Subsecretaría de Marina). (1998). **“ Declara área costera reservada para uso preferentemente portuario la bahía de Quintero”**. D.S 106/98). Diario Oficial. (8/07/1998).
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (MINDEGPRES). (1995). **“Reglamento que fija el procedimiento y etapas para establecer Planes de Prevención y Descontaminación”**. D.S 94/95. Diario Oficial. 26/10/1995).
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (MINSEGPRES). (1995). **“Reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión”**. D.S 93/95. Diario Oficial. (26/10/1995).
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (MINSEGPRES). (1998). **Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industrias líquidos a sistemas de alcantarillado**. D.S 609/ 98. Diario Oficial. (26/09/2000).
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (MINSEGPRES). (2000). **Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales**. D.S N° 90/2000 .Diario Oficial. (7/03/2001).
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (MINSEGPRES). (2002). **Norma de Emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas**. D.S N 46/02. Diario Oficial. (17/01/2003).
- Montañaño .M. (1993). **Estudio de la calidad del agua costera ecuatoriana. Programa de manejo de recursos costeros (PMRC)**. Escuela de ciencias del mar. Facultad de recursos naturales UCV. apunte revisado.
- Moore S.F. (1974). **Effects of oil on marine organisms: a critical assesment of Publisher data**. Pág. 819-827.
- Morandé .A y Lamas. V. (1998). **Chile país Puerto**. Ed Lamas y Cía. Ltd y comercializadora grafica. Chile. Pág. 86-89.

- Ober A. M. (1986). **Contenidos de pesticidas organoclorados y de metales pesados en el Jurel (*Trachurus murphyi*) de la Quinta Región**. Escuela de ciencias del mar. Facultad de recursos naturales UCV. apunte revisado.
- Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y Comisión Económica Para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2005). **Evaluación del desempeño ambiental Chile 2005**. Cáp. 3, Pág. 69-74.
- Pérez y Álvarez (2002). **D.I.A: RPC "Aumento de la capacidad de almacenamiento de productos en RPC S.A.** Consultora Ingenieros asociados Ltda. Chile. Pág. 2,3.
- Pesquera Quintero S.A. (2005). [www.pesqueraquintero.cl\(8/08/2005\)](http://www.pesqueraquintero.cl(8/08/2005)).
- Puerto Ventanas S.A. (2005) <http://www.puertoventanas.cl/infraestructura/datosinfraestrct.htm>. **Infraestructura Puerto Ventanas**. (14/09/2005).
- SEIA. (2006). <http://www.e-seia.cl/busqueda/buscarProyecto.php>. **Búsqueda de proyectos**. (15/04/2006)
- SGA Ltda. (2004). **D.I.A: "Planta de tratamiento de riles de Fundición y Refinería Ventanas"**. ENAMI. Chile .Pág. 5, 8, 25,27-29.
- Servicio Nacional de Pesca. (SERNAPESCA). (1991). **"Ley General de Pesca y Acuicultura"**. Diario Oficial. (28/02/1991).
- Soto .E. (2000). **Poliquetos bentónicos de bahía Quintero, Chile Central, y su importancia en Programas de Vigilancia Ambiental. Taxonómica, Biodiversidad y Ecología**. Tesis para optar al título de Biólogo Marino. Universidad de Valparaíso. Pág. 16 -19.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios (SSII). (1999). <http://www.siss.cl/default.asp?cuerpo=479>. **Diagnóstico de los Residuos Industriales**. (21/ 05 / 2005).
- Universidad de Chile (1999). **Informe país, Estado del ambiente en Chile 1999**. Instituto de asuntos públicos. Ed LOM, Cáp. 6, Pág. 260 -305.
- Universidad de Chile (2002). **Informe país, Estado del ambiente en Chile 2002**. Instituto de asuntos públicos. Ed LOM, Cáp. 6, Pág. 245-298.
- Weerlinger. C. (2004). **Biología marina y Oceanografía, conceptos y procesos**. Consejo Nacional del libro y la lectura. Universidad de Concepción Trama impresores S.A. Chile. Pág. 181, 317, 475, 537 - 550.

11. ANEXOS