



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

**INFORMES TECNICOS F I P**

FIP - IT / 99 - 23

INFORME : DISEÑO DE MONITOREO AMBIENTAL PARA  
FINAL : LAS ACTIVIDADES DE ACUICULTURA EN LA  
(TOMO I) ZONA SUR AUSTRAL

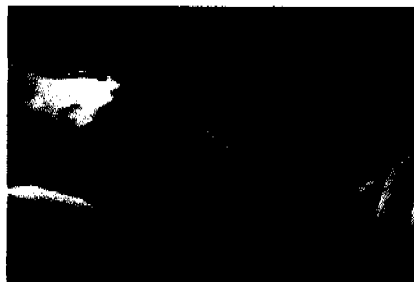
UNIDAD : OIKOS CHILE  
EJECUTORA



# Diseño de monitoreo ambiental para actividades de acuicultura en la zona sur-austral



## Informe Final



Abril 2002

Preparado por OIKOS CHILE S.A. para el Consejo de Investigación Pesquera



# FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

---

## PROYECTO FIP 99-23 Informe Final

---

Diseño de monitoreo ambiental para  
actividades de acuicultura en la zona sur-austral

### Requirente

CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA  
Bellavista 168, Piso 21, Valparaíso  
Tel. 32 598354 Fax 32 250763  
sfip@subpesca.cl

### Ejecutante

OIKOS CHILE S.A.  
Casilla 805  
11 Norte 907, Viña del Mar  
Tel. 32 684568 Fax 32 684550  
oikos\_chile@entelchile.net

Abril 2002

# Integrantes del Equipo de Trabajo

---

**Héctor Andrade V. (Jefe de Proyecto)**

Identificación de efectos ambientales  
Selección de variables y parámetros

**Claudio Alcázar G.**

Análisis de normativa nacional y extranjera

**Sixto Gutiérrez S.**

Análisis de experiencias de monitoreo nacional y extranjero  
Selección de variables y parámetros

**Héctor Andrade C.**

**Augusto Guidi C.**

**Ramón Andrade C.**

Digitalización de cartas  
Manejo del Sistema de Información Geográfico

**Rodrigo Acevedo G.**

**Patricio Guerrero S.**

**Lorena Opazo G.**

**Jary Valdivia S.**

Digitalización de datos  
Procesamiento de información  
Edición de informes

# Contenidos

|   | Pág.       |
|---|------------|
| Indice de Tablas  | vi         |
| Indice de Figuras   | viii       |
| Resumen   | x          |
| <b>Capítulo 1. Identificar los principales efectos ambientales producidos por cada tipo de cultivo existente en el área de estudio</b>  | <b>1-1</b> |
| A. Metodología de desarrollo del objetivo específico  | 1-1        |
| B. Resultados y Discusión   | 1-3        |
| 1.1. Identificación de tipos de cultivos que se desarrolla en la zona en estudio  | 1-3        |
| 1.2. Identificación, ubicación y producción de centros de cultivo   | 1-5        |
| 1.3. Identificación del impacto por tipo de recurso hidrobiológico cultivado  | 1-9        |
| 1.3.1. Macroalgas   | 1-9        |
| 1.3.1.1. Ciclo de Producción  | 1-9        |
| 1.3.1.2. Posibles riesgos ambientales   | 1-9        |
| 1.3.2. Moluscos bivalvos  | 1-12       |
| 1.3.2.1. Ciclo de Producción  | 1-12       |
| 1.3.2.2. Posibles riesgos ambientales   | 1-14       |
| 1.3.3. Cultivo de moluscos gastrópodos y equinodermos   | 1-10       |
| 1.3.3.1. Ciclo de Producción  | 1-16       |
| 1.3.3.2. Posibles riesgos ambientales   | 1-17       |
| 1.3.4. Cultivo de peces   | 1-18       |
| 1.3.4.1. Ciclo de Producción  | 1-18       |
| 1.3.4.2. Posibles riesgos ambientales   | 1-19       |
| 1.4. Efectos colaterales: escapes de salmones y segado de algas pardas para alimentación  | 1-23       |
| 1.4.1. Escape de salmones   | 1-23       |
| 1.4.2. Utilización de las praderas de algas pardas para alimento  | 1-27       |
| 1.5. Impactos por tipo de recurso hidrobiológico cultivado  | 1-29       |
| 1.6. Ponderación impacto ambiental por producción   | 1-31       |
| C. Conclusiones   | 1-51       |
| <b>Capítulo 2. Seleccionar las variables y parámetros técnicamente pertinentes para determinar el impacto ambiental producido por cada tipo de cultivo</b>  | <b>2-1</b> |
| 2.1. Metodología de desarrollo del objetivo específico  | 2-1        |
| 2.2. Resultados y Discusión   | 2-3        |
| 2.2.1. Análisis de la normativa y de los aspectos legales   | 2-3        |
| 2.2.2. Análisis de la experiencia nacional en monitoreo ambiental   | 2-3        |
| 2.2.3. Análisis de la experiencia extranjera en monitoreo ambiental   | 2-26       |
| 2.2.4. Selección de indicadores y variables   | 2-54       |
| 2.3. Conclusiones   | 2-154      |
| <b>Capítulo 3. Diseñar un protocolo de monitoreo global que evalúe impactos ambientales aditivos y/o sinérgicos de las actividades de acuicultura considerando áreas geográficas de mayor escala (bahías, fiordos, lagos)</b> | <b>3-1</b> |
| A. Metodología de desarrollo de objetivo específico   | 3-1        |
| B. Resultados y Discusión   | 3-4        |
| 3.1. Descripción de las etapas para la formulación de un diseño de monitoreo ambiental  | 3-4        |
| 3.2. Preselección de los cuerpos de agua  | 3-6        |
| 3.1.2. Criterios de preselección  | 3-10       |
| 3.1.2.1. La situación actual de la ubicación geográfica de los centros de cultivo   | 3-12       |

|  |            |
|--|------------|
| 3.1.2.2. Buscando soluciones: análisis a nivel comunal   | 3-14       |
| 3.1.2.3. Cuerpos de agua preseleccionados  | 3-29       |
| 3.3. Diseño de muestreo  | 3-48       |
| 3.3.1. Objetivos   | 3-48       |
| 3.3.2. Criterios   | 3-48       |
| 3.3.3. Estructura del diseño de muestreo   | 3-55       |
| 3.4. Elaboración del Premanual de Muestreo   | 3-64       |
| 3.5. Ejecución de las campañas de muestreo   | 3-65       |
| 3.6. Selección de áreas de muestreo y estaciones de la red de monitoreo  | 3-71       |
| 3.6.1. Enfoque ideal   | 3-72       |
| 3.6.2. Enfoque real  | 3-82       |
| 3.7. Frecuencia de monitoreo en la red de estaciones de vigilancia ambiental   | 3-90       |
| 3.8. Procedimientos operativos y métodos de análisis recomendados  | 3-92       |
| 3.8.1. Ubicación de las estaciones de monitoreo  | 3-92       |
| 3.8.2. Registros de campo  | 3-93       |
| 3.8.3. Mediciones directas y toma de muestras  | 3-95       |
| 3.8.4. Análisis en el laboratorio  | 3-98       |
| 3.8.5. Procesamiento de datos  | 3-101      |
| 3.9. Programa de monitoreo para áreas geográficas mayores  | 3-109      |
| 3.9.1. Metadatos   | 3-109      |
| 3.9.2. Indicadores   | 3-112      |
| C. Conclusiones  | 3-118      |
| <br>   |            |
| <b>Capítulo 4. Diseñar y elaborar una base de datos generada para almacenar la información que se obtendrá de la ejecución de los monitoreos y que pueda ser enlazada con un Sistema de Información Geográfico</b> | <b>4-1</b> |
| <br>   |            |
| A. Metodología de desarrollo del objetivo específico   | 4-1        |
| B. Resultados y Discusión  | 4-3        |
| 4.1. Introducción a un sistema de información geográfica   | 4-3        |
| 4.1.1. Subsistemas funcionales   | 4-3        |
| 4.1.2. Componentes de un SIG   | 4-4        |
| 4.2. Evaluación técnico económica de distintas plataformas SIG   | 4-5        |
| 4.2.1. Evaluación del hardware   | 4-5        |
| 4.2.2. Evaluación del software   | 4-7        |
| 4.2.3. Evaluación del SIG  | 4-10       |
| 4.2.4. Evaluación de la capacitación   | 4-11       |
| 4.2.5. Requerimientos de la base de datos  | 4-13       |
| 4.2.6. Evaluación económica  | 4-14       |
| 4.3. Diseño de la base de datos  | 4-15       |
| 4.3.1. Registros   | 4-16       |
| 4.3.2. Cartografía   | 4-21       |
| 4.3.3. Base de datos de Oikos  | 4-23       |
| 4.4. Creación de la base de datos Oikos  | 4-24       |
| 4.5. Creación de la base de datos cartográfica   | 4-25       |
| 4.6. Ingreso datos de muestreo   | 4-25       |
| C. Conclusiones  | 4-26       |
| <br>   |            |
| <b>Capítulo 5. Bibliografía Consultada</b>   | <b>5-1</b> |
| <br>   |            |
| <b>Anexos</b>  |            |
| <br>   |            |
| <b>Anexo 1. Análisis de la normativa ambiental nacional y extranjera</b>   | <b>1-1</b> |
| <br>   |            |
| <b>Anexo 2. Campañas de muestreo. Ejercicio de aplicación de protocolo</b>   | <b>2-1</b> |

Anexo 3. Manual de muestreo

3-1

Anexo . Manual de Uso – Procedimientos operativos mediante MapInfo

4-1

## INDICE DE TABLAS

|   | Pág  |
|---|------|
| Tabla 1.1. Especies hidrobiológicas cultivadas comercialmente en la zona en estudio.  | 1-3  |
| Tabla 1.2. Distribución de los centros de cultivo por región y grupo de especies en la zona de estudio en 1999.   | 1-5  |
| Tabla 1.3. Ubicación de los centros de cultivo, ordenados por región, provincia y comuna.   | 1-6  |
| Tabla 1.4. Cosecha (ton) de los centros de cultivo que operaron en 1999. Desglose por especie y región.   | 1-7  |
| Tabla 1.5. Posibles consecuencias físicas del cultivo de algas, con indicación de sus posibles efectos positivos y negativos Phillips, 1990.                | 1-10 |
| Tabla 1.6. Consecuencias ecológicas del cultivo. Indicación de posibles efectos positivos y negativos Phillips, 1990  | 1-11 |
| Tabla 1.7. Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector de Calbuco. Fuente: Elaboración propia.                     | 1-39 |
| Tabla 1.8. Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector de Castro. Fuente: Elaboración propia.                      | 1-42 |
| Tabla 1.9. Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector del lago Llanquihue. Fuente: Elaboración propia.            | 1-43 |
| Tabla 1.10. Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector de Maullín. Fuente: Elaboración propia.                    | 1-44 |
| Tabla 1.11. Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector del río Tornagaleones. Fuente: Elaboración propia.         | 1-50 |
| Tabla 2.1. Programas de Vigilancia Ambiental acuáticos desarrollados a nivel nacional   | 2-10 |
| Tabla 2.2. Estaciones del Programa de Monitoreo de Fitoplancton y empresas que participan en esta iniciativa.   | 2-20 |
| Tabla 2.3. Descripción de los elementos y términos utilizados para la aplicación del sistema MOM.   | 2-50 |
| Tabla 2.4. Características de los tres tipos de investigación A,B,C aplicadas en el programa de monitoreo implementado dentro del sistema MOM               | 2-52 |
| Tabla 2.5. Variables ambientales y productivas preseleccionadas en la etapa de diseño de prueba.  | 2-55 |
| Tabla 2.6. Principales estudios efectuados durante las últimas dos décadas en lagos y lagunas ubicadas desde la séptima región al extremo austral de Chile. | 2-64 |
| Tabla 3.1. Grado de vulnerabilidad de distintos cuerpos de agua en función de variables espaciales.   | 3-9  |
| Tabla 3.2. Distribución de los centros de acuicultura por región y grupo de especies en la zona de estudio en 1999.   | 3-16 |
| Tabla 3.3. Cosecha (ton) de los centros de cultivo que operaron en 1999. Desglose por especie y región.   | 3-16 |
| Tabla 3.4. Distribución de los centros de cultivos por provincia y comuna de la Décima Región, según el tipo de recurso hidrobiológico.                     | 3-18 |
| Tabla 3.5. Distribución regional de lagos y lagunas desde la Quinta a Décimo Segunda Región.  | 3-29 |
| Tabla 3.6. Cuerpos de agua preseleccionados en donde se aplicó el diseño de muestreo.   | 3-30 |
| Tabla 3.7. Atractivos turísticos del lago Llanquihue.   | 3-32 |
| Tabla 3.8. Identificación de los centros de cultivo ubicados en el lago Llanquihue (diciembre del 2000).  | 3-33 |
| Tabla 3.9. Distribución de la cosecha de especies salmonídeas por estadio de desarrollo. Lago Llanquihue (1999).  | 3-34 |
| Tabla 3.10. Distribución de la cosecha por grupo de especies cultivadas. Calbuco (1999).  | 3-37 |
| Tabla 3.11. Distribución de la cosecha por tipo de especie cultivada. Calbuco (1999).   | 3-38 |
| Tabla 3.12. Identificación de los centros de cultivo ubicados en el estero Chauquiar (diciembre del 2000).  | 3-39 |
| Tabla 3.13. Distribución de la cosecha por grupo de especies cultivadas. Castro (1999).   | 3-40 |
| Tabla 3.14. Distribución de la cosecha por tipo de especie cultivada. Castro (1999).  | 3-40 |
| Tabla 3.15. Relación existente entre el tipo de recurso hidrobiológico cultivado y la matriz ambiental que manifiesta potenciales efectos perceptibles.     | 3-55 |
| Tabla 3.16. Condiciones ambientales esperables en los centros de cultivo en donde se aplicó el diseño de muestreo en función de los criterios establecidos. | 3-57 |
| Tabla 3.17. Número de transectas, estaciones y estratos muestreados por cuerpo de agua.   | 3-62 |



|   |       |
|---|-------|
| Tabla 3.18. Planificación de la estadía para la primera campaña de monitoreo  | 3-66  |
| Tabla 3.19. Tiempos realizados en la primera campaña de muestreo  | 3-66  |
| Tabla 3.20. Planificación de la estadía para la primera campaña de monitoreo  | 3-68  |
| Tabla 3.21. Tiempos realizados en la primera campaña de muestreo  | 3-68  |
| Tabla 3.22. Numero minimo de estaciones de muestreo según tipo de cuerpo de agua  | 3-74  |
| Tabla 3.23. Tabla de asignacion de estacines según densidad de concesiones para acuicultura   | 3-86  |
| Tabla 3.24. Valores maximos de concentracion o unidad de los contaminantes en las aguas marinas aptas para la proteccion de comunidades acuaticas.      | 3-104 |
| Tabla 3.25. Valores maximos de concentracion o unidad de los contaminantes para mantener o recuperar el estado trofico de fiordos, canales y estuarios. | 3-105 |
| Tabla 3.26. Valores maximos de concentracion o unidad de los contaminantes para aguas continentales superficiales.                                      | 3-105 |
| Tabla 3.27. Valores maximos de concentracion o unidad de los contaminantes para aguas continentales superficiales.                                      | 3-107 |
| Tabla 3.28. Valores maximos de concentracion o unidad de los contaminantes para la proteccion del estado trofico de las aguas.                          | 3-108 |

## INDICE DE FIGURAS

|  | Pág.  |
|--|-------|
| Figura 2.1. Distribución de las estaciones de muestreo del Programa de Monitoreo de Fitoplancton (Fuente: www.salmonchile.cl).   | 2-21  |
| Figura 2.2. Número aproximado de sitios e intervalos de medición para prospecciones federales, monitoreos y programas de investigación de relevancia nacional (NSCT, 1997).  | 2-35  |
| Figura 2.3.. Estructura conceptual para ejecutar las múltiples metas propuestas para investigación y monitoreo ambiental. (NSTC, 1997)   | 2-36  |
| Figura 2.4. Parámetros considerados dentro del programa NS&T.  | 2-40  |
| Figura 2.5. Estaciones de monitoreo del subprograma Benthic Surveillance Project del NS&T.   | 2-41  |
| Figura 2.6. Estaciones de monitoreo del subprograma Mussel Watch Project del NS&T.   | 2-42  |
| Figura 2.7. Estaciones de monitoreo del subprograma Sediment Coring Project del NS&T.  | 2-42  |
| Figura 2.8. Estaciones de monitoreo del subprograma Sediment Toxicity Surveys del NS&T.  | 2-43  |
| Figura 2.9. Estaciones de monitoreo del subprograma Biomarkers del NS&T.   | 2-43  |
| Figura 2.10. Estaciones de monitoreo del subprograma Radionuclid Monitoring del NS&T.  | 2-44  |
| Figura 2.11. Estaciones que operaron en las subcuencas hasta 1997 y área que se propone cubrir a futuro mediante este programa   | 2-47  |
| Figura 2.12. Ubicación de las "unidades de estudio" del programa NAWQA.  | 2-49  |
| Figura 2.13. Representación esquemática del ciclo del azufre en el ambiente acuático   | 2-137 |
| Figura 2.14. Esquema comparativo del ciclo normal del nitrógeno en el ambiente acuático en condiciones normales y en presencia de sulfuros.  | 2-138 |
|  |       |
| Figura 3.1. Estructuración del diseño del programa de monitoreo ambiental de las actividades acuícolas   | 3-5   |
| Figura 3.2. Comunas de las Regiones X y XI del territorio nacional.  | 3-20  |
| Figura 3.3. Volúmenes de producción de peces por comuna  | 3-21  |
| Figura 3.4. Cantidad relativa de centros de cultivos para peces por comuna   | 3-21  |
| Figura 3.5. Volúmenes de producción de moluscos por comuna   | 3-22  |
| Figura 3.6. Cantidad relativa de centros de cultivos para moluscos por comuna  | 3-22  |
| Figura 3.7. Volúmenes de producción de algas por comuna  | 3-23  |
| Figura 3.8. Cantidad relativa de centros de cultivos para algas por comuna   | 3-23  |
| Figura 3.9. Imagen área de Valdivia y sector de estudio.   | 3-42  |
| Figura 3.10. Transporte de Madera a través del Río Valdivia  | 3-43  |
| Figura 3.11. Centro de cultivo de salmones en el sector de Tornagaleones.  | 3-44  |
| Figura 3.12. Río Maullín y sector de estudio.  | 3-45  |
| Figura 3.13. Sector La Pasada.   | 3-46  |
| Figura 3.14. Medios de transportes en Maullín.   | 3-46  |
| Figura 3.15. Distribución espacial esperada de un contaminante a lo largo de una gradiente orgánica  | 3-58  |
| Figura 3.16. Distribución de las estaciones mínimas en una bahía   | 3-75  |
| Figura 3.17. Distribución de las estaciones mínimas en un canal o estero   | 3-75  |
| Figura 3.18. Distribución de las estaciones mínimas en una costa abierta   | 3-76  |
| Figura 3.19. Distribución de las estaciones mínimas en un estuario   | 3-76  |
| Figura 3.20. Distribución de las estaciones mínimas en un fiordo   | 3-76  |
| Figura 3.21. Distribución de las estaciones mínimas en un río  | 3-77  |
| Figura 3.22. Distribución de las estaciones mínimas en un lago   | 3-77  |
| Figura 3.23. El cuerpo de agua utilizado como ejemplo se ajusta a la morfología de un canal, lo que significa que, independientemente a la actividad de acuicultura que se realice, el modelo genera cuatro estaciones de control.   | 3-79  |
| Figura 3.24. Luego del cálculo de las Areas de Observación, éstas se representan cartográficamente en color verde para el cuerpo de agua   | 3-80  |
| Figura 3.25. Red de estaciones de control. Los puntos azules corresponden a las estaciones mínimas de control para el cuerpo de agua y se localizan fuera del Area de Observación. Mientras que las estaciones correspondientes a la producción del Area de Observación, de color rojo, se distribuyen en el interior de ella. | 3-81  |
| Figura 3.26. Area de cobertura del proyecto. En círculos se indica los principales centros poblados.   | 3-83  |
| Figura 3.27. Despliegue de la retícula conformada por las Unidades Geográficas de Muestreo (UGM). Cada   | 3-84  |

celda o UGM tiene una dimensión de 10 por 10 km.

Figura 3.28. Acercamiento de la grilla considerando las concesiones para la acuicultura en la Décima Región 3-85

Figura 3.29. Se ha eliminado aquellas UGM que no contienen concesiones para la acuicultura, lo que permite distinguir mejor los sectores de concentración 3-85

Figura 3.30. Distribución espacial de la UGM según la densidad de concesiones para la acuicultura 3-87

# Resumen Ejecutivo

El presente proyecto identificado como FIP 99-23 y titulado "Diseño de monitoreo ambiental para las actividades de acuicultura en la zona sur-austral" fue aprobado mediante el Decreto Exento N° 227 del 5 de junio del 2000 que refrendó el contrato de investigación correspondiente.

El objetivo principal de este proyecto es diseñar un sistema de monitoreo ambiental para las actividades de acuicultura que se desarrollan en la zona sur austral de Chile, entendiéndose como tal la región geográfica comprendida desde la Séptima Región del Maule a la Décimo Segunda Región de Magallanes y Antártica Chilena. El plazo de ejecución para desarrollar en forma íntegra este proyecto tuvo una duración de 15 meses.

Los objetivos específicos que bajo los cuales se orientó la ejecución del plan de trabajo fueron los siguientes:

- 1. Identificar los principales efectos ambientales producidos por cada tipo de cultivo existente en el área de estudio.*
- 2. Seleccionar las variables y parámetros técnicamente pertinentes para determinar el impacto ambiental producido por cada tipo de cultivo.*
- 3. Diseñar un protocolo de monitoreo global que evalúe impactos ambientales aditivos y/o sinérgicos de las actividades de acuicultura considerando áreas geográficas de mayor escala (bahías, fiordos, lagos).*
- 4. Aplicar el protocolo de monitoreo global en áreas representativas de la zona de estudio y demostrar su operatividad y eficiencia.*
- 5. Diseñar y elaborar una base de datos generada para almacenar la información que se obtendrá de la ejecución de los monitoreos y que pueda ser enlazada con un Sistema de Información Geográfico.*

Para el Primer Objetivo Específico, se recopiló información procedente de distintas fuentes bibliográficas, como así también de documentos disponibles en Internet. En lo medular, el análisis de esta información reveló que los efectos del cultivo de recursos hidrobiológicos sobre el ambiente acuático dependen de agentes que se asocian con las características mismas de esta actividad (tipo de recurso cultivado, modalidad de cultivo, volumen de producción, técnicas de manejo alimentario, entre otros) y con factores propios del cuerpo de agua (ambiente marino o dulceacuícola; dinámica de la columna de agua asociada con procesos de difusión, dispersión y advección; por mencionar algunos). Las conclusiones que se desprendieron del análisis de esta información se pueden resumir como sigue:

- Del ejercicio de cultivo de recursos hidrobiológicos, la salmonicultura es la actividad que más efectos negativos genera sobre el medio, especialmente en cuerpos de agua lacustres. Estos efectos se pueden mitigar con un buen manejo de los centros de cultivo: proceso de alimentación, proceso de cosecha, mortalidad, antibióticos y desinfectantes; y, con la incorporación de nuevas tecnologías: alimentadores automáticos, conos bajo las jaulas, sensores de pérdida de alimento, cámaras submarinas, tratamiento del agua de sangre, por ejemplo.
- El grupo que menos impactos negativos presenta son las macroalgas, las cuales pueden presentar efectos positivos en el ambiente (producción de oxígeno, disminución de nutrientes en el agua, servir de refugio para larvas y juveniles de distintas especies de peces e invertebrados). Los efectos negativos se relacionan principalmente con la disminución de la velocidad de corrientes y el aumento de la tasa de sedimentación.
- La afirmación anterior se ve reforzada por los resultados al comparar los distintos tipos de centros de cultivo en las cuatro zonas estudiadas. Se observó un mayor efecto de los centros de peces que los de moluscos bivalvos o macroalgas. Los moluscos gastrópodos y equinodermos recién están comenzando su fase comercial, por lo tanto los centros son pequeños y su impacto es bajo. Es necesario realizar proyecciones con los niveles de producción que espera producir esta actividad, con el objeto de determinar su potencial impacto futuro.

El Segundo Objetivo Especifico contempló un análisis de la normativa ambiental nacional y extranjera. Para tener una visión del panorama legislativo ambiental chileno, los antecedentes fueron organizados en base a Ministerios, identificándose aquellos cuerpos legales de mayor relevancia para este proyecto. El articulado legal es extenso, debido a que diversos organismos estatales han fomentado e impulsado iniciativas en este sentido, que se han traducido en la elaboración de leyes, decretos y resoluciones que apuntan a la regulación ambiental dentro del ámbito de sus respectivas competencias.

Durante este último tiempo, a instancias de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), se han redactado una serie de normativas secundarias, que se encuentran en diferentes estados de avance, tendientes a regularizar la situación ambiental en Chile, especialmente en lo que se refiere a límites máximos de concentración tanto en los niveles de emisión como en los contenidos máximos que aseguren una condición saludable en la calidad de los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales.

En el escenario normativo actual (diciembre del 2001), el país cuenta por primera vez en su historia con una Norma de Emisión de aguas residuales a cursos o cuerpos de agua, lo que se complementa con la ya muy cercana fecha de promulgación de la Norma de Calidad de Aguas Continentales y su homóloga, la Norma de Calidad de Aguas Marinas. Otro avance notable también lo constituye el proyecto que se está desarrollando para CONAMA: "Antecedentes Técnico-Científicos para la Generación de la Norma de Calidad Secundaria de Sedimentos Marinos y Lacustres", por parte de este mismo grupo consultor, que sin lugar a dudas vendrá a complementar las dos normas anteriores de calidad. Otros elementos de interés lo constituyen también la pronta aparición de una norma de aguas subterráneas, y la ya existente Norma de Descarga de Riles a Sistemas de Alcantarillado (DS 609), las que sin duda, consideradas en conjunto, conforman un marco normativo que viene a llenar el vacío del que por años ha adolecido el sector ambiental acuático del país.

Es en este marco precisamente, donde se debe centrar la también muy reciente aparición del Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA). En comparación con la normativa nacional y extranjera, el RAMA tiene un rol clave ya que no existen iniciativas similares para el control de los efectos de los residuos derivados de las actividades de acuicultura. En conclusión, no se divisan duplicidades entre las distintas normas nacionales, sino más bien, el desarrollo de tareas complementarias y el mutuo apoyo en busca de la meta común del desarrollo sustentable de la acuicultura y de otros usos de nuestros cuerpos de agua.

En los resultados se presenta y describe iniciativas a nivel nacional y extranjero sobre la implementación de programas de monitoreo ambiental. En Chile, el programa de mayor trayectoria es el Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) cuya responsabilidad está en manos de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR), con una cobertura geográfica desde Arica al Territorio Antártico Chileno. En el extranjero, dada la mayor disponibilidad de recursos técnicos y económicos, se han diseñado verdaderas redes de monitoreo ("networks") a fin de coordinar distintos programas ambientales que han operado durante décadas a fin de cautelar los recursos naturales de estos países. La situación actual puede resumirse como sigue:

- o Iniciativas de monitoreo ambiental nacionales

A nivel nacional existen organismos estatales y privados que están desarrollando programas de vigilancia ambiental acuáticos, estas iniciativas se encuentran orientadas a evaluar la calidad ambiental de cuerpos de agua marinos y dulceacuícolas, los cuales sustentan una multiplicidad de actividades económicas, recreativas, de investigación, entre otras.

A través del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), la CONAMA solicita a los titulares de los centros de cultivo de recursos hidrobiológicos la implementación de programas de seguimiento ambiental, sin embargo, aún no existen antecedentes técnicos que sustenten criterios para validar los diseños de monitoreos actualmente vigentes.

Del análisis de los antecedentes presentados, el estado de situación actual indica que se requiere diseñar un programa de vigilancia ambiental estructurado en base a indicadores estrechamente relacionados con las actividades de acuicultura, mediante los cuales se pueda evaluar el grado de impacto que ejerce este tipo de actividades sobre los cuerpos de agua marinos y dulceacuícolas que sustentan sistemas de producción intensivos y extensivos.

o Iniciativas de monitoreo ambiental extranjeras

En algunos países extranjeros, especialmente en naciones desarrolladas como Estados Unidos, Canadá y de la Unión Europea, existe una vasta trayectoria en el diseño e implementación de programas de monitoreo, estas iniciativas no se encuentran orientadas específicamente al seguimiento de parámetros ambientales asociadas con las actividades de acuicultura. Una excepción al respecto lo constituye el actual sistema LENKA-MOM que se encuentra operando en Noruega para el monitoreo de centros de salmonicultura.

En general, de los antecedentes revisados se desprende que las políticas ambientales en las naciones desarrolladas se orientan más bien a proteger el recurso hidrobiológico, cautelando las condiciones ambientales del recurso acuático. Como se puede apreciar, este enfoque difiere de las iniciativas nacionales que se centran más bien en el entorno, mediante la implementación de medidas tendientes a regular las actividades de acuicultura para así evitar el deterioro de las condiciones ambientales.

El Objetivo Específico 3 se materializa en el tercer capítulo de este informe. Se describe el diseño conceptual del programa de seguimiento ambiental conjugando tanto los antecedentes bibliográficos, relativos a los efectos que genera sobre el ambiente acuático el ejercicio de la acuicultura, como la información relativa al marco legal nacional y extranjero que regula estas actividades, y la experiencia disponible sobre diseño y desarrollo de programas de monitoreo ambiental para cuerpos acuáticos.

Para encarar este objetivo, el plan de trabajo se organizó en dos fases. La primera fase o pre-diseño consistió en preseleccionar variables indicadoras que evidenciaran los efectos de distintos tipos de cultivos, amparados en cuerpos de agua con diversas características. Para ello se elaboró un diseño de muestreo en base a transectas, con estaciones dispuestas a intervalos preestablecidos para la obtención de muestras en la columna de agua, sedimentos y macroinfauna bentónica

La distancia de las estaciones a lo largo de la transecta fue la siguiente:

| Estación | Distancia desde la instalación (m) |
|----------|------------------------------------|
| A        | 0                                  |
| B        | 40                                 |
| C        | 70                                 |
| D        | 140                                |

Fuente: Elaboración propia

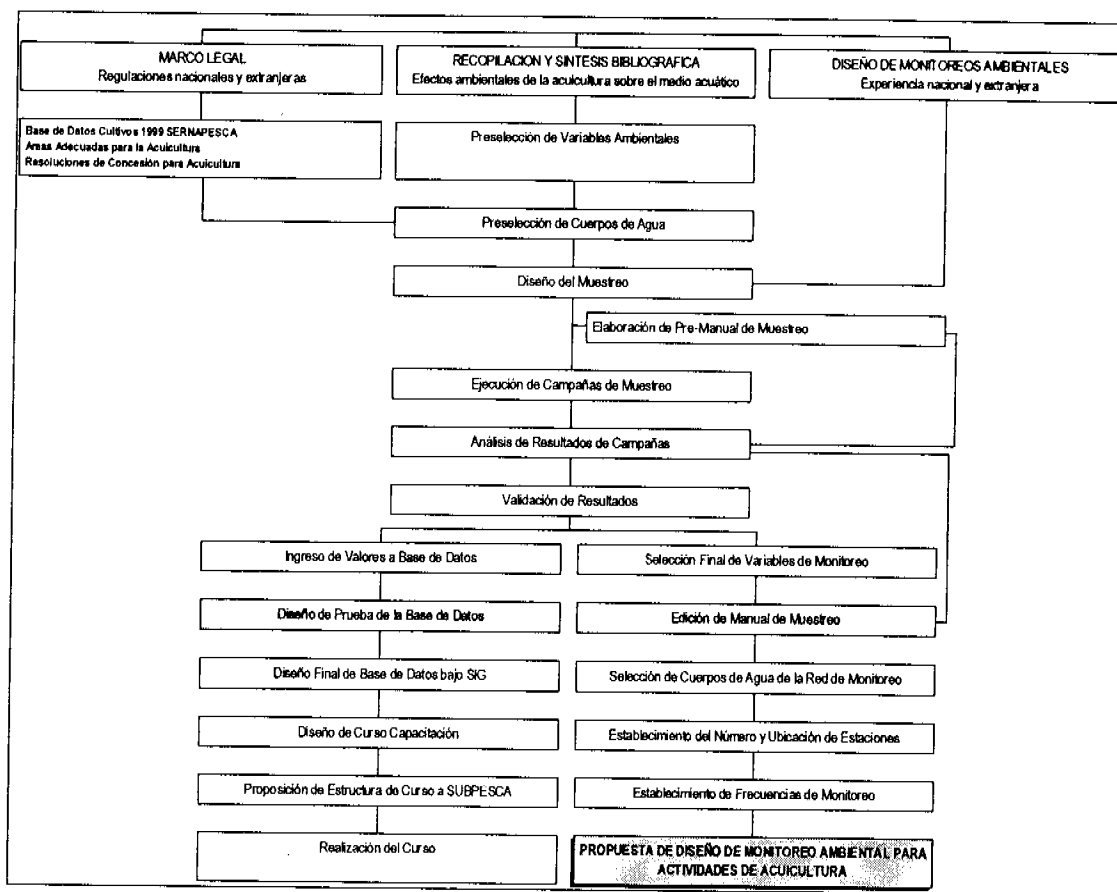
Este diseño fue aplicado en cuatro localidades, en base a la ejecución de dos campañas de muestreo (diciembre del 2000 y abril del 2001).

| Cuerpo de agua   | Transectas | Estaciones | Estratos |
|------------------|------------|------------|----------|
| Calbuco          | 3          | 12         | 2        |
| Castro           | 2          | 8          | 2        |
| Maullín          | 2          | 8          | 2        |
| R. Tornagaleones | 2          | 8          | 2        |
| Total            | 9          | 36         | --       |

Fuente: Elaboración propia

Con el término de la segunda campaña de muestreo se concreta parcialmente el Cuarto Objetivo Específico y se da inicio a la segunda fase del proyecto o de diseño final. La consecución parcial del cuarto objetivo se debió a que no fue posible ingresar a centros de cultivos ubicados en lagos previamente seleccionados a objeto de validar el diseño de monitoreo. No obstante haberse solicitado los permisos correspondientes y realizado todas las gestiones necesarias ante las autoridades competentes, los titulares de dichos centros no otorgaron el acceso a las instalaciones de cultivo.

Con los resultados obtenidos, fue posible realizar un análisis que permitió seleccionar las matrices ambientales, las variables que reflejaron de manera más adecuada los efectos de los distintos tipos de cultivo sobre el ambiente acuático y proponer las frecuencias de monitoreo a nivel de áreas geográficas mayores.



Durante el desarrollo del tercer capítulo el equipo de trabajo vislumbró falencias a nivel de las bases de datos que administra y tuicionan los correspondientes Servicios del Estado. Para implementar y desarrollar en forma óptima una red de monitoreo ambiental como la solicita el requirente del proyecto, sustentada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), es necesario remediar dichas imperfecciones a objeto de evaluar en el tiempo los efectos que generan las actividades de acuicultura sobre el medio acuático. A continuación se señala una serie de recomendaciones que son imprescindibles de efectuar:

- Ubicación geográfica precisa de los centros de cultivo de recursos hidrobiológicos. Para ello es necesario contar con una base de datos que al menos disponga de los registros del titular y de las coordenadas geográficas (latitud y longitud) del centro de cultivo.
- Situación actualizada del sistema de concesiones para la acuicultura, para aguas marinas como continentales, que permita disponer de información real y en tiempo breve sobre futuras áreas de concentración geográfica para el desarrollo de estas actividades.
- Normalización y delimitación de las áreas destinadas a la acuicultura. Si bien para aguas marinas estas áreas se encuentran bien establecidas, no ocurre lo mismo para aguas continentales en donde todavía existe una condición transitoria desde un punto de vista legal.
- Una identificación clara y una delimitación precisa de los cuerpos de agua marinos y continentales dentro del territorio nacional. Si bien existe una política nacional de uso del borde costero del litoral de la República (DS N° 475 del 14 de diciembre de 1994), que apunta a realizar una gestión coordinada de los distintos organismos e intereses en función de la diversidad de usos que pueden adoptarse para el borde costero del litoral, esta iniciativa aún se encuentra dentro de un estado de desarrollo preliminar y sólo considera aguas marinas o sectores de desembocaduras de ríos navegables.

- o Una base cartográfica de tipo hidrográfica a escala nacional, oficial, actualizada y moderna que sirva de sustrato basal sobre la cual organizar actividades y usos ligados al ejercicio de la acuicultura en cuerpos de agua tanto marinos como continentales.

Actualmente, estos requisitos están en distintas fases de desarrollo y ninguno de ellos se encuentra plenamente consolidado. Bajo esta situación, en la cual no existen los antecedentes básicos para efectuar una selección de cuerpos de agua, entonces fue necesario proponer un diseño de monitoreo ambiental orientado a las actividades de acuicultura considerando enfoques alternativos acordes con esta realidad.

También, en el tercer capítulo se propone un programa de vigilancia ambiental. Si bien no estaba contemplado dentro de los objetivos del proyecto un diseño de monitoreo ambiental a nivel de centro de cultivo, se estimó conveniente incorporarlo ya que una estrategia de muestreo de esta naturaleza proporcionará información complementaria a una escala espacial y temporal menor. Durante la estructuración del programa de monitoreo ambiental, se desprendieron una serie de conclusiones que se detallan a continuación:

- o Un programa de monitoreo ambiental que apunte al seguimiento de variables a nivel de grandes áreas geográficas (diferentes tipos de cuerpos acuáticos marinos y dulceacuícolas) no tendrá la suficiente sensibilidad para discriminar el origen de los cambios ambientales observados, como tampoco permitirá predecir futuros escenarios producto del ejercicio del cultivo acuícola.
- o Para lograr una mejor aproximación, se debe disponer de información con una escala espacial y temporal de mayor resolución. En este sentido, el seguimiento de variables a nivel de centros de cultivo proporciona la solución más viable para enfrentar este problema, ya que a partir de las mediciones periódicas que se efectúen en cada centro se podrá inferir en el corto plazo los efectos directos de las distintas prácticas de cultivo.
- o Dada la dinámica de la columna de agua, la cual depende de la sobreposición de una serie de procesos físicos y químicos que ocurren a distintas escalas de tiempo y espacio, es recomendable analizar las fluctuaciones de las variables asociadas con los fondos sedimentarios y con la macroinfauna bentónica que habita este tipo de ambientes, a fin de evaluar los efectos generados de las actividades de acuicultura.
- o Con los antecedentes disponibles, no es posible identificar una variable indicadora que esté estrechamente relacionada con los efectos ambientales generados por los residuos procedentes de las actividades de cultivos acuícolas y que sea excluyente para otras actividades. Es por ello que en el diseño de monitoreo es necesario incorporar diferentes tipos de indicadores, de manera de tener una aproximación sobre cuáles serían los efectos de este tipo de actividad en el medio ambiente acuático.
- o El diseño de monitoreo ambiental propuesto tiene implícita una relación de costo-beneficio, ya que se ha seleccionado aquellas variables cuya medición es simple de efectuar y, simultáneamente, aportan información valiosa para el manejo ambiental de esta actividad considerando la realidad nacional actual.

En el cuarto capítulo se da cumplimiento al último objetivo específico (quinto). Este cuarto capítulo comienza con una introducción a los Sistemas de Información Geográfico (SIG), cubriendo los siguientes aspectos: qué es un SIG, cuáles son sus componentes y cómo estos se organizan dentro de un diseño orientado al manejo de un tipo de información específica. Prosigue con una evaluación técnica y económica de diversas plataformas SIG, considerando el hardware mínimo requerido, las potencialidades del software que necesitan y capacitación, entre otras.

En base a esta información, se presenta un diseño de la base de datos. Este diseño se estructura de acuerdo con una serie de tablas maestras las cuales se definen en base a registros. En forma paralela, se indican los registros que forman parte de las tablas que definen la información cartográfica. Concluido el diseño, se implementó la creación de ambas bases de datos: una con la información generada de las campañas de muestreo y otra referente a la base cartográfica. En forma complementaria, se elaboró un manual para el curso de capacitación de esta herramienta. Este curso fue orientado a profesionales de la Subsecretaría de Pesca.



# Identificar los principales efectos ambientales producidos por cada tipo de cultivo existente en el área de estudio

Capítulo

1

## A. Metodología de desarrollo del objetivo específico

Mediante la información entregada por SERNAPESCA, en forma directa como a través del Anuario Estadístico de Pesca, se identificó el tipo especie que se cultiva en la zona de estudio. Recurriendo a literatura especializada se realizó una descripción del cultivo de las especies que actualmente se producen a nivel comercial.

En base a la información entregada por SERNAPESCA y de aquella extraída de los Anuarios Estadístico de Pesca, se identificó el número de centros por especie que operan en la zona en estudio y su distribución comunal. La ubicación geográfica de los centros de cultivo se obtuvo de resoluciones de la Subsecretaría de Marina que aparecen publicadas en el Diario Oficial otorgando concesiones de acuicultura. Los niveles de producción fueron obtenidos a través de la información entregada por Servicio Nacional de Pesca, en forma directa como a través del Anuario Estadístico de Pesca.

Para identificar los impactos ambientales producidos por la acuicultura y el grado de vulnerabilidad de los cuerpos de agua donde ésta se practica, se recurrió a la revisión y análisis de las siguientes fuentes de consulta:

- Estudios previos realizados por el equipo de trabajo
- Bibliografía nacional especializada
- Bibliografía extranjera especializada
- Bases de datos especializadas (Ej. ASFA)
- Internet

Para ponderar la información obtenida en las tareas anteriores, los distintos centros de cultivo que se encontraron en la zona en estudio se clasificaron de acuerdo a los siguientes criterios:

- Grupo taxonómico: algas, moluscos bivalvos, moluscos gastrópodos, peces y equinodermos.
- Tipo de ambiente acuático: marino o dulceacuícola.
- Tipo de cuerpo de agua: cuerpos: ríos, lagos, bahías, canales, estuarios y fiordos.
- Técnica de cultivo: hatcheries, confinado en tierra, *in situ*.
- Técnica de alimentación: *in situ*, alimento natural, dieta balanceada.
- Nivel de producción: bajo, moderado, alto y elevado.

## B. Resultados y Discusión

### 1.1. Identificación de tipos de cultivos que se desarrolla en la zona en estudio

De acuerdo con lo señalado por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA, 2000), en la zona en estudio (Séptima a Duodécima Región) se cultivan comercialmente trece (13) especies hidrobiológicas, de las cuales seis (6) son nativas y siete (7) son introducidas (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Especies hidrobiológicas cultivadas comercialmente en la zona en estudio.

| Nombre común        | Nombre científico               | Nativa | Introducida |
|---------------------|---------------------------------|--------|-------------|
| <b>Macroalgas</b>   |                                 |        |             |
| Pelillo             | <i>Gracilaria</i> spp.          | ●      |             |
| <b>Peces</b>        |                                 |        |             |
| Salmón de Atlántico | <i>Salmo salar</i>              |        | ●           |
| Salmón plateado     | <i>Oncorhynchus kisutch</i>     |        | ●           |
| Salmón rey          | <i>Oncorhynchus tshawytscha</i> |        | ●           |
| Trucha arcoiris     | <i>Oncorhynchus mykiss</i>      |        | ●           |
| <b>Moluscos</b>     |                                 |        |             |
| Abalón rojo         | <i>Haliotis rufescens</i>       |        | ●           |
| Cholga              | <i>Aulacomya ater</i>           | ●      |             |
| Chorito             | <i>Mytilus chilensis</i>        | ●      |             |
| Choro               | <i>Choromytilus chorus</i>      | ●      |             |
| Ostión del norte    | <i>Argopecten purpuratus</i>    | ●      |             |
| Ostra chilena       | <i>Ostrea chilensis</i>         | ●      |             |
| Ostra del Pacífico  | <i>Crassostrea gigas</i>        |        | ●           |
| <b>Equinodermos</b> |                                 |        |             |
| Erizo               | <i>Loxechinus albus</i>         | ●      |             |

Fuente: SERNAPESCA (2000).

sobre las 100.000 ton. El mayor número de centros de cultivo se localizan en la X Región (90%) (Avila, 1998; Aquanoticias, 2000).

## 1.2. Identificación, ubicación y producción de centros de cultivo

Según SERNAPESCA (2000), en 1999 operaron en la zona en estudio 801 centros de cultivo, cuya distribución por región y grupo de especies se observa en la Tabla 1.2. Debe tenerse presente que en este total, existen centros que cuentan con permiso de ocupación transitoria y centros que cultivan más de una especie. El mayor porcentaje se ubica en la X Región (90,5%) y principalmente corresponden a centros de cultivo de peces (40,5 %).

**Tabla 1.2. Distribución de los centros de cultivo por región y grupo de especies en la zona de estudio en 1999.**

| Grupos de especies | VII | VIII       | IX         | X           | XI         | XII        | Total        | %            |
|--------------------|-----|------------|------------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|
| Macroalgas         | --- | 5          | ---        | 320         | ---        | ---        | 325          | 40,6         |
| Peces              | --- | 6          | 7          | 257         | 36         | 6          | 312          | 38,9         |
| Moluscos           | --- | ---        | 16         | 147         | ---        | ---        | 163          | 20,3         |
| Equinodermos       | --- | ---        | ---        | 1           | ---        | ---        | 1            | 0,1          |
| <i>Total</i>       | --- | <i>11</i>  | <i>23</i>  | <i>725</i>  | <i>36</i>  | <i>6</i>   | <i>801</i>   | <i>100,0</i> |
| <i>Porcentaje</i>  | --- | <i>1,3</i> | <i>2,8</i> | <i>90,5</i> | <i>4,4</i> | <i>0,7</i> | <i>100,0</i> |              |

Fuente: SERNAPESCA (2000).

A partir de información entregada por el Departamento SIEP del SERNAPESCA, se puede analizar con mayor detalle la distribución de los centros de cultivo, así también como los grupos de especies que están produciendo. Es así como se puede observar en la Tabla 1.3 la distribución comunal de los centros de cultivo, además de una mayor desagregación en los grupos de especies que se están cultivando. Debe tenerse presente que algunos centros producen paralelamente mitílidos, ostreídeos y pectínidos, por eso aparece un mayor número de centros en esta tabla con respecto a la tabla anterior.

Tabla 1.3. Ubicación de los centros de cultivo, ordenados por región, provincia y comuna.

| Región | Provincia  | Comuna        | Pelillo | Mitilidos | Ostreídos | Pectínidos | Abalones | Salmónidos | Total |
|--------|------------|---------------|---------|-----------|-----------|------------|----------|------------|-------|
| 07     | Talca      | San Clemente  |         |           |           |            |          | 2          | 2     |
| 07     | Curicó     | Curicó        |         |           |           |            |          | 1          | 1     |
| 08     | Concepción | Talcahuano    | 2       | 1         | 1         |            |          |            | 4     |
| 08     | Concepción | Tomé          |         |           |           | 1          |          |            | 1     |
| 08     | Arauco     | Arauco        | 3       |           |           |            |          |            | 3     |
| 08     | Arauco     | Contulmo      |         |           |           |            |          | 1          | 1     |
| 08     | Biobío     | Los Angeles   |         |           |           |            |          | 3          | 3     |
| 08     | Biobío     | Santa Bárbara |         |           |           |            |          | 3          | 3     |
| 08     | Biobío     | Tucapel       |         |           |           |            |          | 1          | 1     |
| 08     | Ñuble      | Pinto         |         |           |           |            |          | 1          | 1     |
| 09     | Cautín     | Carahue       |         | 7         |           |            |          |            | 7     |
| 09     | Cautín     | Cunco         |         |           |           |            |          | 1          | 1     |
| 09     | Cautín     | Curarrehue    |         |           |           |            |          | 1          | 1     |
| 09     | Cautín     | Gorbea        |         |           |           |            |          | 1          | 1     |
| 09     | Cautín     | Lautaro       |         |           |           |            |          | 1          | 1     |
| 09     | Cautín     | Melipeuco     |         |           |           |            |          | 2          | 2     |
| 09     | Cautín     | Pucón         |         |           |           |            |          | 4          | 4     |
| 09     | Cautín     | Toltén Vilcún |         | 9         | 1         |            |          | 1          | 11    |
| 09     | Cautín     | Villarrica    |         |           |           |            |          | 2          | 2     |
| 09     | Malleco    | Collipulli    |         |           |           |            |          | 1          | 1     |
| 10     | Llanquihue | Puerto Montt  | 31      | 9         | 2         | 1          |          | 31         | 74    |
| 10     | Llanquihue | Calbuco       | 14      | 32        | 4         | 1          | 2        | 24         | 77    |
| 10     | Llanquihue | Cochamó       |         |           |           |            |          | 33         | 33    |
| 10     | Llanquihue | Frutillar     |         |           |           |            |          | 1          | 1     |
| 10     | Llanquihue | Llanquihue    |         |           |           |            |          | 5          | 5     |
| 10     | Llanquihue | Mauilín       | 194     | 1         |           |            |          |            | 195   |
| 10     | Llanquihue | Puerto Varas  |         |           |           |            |          | 18         | 18    |
| 10     | Chiloé     | Castro        | 2       | 7         | 5         |            |          | 22         | 36    |
| 10     | Chiloé     | Ancud         | 34      | 7         | 9         | 1          | 1        | 4          | 56    |
| 10     | Chiloé     | Chonchi       |         | 8         | 6         | 5          |          | 21         | 40    |
| 10     | Chiloé     | C. de Vélez   | 11      |           | 1         |            |          | 10         | 22    |
| 10     | Chiloé     | Dalcahue      | 4       | 11        | 2         |            | 1        | 12         | 30    |
| 10     | Chiloé     | Puqueldón     |         | 3         |           |            |          | 13         | 16    |
| 10     | Chiloé     | Queilén       | 1       | 10        | 1         |            |          | 15         | 27    |
| 10     | Chiloé     | Quellón       | 8       | 18        | 2         | 1          | 2        | 34         | 65    |
| 10     | Chiloé     | Quemchi       | 3       | 3         | 4         | 2          |          | 16         | 28    |
| 10     | Chiloé     | Quinchao      | 7       | 3         | 2         |            |          | 18         | 30    |
| 10     | Osorno     | Osorno        |         |           |           |            |          | 5          | 5     |
| 10     | Osorno     | Puerto Octay  |         |           |           |            |          | 13         | 13    |
| 10     | Osorno     | Purranque     |         |           |           |            |          | 2          | 2     |

Tabla 1.3. (Continuación). Ubicación de los centros de cultivo, ordenados por región, provincia y comuna.

| Región       | Provincia    | Comuna      | Pelillo    | Mitílicos  | Ostreídos | Pectínidos | Abalones | Salmónidos | Total      |
|--------------|--------------|-------------|------------|------------|-----------|------------|----------|------------|------------|
| 10           | Palena       | Chaitén     |            |            |           |            |          | 8          | 8          |
| 10           | Palena       | Hualihué    |            |            |           |            |          | 20         | 20         |
| 10           | Palena       | Palena      |            |            |           |            |          | 1          | 1          |
| 10           | Valdivia     | Valdivia    |            | 3          |           |            |          |            | 3          |
| 10           | Valdivia     | Corral      | 2          | 5          | 1         |            |          | 1          | 9          |
| 10           | Valdivia     | Futroneo    |            |            |           |            |          | 1          | 1          |
| 10           | Valdivia     | La Unión    |            |            |           |            |          | 5          | 5          |
| 10           | Valdivia     | Lago Ranco  |            |            |           |            |          | 4          | 4          |
| 10           | Valdivia     | Mariquina   |            | 1          |           |            |          |            | 1          |
| 10           | Valdivia     | Panguipulli |            |            |           |            |          | 2          | 2          |
| 10           | Valdivia     | Río Bueno   |            |            |           |            |          | 4          | 4          |
| 11           | Coihaique    | Coihaique   |            |            |           |            |          | 6          | 6          |
| 11           | Aisén        | Aisén       |            |            |           |            |          | 40         | 40         |
| 11           | Aisén        | Cisnes      |            |            |           |            |          | 16         | 16         |
| 11           | Aisén        | Guaitecas   |            |            |           |            |          | 4          | 4          |
| 12           | Magallanes   | Río Verde   |            |            |           |            |          | 3          | 3          |
| 12           | U. Esperanza | Natales     |            |            |           |            |          | 9          | 9          |
| <b>Total</b> |              |             | <b>316</b> | <b>138</b> | <b>41</b> | <b>12</b>  | <b>6</b> | <b>447</b> | <b>960</b> |

Fuente: SERNAPESCA com. pers. 2000.

Durante 1999, se cosechó 305.496 ton de recursos hidrobiológicos, de las cuales el 92 % tuvo su origen en la zona en estudio. De este total, el mayor porcentaje de cosechas (86%) se concentró en la X Región. Si bien, en la zona en estudio, se cultivan trece especies hidrobiológicas, el salmón del Atlántico constituye la especie más importante desde el punto de vista de los volúmenes cosechados (37%) (Tabla 1.4).

Tabla 1.4. Cosecha (ton) de los centros de cultivo que operaron en 1999. Desglose por especie y región.

| Especie             | VII | VIII  | IX  | X       | XI     | XII   | Total   | Porcentaje |
|---------------------|-----|-------|-----|---------|--------|-------|---------|------------|
| Pelillo             | --- | 7.775 | --- | 20.096  | ---    | ---   | 27.871  | 9,92       |
| Salmón de Atlántico | --- | ---   | --- | 100.493 | 2.749  | ---   | 103.242 | 36,76      |
| Salmón plateado     | --- | ---   | --- | 58.076  | 16.869 | 1.379 | 76.324  | 27,17      |
| Salmón rey          | --- | ---   | --- | 208     | ---    | ---   | 208     | 0,07       |
| Trucha arcoiris     | --- | 47    | 55  | 40.203  | 9.637  | 443   | 50.385  | 17,94      |
| Abalón rojo         | --- | ---   | --- | 39      | ---    | ---   | 39      | 0,01       |
| Cholga              | --- | ---   | --- | 566     | ---    | ---   | 566     | 0,20       |
| Chorito             | --- | ---   | 141 | 15.948  | ---    | ---   | 16.089  | 5,73       |
| Choro               | --- | ---   | 345 | 132     | ---    | ---   | 477     | 0,17       |
| Ostión del norte    | --- | ---   | --- | 42      | ---    | ---   | 42      | 0,01       |
| Ostra chilena       | --- | ---   | --- | 288     | ---    | ---   | 288     | 0,10       |

**Tabla 1.4 (Continuación). Cosecha (ton) de los centros de cultivo que operaron en 1999. Desglose por especie y región.**

|                    |     |              |             |                |               |              |                |               |
|--------------------|-----|--------------|-------------|----------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| Ostra del Pacífico | --- | ---          | ---         | 5.395          | ---           | ---          | 5.395          | 1,92          |
| Erizo              | --- | ---          | ---         | 2              | ---           | ---          | 2              | 0,00          |
| Algas              | --- | 7.775        | ---         | 20.096         | ---           | ---          | 27.871         | 9,92          |
| Peces              | --- | 47           | 55          | 198.980        | 29.255        | 1.822        | 230.159        | 81,94         |
| Moluscos           | --- | ---          | 486         | 22.410         | ---           | ---          | 22.857         | 8,14          |
| Equinodermos       | --- | ---          | ---         | 2              | ---           | ---          | 2              | 0,00          |
| <b>Total</b>       | --- | <b>7.822</b> | <b>541</b>  | <b>241.488</b> | <b>29.255</b> | <b>1.822</b> | <b>280.889</b> | <b>100,00</b> |
| <b>Porcentaje</b>  | --- | <b>27,8</b>  | <b>0,19</b> | <b>85,97</b>   | <b>10,42</b>  | <b>0,65</b>  | <b>100,0</b>   |               |

Fuente: SERNAPESCA (2000).

En las regiones ubicadas en la zona norte del área en estudio, es decir, VII, VIII y IX, se ubican principalmente hatcheries de salmónidos. Por esta razón, a pesar de indicarse en la Tabla 1.3 la existencia de varios centros, esto no se ve reflejado en las cosechas de la Tabla 1.4, debido a que el objetivo de estos centros es producir alevines que posteriormente son trasladados a centros de esmoltificación, para luego ser engordados en centros de agua de mar. En la VII Región sólo se encuentran tres (3) hatcheries de salmónidos. En la VIII Región además de los salmónidos se encuentran cinco (5) centros de macroalgas, siendo, en la zona en estudio, la única región, además de la X, que produce macroalgas. En la IX Región, fuera de los salmónidos se producen mitílicos, pero a pequeña escala.

Como se indicó anteriormente, la X Región es la que concentra la mayor cantidad de centros de cultivo de todos los tipos de especies y por ende la mayor producción. En el caso de las macroalgas, la comuna de Maullín es la que concentra la mayor cantidad de centros. En el caso de los mitílicos, es la comuna de Calbuco la que lidera las estadísticas. Ancud es el centro de producción de ostreídos y pectínidos. Los pocos centros de abalones que existen por el momento, se encuentran distribuidos principalmente en las comunas de Calbuco y Quellón. En el caso de los salmónidos, existen tres comunas que sobrepasan la treintena de centros, Quellón, Cochamó y Puerto Montt. Sin considerar a Maullín, con sus 194 centros de algas, las comunas que concentran la actividad de acuicultura son Calbuco, Puerto Montt y Quellón.

En las regiones patagónicas, sólo existen centros de salmónidos, los que en el caso de la XI Región se concentran en la comuna de Aisén y en el caso de la XII Región, en la comuna de Natales.

### **1.3. Identificación del impacto por tipo de recurso hidrobiológico cultivado**

#### **1.3.1. Macroalgas**

##### **1.3.1.1. Ciclo de producción**

El pelillo es lo único tipo de macroalga que actualmente se cultiva en forma comercial en Chile, la obtención de los talos se desarrolla utilizando dos métodos distintos: fragmentación de talos vegetativos y en forma secundaria la inoculación de esporas en sustratos artificiales en condiciones de laboratorio.

Tradicionalmente los cultivos de pelillo se han desarrollado a partir de la fragmentación de talos provenientes de praderas naturales o de los mismos centros de cultivo. Estos talos son cortados en trozos de aproximadamente 40 cm de largo y plantados directamente en el sustrato mediante distintos sistemas de cultivo y en diferentes densidades.

Un método alternativo para la obtención de talos es la inoculación de esporas en sustratos artificiales, este método consiste en implantar esporas, ya sea carpósporas o tetrásporas, en cuerdas plásticas, piedras y adocretos, aunque es utilizado por muy pocos productores a escala comercial.

Para su cultivo se utilizan tres métodos: directo, indirecto y suspendido. El cultivo directo consiste en enterrar manojos de alga directamente en el sustrato marino, lo cual puede lograrse haciendo un agujero o surco donde se deposita el manojito con la mano. El cultivo indirecto consiste en amarrar manojos de alga a un determinado sustrato, el cual es depositado en el fondo marino. El sustrato más utilizados son mangas plásticas ("chululos"), aunque también se pueden utilizar piedras o estacas. El cultivo suspendido consiste en amarrar manojos de alga a una línea madre, la cual se suspende en el agua mediante estacas de madera; otra modalidad es suspender bolsas de red de pesca en corrales que se mantienen flotando mediante boyas.

##### **1.3.1.2. Posibles riesgos ambientales**

Las macroalgas son organismos autotróficos que están en el nivel trófico más bajo del ecosistema acuático; asimilan nutrientes del agua y generan oxígeno disuelto, aunque durante la noche consumen



oxígeno. Está claro que de todos los tipos de organismos cultivados, las macroalgas presentan la menor alteración del ambiente. No sólo aportan oxígeno al agua, sino que también contribuyen a remover nutrientes del agua al incorporarlos a la biomasa cultivada, además constituyen una fuente de refugio (nursery) para peces e invertebrados y un ambiente favorable para organismos herbívoros, aún cuando éstos también pueden afectar al cultivo, por ejemplo, por excesiva presencia de poliquetos (Avila, 1998).

Aún así, estos cultivos no están exentos de presentar algunas alteraciones ambientales (Tablas 1.5 y 1.6), las que sin embargo, se deben más bien a situaciones indirectas producto de manejo inadecuado de los sistemas de cultivo, que a efectos de las plantas en sí. Los principales efectos negativos proceden probablemente de las grandes superficies que se requieren para un cultivo viable de macroalgas, lo cual posiblemente afecta a las comunidades bentónicas y a la productividad primaria en la columna de agua (Phillips, 1990). La sedimentación producto de la alta densidad de cultivo, puede producir cambios en las comunidades bentónicas, sobre todo allí donde ha disminuido la velocidad de la corriente.

**Tabla 1.5. Posibles consecuencias físicas del cultivo de algas, con indicación de sus posibles efectos positivos y negativos (Phillips, 1990).**

| <b>Operaciones y problemas</b>                   | <b>Efectos positivos</b>  | <b>Efectos negativos</b>   |
|--|---|--|
| Limpieza y preparación de las zonas de cultivo   | Mejora de la producción y tratamiento                             | Posibilidad de pérdida de especies autóctonas y de la diversidad del hábitat |
| Gestión rutinaria (tala, cosecha)                | Igual a los anteriores  | Igual a los anteriores   |
| Resguardar de la luz el crecimiento de las algas | Reducción de la competencia                                       | Reducción de la columna de agua y de la producción bentónica                 |
| Disminución de olas y corrientes de agua         | Protección de especies delicadas                                  | Aumento de la sedimentación  |
| Consecuencias estéticas                          | Aumento de la productividad costera en ecosistemas degradados     | Conflictos entre usuarios  |
| Espacio  | Aumento de la productividad de ecosistemas estériles o degradados | Conflictos entre usuarios (por ejemplo, con los pescadores)                  |
| Superficie y volumen del sustrato                | Aumento de la productividad de ecosistemas estériles o degradados | Cambios en el ecosistema   |

**Tabla 1.6. Consecuencias ecológicas del cultivo. Indicación de posibles efectos positivos y negativos (Phillips, 1990).**

| Operaciones y problemas               | Efectos positivos   | Efectos negativos   |
|---------------------------------------|---|---|
| Calidad del agua                      | Aumento de oxígeno, destrucción de nutrientes, producción de algas                            | Reducción del fitoplancton costero<br>Ciclo trófico<br>"Enfermedades" |
| Fertilización y tratamientos químicos | Producción de algas<br>Aumento de la producción de policultivos                               | Calidad del producto<br>Cambios en la calidad del agua                |
| Bentos                                | Aumento de la producción de invertebrados (por ejemplo, con moluscos)                         | Cambios en las especies bentónicas y en la producción                 |
| Productividad de la columna de agua   | Aumento de la producción de invertebrados y peces<br>Protección de pececillos<br>Policultivos | Depredadores<br>Cambios en la estructura de la comunidad              |

Uno de los sistemas de cultivo que aún se emplea para mantener los talos sujetos al sustrato, es el de los denominados "chululos", consistentes en bolsas o "mangas" alargadas de plástico que se llenan de arena y que se entierran en el sustrato, alrededor de las cuales se enrollan los talos. Durante episodios de tormentas o marejadas, muchos de estos "chululos" son arrancados del fondo resultando destruidos, sembrando la playa de restos de algas y de mangas de polietileno que flotan a la deriva, lo que constituye un foco de contaminación. Se espera que con la promulgación del Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA) se elimine esta práctica.

Existe preocupación por los efectos negativos del traslado de especies de macroalgas de una región a otra, ya sea introducción de especies exóticas o translocación de especies dentro del país. Este último hecho está ocurriendo en Chile con el cultivo del pelillo. La utilización de líneas madres representa un riesgo por la potencialidad de servir como sustrato para la fijación de plagas (otras macroalgas o diatomeas bentónicas).

Estos efectos se comprobaron en terreno durante la segunda campaña, río Maullín, cuyos resultados fueron analizados en tercer informe de avance. No se observó efecto significativo sobre la macrofauna, en la columna de agua se observó un posible efecto en los niveles de nitrógeno total, al igual que en los sedimentos, donde también se observó una influencia en los niveles de sulfuro debido probablemente a la acumulación de frondas entre los sedimentos.

### **1.3.2. Moluscos bivalvos**

El cultivo de moluscos bivalvos se basa en tres grupos de especies, mitílidos (choritos, choro y cholga), pectínidos (ostión del Norte) y ostreideos (ostra chilena y ostra del Pacífico).

#### **1.3.2.1. Ciclo de producción**

En el caso de los mitílidos todos los centros se abastecen de semillas captadas del medio natural, los colectores se instalan, a partir de septiembre, por un período de entre 4 y 8 meses, dependiendo de la zona. Los colectores consisten en redes de pesca en desuso de ca. 15 cm de ancho y largo variable dependiendo de la profundidad del lugar, los cuales van suspendidos desde balsas o líneas madres.

Para la engorda se seleccionan los mitílidos por calibre y se encordan en estructuras suspendidas hasta alcanzar la talla comercial (5 – 6 cm). Esta etapa puede desarrollarse en balsas o en líneas madres, de esta estructura se suspenden las cuelgas donde ubican los organismos. Estas cuelgas consisten de un cabo de nylon o perlón, las semillas se cubren con una manga de algodón (calceta) para que se fijen al eje central y después se desintegra en el mar (método francés modificado) o en cabos o redes trenzadas, donde las semillas son cubiertas por una malla de rayón, que también se disuelve en el agua una vez que las semillas están fijadas (método español). Una vez que aumenta la densidad se procede al desdoble, en el caso del método español se destrenzan los cabos o redes y se obtienen rápidamente las nuevas cuelgas.

En el caso del ostión del norte, la obtención de semillas se realiza principalmente desde el medio natural, donde se instalan colectores en el momento del asentamiento larval. Este proceso dura entre dos a cuatro meses; más tiempo significa aumentar la tasa de mortalidad por problemas de desprendimiento (entre los 8 y 14 mm el biso deja de ser funcional), densidad y depredación. Las semillas son cosechadas cuando alcanzan una talla entre los 10 y 15 mm. También existen centros productores de semilla en ambientes controlados, en los cuales se desarrolla el cultivo de microalgas para alimentar las larvas, semillas y reproductores, acondicionamiento de reproductores (manejo de temperatura y alimentación), inducción del desove y fertilización de los gametos, cultivo de larvas y post-larvas.

La engorda se realiza principalmente en linternas suspendidas de líneas madre o en balsas, también se puede realizar en corrales en el fondo, bolsas de malla (malla pavo) o colgados desde la oreja. En esta etapa las semillas se seleccionan de acuerdo a su tamaño y se dejan crecer hasta los 90 mm aproximadamente, período que dura cerca de 18 meses, dependiendo de la disponibilidad alimento y la temperatura. Durante el tiempo de crecimiento se realizan graduaciones y desdobles para evitar un aumento nocivo de la densidad; en esta maniobra también se eliminan los organismos incrustantes que se fijan a los artes de cultivo.

En el caso de la ostra chilena, el 100% de la obtención de semillas se produce por captación del medio natural. El período de captación ocurre entre noviembre y enero, los colectores permanecen entre 8 y 12 meses en el agua para permitir el crecimiento de las semillas y disminuir el riesgo de desprendimiento. Los colectores más utilizados son los collares de valvas de otros bivalvos. Otro método de captación es la instalación de estanques intermareales con placas de PVC por un período de 15 días, luego son trasladadas al mar para el crecimiento de las semillas.

La engorda es la etapa de crecimiento de las semillas que va desde los 10 mm aproximadamente hasta su talla comercial (50 mm). Existen dos métodos de cultivo, suspendido y de fondo. El cultivo suspendido se realiza principalmente a partir de líneas o también a partir de balsas, donde se suspenden cuelgas de valvas con semillas de ostra fijadas en la etapa anterior. En el caso de las ostras que se desprenden, se pegan con cemento y se suspenden nuevamente para terminar su período de crecimiento. Para los cultivos de fondo se utilizan bandejas o camillas que se ubican en el intermareal o submareal, las semillas se instalan en cajones de madera con fondo de malla, en este tipo de cultivo se utilizan principalmente las semillas captadas en placas de PVC las cuales se desprenden para cultivarlas libres. Después de la cosecha viene un proceso de limpieza, donde se eliminan los organismos incrustantes que crecieron sobre las valvas.

En el caso de la ostra del Pacífico, todo el abastecimiento de semillas proviene de hatcheries, tanto de la zona norte como de la X Región, esta especie no puede reproducirse en forma natural en aguas chilenas. Las semillas se venden cuando alcanzan un tamaño entre 3 y 20 mm, dependiendo de los riesgos que quiera correr el productor. La forma de producción es similar a la descrita anteriormente para el ostión del Norte, pero difiere en que las semillas se captan en valvas que después se utilizan para confeccionar las cuelgas de crecimiento.

La engorda se realiza preferentemente en linternas japonesas y cuelgas de crecimiento, suspendidas desde líneas madres, aunque también se utilizan bolsas de mallas por ser más económicas. Las linternas y bolsas son similares a las descritas anteriormente para el cultivo del ostión, las cuelgas son confeccionadas con valvas, principalmente de ostión. También se desarrolla engorda en camillas o parrones de fondo, similares a las descritas para la ostra chilena.

### 1.3.2.2. Posibles riesgos ambientales

El cultivo de moluscos bivalvos se basa en el fitoplancton disponible de forma natural de la columna de agua y requiere una superficie considerable de zonas entre mareas y de aguas próximas a la orilla.

El cultivo de bivalvos a gran escala consume cantidades importantes de fitoplancton, sobre todo cuando hay una alta densidad de unidades de cultivo en una gran superficie. El cultivo de bivalvos compite con otros herbívoros planctónicos, como se ha visto en la ría de Arosa en España, donde el cultivo de choritos en suspensión ha sustituido los copépodos como el organismo pelágico de pastoreo más importante (Barg, 1992).

Las estructuras de cultivo de bivalvos modifican la velocidad y dirección de las corrientes. A su vez, estos cambios pueden modificar las pautas de erosión y sedimentación de la materia en partículas. La reducción de la corriente de agua puede provocar una disminución de la erosión natural por la acción de las olas, que a su vez es seguida de sedimentación y acumulación de la materia en suspensión en las zonas de cultivo.

Además de estos efectos físicos, los bivalvos producen pseudoheces y heces (llamados biodeposición) que constituyen desechos orgánicamente ricos, propios del cultivo de bivalvos. Grentz *et al.* (1991) han estimado que por cada tonelada de producción (medida como peso húmedo), se generan aproximadamente 600 kg de biodepositos.

La biodepositación puede provocar cambios fisicoquímicos en el sustrato, especialmente en las inmediaciones del lugar de cultivo. El enriquecimiento del sedimento con materiales orgánicos estimula la actividad microbiana produciendo la desoxigenación del sustrato y de las aguas del fondo, debido a la reducción de las concentraciones de oxígeno en los intersticios y al aumento de consumo de oxígeno y de

nutrientes inorgánicos, tales como nitrato, nitrito, amonio, silicato y fosfato procedente de los cultivos de choritos (Smaal, 1991).

La introducción de bivalvos podría tener efectos ecológicos negativos (Chew, 1990), especialmente cuando se introducen también parásitos y enfermedades. Con la introducción en Norteamérica de la ostra del Pacífico (*Crassostrea gigas*) procedente de Japón, se introdujeron conjuntamente dos depredadores de bivalvos, la ostra rizada japonesa (*Ceratoderma inornatum*) y la ostra plana alargada (*Pseudostylochus ostreophagus*), así como el parásito *Mytilicola orientalis*, que puede afectar gravemente a varias especies de bivalvos. Al introducir y trasladar especies de choritos, se corre también el riesgo de propagar enfermedades infecciosas y parásitos que son perjudiciales para choritos y otros bivalvos (Bower y Figueras, 1989). Esto se ve reforzado por la técnica utilizada en los mitílidos y ostreídos de captar semillas en el ambiente natural y luego trasladarlos a otros lugares para su engorda, esto representa un potencial impacto de colonización de plagas como las floraciones algales nocivas (FAN), macroalgas o algún parásito no deseable.

Como se indicó en la descripción del ciclo de producción, estos cultivos se basan principalmente en la capacidad de fijación que tienen los bivalvos a través del biso ubicado en la charnela (mitílidos y ostreídos) lo cual constituye un potencial riesgo de desprendimiento desde las estructuras de cultivo debido a las condiciones del oleaje, velocidades de corriente y densidad de cultivo. Estos desprendimientos, junto con los que se producen durante el proceso de desdoble aumentan la carga de materia orgánica en el fondo del área de cultivo, lo que dependiendo de la densidad de esta mortalidad, puede llegar a producir problemas locales de anaerobiosis. En el caso de los pectínidos esto no ocurre tan frecuentemente porque por un lado se cultivan principalmente confinados en linternas y por otro lado son organismos de vida libre que tienen una capacidad relativamente alta de movimiento.

Durante la primera campaña se muestreó un centro mitílidos (estero Chauquiar) y un sector donde co-existe un centro de mitílidos y uno de salmónidos (canal Lemuy). En estos muestreos no se observó interferencia del cultivo de bivalvos en la distribución de fitoplancton, medido como clorofila *a*. Con una sola campaña no se puede determinar si las estructuras de cultivo han influido en la sedimentación, pero se considera importante evaluar la granulometría de los sedimentos, su contenido de materia orgánica y su macroinfauna, lo que también permite determinar los posibles impactos de las biodepositaciones.

A pesar de haberse introducido en Chile la ostra del Pacífico, no se dispone de antecedentes que indiquen una introducción simultánea del parásito y los depredadores introducidos en Norteamérica.

### **1.3.3. Cultivo de moluscos gastrópodos y equinodermos**

#### **1.3.3.1. Ciclo de producción**

El 100% de las semillas de abalón se obtienen de hatcheries, principalmente ubicados en la zona norte del país. En estas hatcheries se mantienen reproductores, los cuales son acondicionados para desovar en distintas épocas del año. Las primeras etapas corresponden a una larva nadadora que se alimenta de microalgas planctónicas, luego metamorfosean y se transforman en una post-larva bentónica con capacidad de desplazamiento, la cual se cultiva en bandejas y se alimenta con diatomeas bentónicas. Posteriormente, en la etapa de pre-engorda se pueden alimentar con macroalgas o con dietas balanceadas. Una vez que las semillas alcanzan una talla de 10 mm son trasladadas a engorda.

En la zona sur sólo se realiza engorda en sistemas suspendidos, mientras que en la zona norte sólo se realiza engorda en tierra. Los sistemas suspendidos consisten líneas madre y balsas, de ellos se cuelgan tambores plásticos con aberturas laterales cubiertas con malla, para permitir la circulación de agua al interior del tambor, se utilizan jaulas de armazón plásticas o metálicas para los organismos más grandes. Los abalones son alimentados con macroalgas frescas cuya especie variará dependiendo de la disponibilidad local y temporal, los contenedores se revisan semanalmente, retirando los restos de macroalgas, colocando nuevas frondas y eliminando los peces muertos. La periodicidad de limpieza de los organismos incrustantes que se fijan a los contenedores depende de la productividad del lugar. Una vez que los abalones alcanzan un tamaño de 25 mm, se procede a su traslado a las jaulas en balsas permaneciendo allí hasta que alcancen la talla comercial de 80 mm. Existen experiencias en el uso de alimento balanceado, pero debido a problemas de rentabilidad aún no se ocupan masivamente.

Para el cultivo del erizo se ocupa la tecnología de cultivo del abalón.

### 1.3.3.2. Posibles riesgos ambientales

El único molusco gastrópodo que se cultiva actualmente en Chile es el abalón, en la zona en estudio sólo se realiza engorda en balsas con canastos o tambores colgando. La alimentación se basa en macroalgas frescas, especialmente se utiliza *Macrocystis* sp., aunque también se puede utilizar *Gracilaria* sp., *Ulva* sp. y *Lessonia* sp.

El principal efecto ambiental que produce este tipo de cultivo es el gran volumen de macroalgas que se requieren para alimentar muchos centros de cultivos (Poblete y Alvial, 1993).

Los principales desechos son las heces y liberación de trozos pequeños de algas desde los contenedores de cultivo, no existe gran liberación de algas no consumidas, pues estas se retiran de los contenedores cuando se renueva el alimento.

Al igual que en el caso de los moluscos bivalvos, las estructuras de cultivo pueden influir en la velocidad de corriente y por ende, en la velocidad de sedimentación tanto de los sedimentos como de las heces.

Aunque la talla de primera madurez sexual del abalón es menor a la talla de cosecha, los gametos que se emiten al medio, no son viables debido a los requerimientos ambientales de estos y de las larvas de abalón, por lo tanto no es posible una naturalización (Poblete y Alvial, 1993).

En el caso del erizo, es una especie nativa que se distribuye naturalmente en toda la zona en estudio, por lo tanto en el caso de producirse escape de ejemplares podría hablarse de repoblamiento. En caso que los ejemplares hayan ingresado de otra región biogeográfica (translocación), puede ocurrir efectos negativos sobre el medio, como se señaló para el caso de los moluscos bivalvos.

Si bien no se realizó un muestreo en un centro de cultivo de abalón o de erizo, debido a las características de sus posibles impactos, se propone que se realice un muestreo similar al indicado para los moluscos bivalvos.



#### **1.3.4. Cultivo de peces**

En la zona de estudio los únicos peces que se cultivan comercialmente son los salmónidos, por lo tanto la descripción del ciclo de producción se basará en este grupo de especies.

##### **1.3.4.1. Ciclo de producción**

El cultivo de salmónidos se realiza en dos fases: agua dulce y agua de mar. La primera fase se inicia con el desove de los reproductores, aunque muchos centros compran ovas a proveedores nacionales o extranjeros. Luego viene la incubación de las ovas hasta la eclosión de la larva y la reabsorción de su saco vitelino. Posteriormente se realiza el alevinaje, que consiste en criar alevines hasta los 4 – 5 g, para lo cual son alimentados con dietas balanceadas de distintos calibres según el tamaño del pez. Estas etapas se realizan en estanques instalados en tierra cuyos efluentes deben contar con sistemas de tratamiento de los residuos líquidos.

La siguiente etapa es la esmoltificación, que consiste en adaptar a los alevines a su traspaso al mar. Esta etapa se desarrolla principalmente en lagos, aunque también hay empresas que lo realizan en estanques en tierra. Los peces son mantenidos hasta que experimentan la adaptación para poder vivir en el agua de mar, cuando tienen entre 50 y 100 g. En el caso de las truchas se pueden engordar en agua dulce hasta que pesen 300 g y luego pueden cerrar su ciclo de vida sin ir al mar.

La segunda fase, agua de mar, se realiza íntegramente en balsas-jaula de distintos tamaños, formas y materiales. Esta fase corresponde a la engorda, la que puede ser hasta los 4 kg en algunas especies. En estos centros se realizan maniobras para la recolección de mortalidades, cambio de redes por exceso de incrustantes, desdobles de peces por aumento de densidad, además de tratamientos sanitarios tanto preventivos como curativos.

La cosecha se realiza en pontones de trabajo, donde el sacrificio de los peces se realiza mediante un corte en las branquias. La tecnificación de estos pontones ha aumentado y actualmente algunos de ellos cuentan con sistemas de tratamiento abordo para tratar el agua de sangre. Otra modalidad que se ha estado implementando es el uso de embarcaciones que se utilizan para trasladar vivos los peces a las plantas de proceso, para lo cual son succionados con bombas desde las jaulas.

### 1.3.2.2. Posibles riesgos ambientales

La producción de peces genera desechos de materia orgánica particulada (material fecal y alimento no consumido) y desechos inorgánicos solubles de excreción. De los diversos tipos de acuicultura costera, la producción intensiva (que depende completamente de fuentes de alimentación externas), tiene el mayor potencial de generar desechos. Se ha estimado por ejemplo, que la producción de una tonelada de salmón del Atlántico genera 80 kg de nitrógeno soluble (amonio), 7,5 kg de fósforo soluble y 1.300 kg de carbón particulado (Ackefors y Enell, 1994).

Los desechos de nutrientes y de materia orgánica, disueltos o en forma de partículas que proceden de alimentos no consumidos y de excrementos, se caracterizan por aumentar las concentraciones de sólidos en suspensión (SS), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y contenido de carbono, nitrógeno y fósforo (Barg, 1992).

Los posibles problemas ecológicos relacionados con el enriquecimiento de nutrientes y de materia orgánica en o fuera de la unidad de cultivo se dan normalmente en cultivos semi-intensivos, y en especial en intensivos, de peces carnívoros en que se requiere suministro de dietas balanceadas (Mok, 1982). Los desechos de nutrientes y de materia orgánica, disueltos o en forma de partículas que procedan de alimentos no consumidos y de excrementos, se caracterizan por un aumento en sólidos en suspensión (SS), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y contenido de carbono, nitrógeno y fósforo.

Las descargas de efluentes procedentes de centros de cultivos instalados en tierra se ven influenciadas por muchas variables que rigen la calidad de los efluentes tales como especies, tamaño, método e intensidad de cultivo, tratamiento, temperatura, modo de vertido y alcance de dilución o tratamiento anterior al vertido (Beveridge *et al.*, 1991). La demanda de oxígeno y la liberación de nutriente al año por tonelada de trucha arcoiris en una empresa danesa se calculó en 300 kg DBO<sub>5</sub>/ton/año, 10 kg Total-P/ton/año y 81 kg Ntotal/ton/año (Sweden, 1983). Para race-ways con salmón del Atlántico adulto, la carga de los efluentes, expresada en g/kg pescado/24 horas, fue la siguiente: 0,5 – 0,4 g de materia seca en suspensión (MSS); 0,01 – 0,05 g P total; 0,15 – 0,30 g N total y 0,1 – 0,2 g nitrógeno amoniacal total (NAT), con una tasa de conversión de 1,0 – 1,2 de alimento balanceado por kilogramo de aumento de peso del pescado (Bergheim and Forsberg, 1992).

A pesar de que el cultivo de salmónidos en lagos está restringido por no existir Areas Apropriadas para la Acuicultura autorizadas en aguas continentales, no es menos cierto que actualmente operan centros que contaban con autorización antes de la entrada en vigencia de la Ley General de Pesca y Acuicultura (1992). Estos cuerpos de agua presentan una alta vulnerabilidad debido a su baja tasa de renovación de agua y su comparativa baja velocidad de circulación, lo cual reduce su capacidad de autodepuración. Teniendo en cuenta que los mayores efectos de la salmonicultura se deben al proceso de alimentación, alimento no consumido, excretas sólidas y líquidas y antibióticos incluidos en el alimento, estos cuerpos de agua tienen una alta posibilidad de eutrofizarse debido que su factor limitante para el desarrollo de las microalgas es el fósforo, el cual es aportado por la salmonicultura a través del alimento y por otras actividades que se desarrollan en sus riberas, agricultura (fertilizantes, heces ganado) y los asentamientos humanos (aguas servidas, detergentes).

En lo que se refiere al vertido de desechos procedentes de centros de cultivos en jaulas, la producción de desechos sólidos se estima en una escala que va de 0,3 a 0,7 peso en seco de desechos de alimentos y heces por kilogramo de pescado producido (Weston, 1991). Aunque depende de la especie, calidad del alimento y temperatura del agua. Los resultados de estudios realizados en terreno indican que hasta un 76% del carbono y un 76% del nitrógeno dado como alimento al salmón criado en jaula es vertido al medio ambiente marítimo en forma de desecho sólido y soluble, y que los principales factores de control del nivel de enriquecimiento del bentos y de la columna de agua son el tamaño del centro de cultivo, la agricultura y la hidrografía en el lugar (Gowen *et al.*, 1988).

La dilución/dispersión, distribución por zonas y sedimentación de los desechos vertidos y sus posibles efectos ecológicos en los centros de cultivo vienen determinados por las velocidades de la corriente y la profundidad de las masas de agua que reciben los desechos de los efluentes procedentes de estanques y/o race-ways y de las jaulas.

Las partículas de materia orgánica decanta en las proximidades del centro de cultivo, si la velocidad de sedimentación de las partículas es más alta que la velocidad de la corriente. Los sólidos que se depositan en el lecho son ricos en carbono, nitrógeno y fósforo con relación a los sedimentos naturales (Holmer, 1991), y tal vez ocasionan cambios fisicoquímicos en los sedimentos próximos a los centros de cultivo, incluso un aumento del contenido de carbono orgánico, seguido de un incremento de los índices de consumo de oxígeno de los sedimentos y una disminución del potencial rédox de los sedimentos (Brown *et*

*al.*, 1987), generación de sulfuro de hidrógeno y metano (Lumb, 1989) y aumento de nitrógeno inorgánico y orgánico (Kaspar *et al.*, 1988), fósforo, sílice, calcio, cobre y zinc (Rosenthal *et al.*, 1988). Se señala, sin embargo, que estos efectos físicos y químicos se limitan únicamente a los lugares inmediatos a los centros de cultivo.

Además de los desechos orgánicos señalados anteriormente, también se libera al medio productos químicos procedentes de distintas fuentes: derivados de alimentos (pigmentos, antioxidantes, atractantes del alimento, inmunoestimulantes, vitaminas, hormonas y antibióticos), materiales utilizados en la construcción de los artes de cultivo (aditivos de plásticos (PVC), pinturas anti-incrustantes, metales pesados, etc.) y compuestos aplicados como medidas sanitarias (desinfectantes, detergentes y anestésicos) (GESAMP, 1997).

De acuerdo a experiencias realizadas en Noruega (Kupka *et al.*, 1991) la oxitetraciclina y el ácido oxolinico no son degradados en los sedimentos y pueden ser detectados a través de HPLC hasta 7 meses después de su aplicación. La adición de estos antibióticos produce una dramática reducción en el número total de las bacterias presentes en los sedimentos, lo que además se manifiesta en la actividad bacteriana medida en la reducción del sulfato. Después de la onceava semana de la aplicación de los antibióticos se observa un elevado número de bacterias resistentes a los mencionados antibióticos. Esto es corroborado por Guardabais *et al.* (2000), quienes señalan que el ácido oxolinico no presenta una reducción significativa en los sedimentos marinos después de 180 días de la medicación de los peces vía alimentación. La exposición al ácido oxolinico muestra efectos en la comunidad bacteriana de los sedimentos marinos con respecto al número de bacterias, la capacidad de degradación de la materia orgánica y el desarrollo de resistencia al antibiótico. Debido a que las bacterias del genero *Acinetobacter* son abundantes en los ecosistemas fluviales ( $10^4$  ind./100 mL), se considera un buen bioindicador de la utilización de ácido oxolinico en centros de cultivos instalados en tierra y que utilicen agua dulce (pisciculturas), al analizar los sedimentos ubicados hasta 300 m aguas abajo del efluente.

Una de las sustancias utilizadas como agente biocida en las pinturas anti-incrustantes es el tributilestaño (TBT), compuesto utilizado desde la década de los años 70 en redes de cultivo, embarcaciones e instalaciones costeras. Este compuesto estaría produciendo modificaciones genéticas en muchas especies marinas. Se acumula en los sedimentos y es tóxico a partir de concentraciones de 2 µg/L.

Debido a la bioacumulación, se han encontrado concentraciones importantes en focas y delfines, pero aún no se ha demostrado un daño en el hombre.

Si no se realiza un manejo adecuado, el proceso de cosecha también puede tener efectos sobre el ambiente, esto se debe al vertimiento del agua de sangre al momento de corta las branquias de los salmónidos, por un lado aumenta la DBO<sub>5</sub>, pero principalmente en una fuente de enfermedades que puede afectar al propio centro. Por esta razón, las empresas tienden a mejorar el manejo del agua de sangre realizando la matanza en receptáculos ("bins") donde al agua de sangre es llevada junto con los peces a la planta de proceso, que cuenta con una planta de tratamiento de efluentes o instalan una planta de tratamiento en los pontones de cosecha.

Una nueva modalidad para la cosecha es el traslado de los peces vivos a las plantas de proceso, los peces son succionados a través de bombas desde las mismas jaulas y son traspasados a embarcaciones que cuentan con bodegas acondicionadas para recircular el agua y mantener las condiciones necesarias para la sobrevivencia de los peces. Esta práctica soluciona el problema del agua de sangre, pero dependiendo del procedimiento que se utilice para el recambio de agua genera un nuevo problema. Un tipo de embarcación recircula el agua de los estanques, lo que no presenta grandes inconvenientes, pero la mayoría de las embarcaciones hace recambio de agua con el medio natural, lo que significa un gran riesgo para la diseminación de floraciones algales nocivas (FAN) u otras plagas, pues se incorpora agua a medida que la embarcación navega y la retorna en otra zona del track de navegación.

Otros puntos relacionados con el manejo del centro son la mortalidad y el uso de desinfectantes. Es importante el manejo de la mortalidad porque son focos de infecciones y al descomponerse disminuyen la calidad del agua. Esto se soluciona con el retiro periódico de las mortalidades desde las jaulas, ya sea en forma manual o mediante buceo. También es importante su neutralización (e.g. ácido fórmico), su acopio en recipientes herméticos, la frecuencia de retiro desde los centros y su disposición final en vertederos autorizados. En el caso de los desinfectantes, normalmente utilizados en pediluvios y maniluvios o para desinfectar los elementos de trabajo (e.g. quechas), el peligro es que normalmente son vertidos directamente al cuerpo de agua, con el consiguiente riesgo para la biota del lugar al ser principalmente compuestos yodados. Un buen manejo de estos desinfectantes sería neutralizarlos, guardarlos en recipientes herméticos y disponerlos en vertederos autorizados.

#### **1.4. Efectos colaterales: escapes de salmones y segado de algas pardas para alimentación**

Dado que esta temática es más bien un riesgo asociado con la actividad de acuicultura y no está directamente ligada con el objetivo principal de este proyecto, los efectos son más bien indirectos. No obstante, se consideró que en base a los alcances que se desprenden del primer objetivo específico es importante entregar antecedentes sobre los efectos del escape de salmones al medio natural y de la extracción de algas pardas como fuente alimentaria para el cultivo de abalones.

##### **1.4.1. Escape de salmones**

Dentro de las consideraciones que se deben tener al momento de autorizar la introducción de una especie está su posición trófica, la posibilidad de competencia por espacio y alimento con especies nativas y el hecho de que sean posibles vectores de enfermedades infecciosas y parasitarias. Al momento de autorizar la introducción de una especie exótica para su cultivo, la autoridad competente asume también todos los riesgos que esta acción implica.

Uno de los principales riesgos que presenta el cultivo es el escape desde sus unidades de confinamiento. En el caso de los salmones, los escapes desde las balsa-jaula pueden producirse debido a diversas causas, entre las que se puede destacar un manejo deficiente en la operación de los centros de cultivo, el daño de las redes producido por ataques de lobos marinos, por efecto del mal tiempo o tormentas, accidentes durante el transporte o actos de vandalismo (robo o sabotaje). Uno de los factores que tiene mayor incidencia son las tormentas o el mal tiempo. Aunque no se descarta que también se puedan escapar en las otras etapas de cultivo, alevinaje y esmoltificación.

El problema que se presenta para poder cuantificar los escapes es que no son reportados a la autoridad, por lo tanto es difícil poder estimar su magnitud. Las únicas fuentes relativamente confiables podrían ser las compañías de seguro que es donde las empresas denuncian sus pérdidas.

Este es un tema que en el ámbito mundial provoca preocupación, especialmente si se trata de escapes de especies exóticas. Así GESAMP (1991) ya identificaba el escape como uno de los impactos ecológicos de la acuicultura y señala que los escapes producidos desde los centros de cultivo, especialmente de

salmónidos, preocupan a las autoridades europeas por su interacción con las poblaciones naturales. Debido a que los peces cultivados han sido seleccionados por los rasgos que los hacen convenientes para el cultivo (*i.e.* rápido crecimiento, comportamiento dócil, etc.), están menos adaptados al ecosistema natural. Así, los peces escapados podrían inicialmente imponerse sobre las poblaciones nativas, aunque luego declinarían. Al cruzarse poblaciones escapadas con poblaciones nativas, la progenie podría resultar mal adaptada al ecosistema degradándose en consecuencia el acervo genético natural.

De acuerdo con estos mismos autores, es escasa la información disponible para evaluar si las interacciones discutidas anteriormente constituyen un impacto ecológico serio. Se sabe que existe fuga de los peces cultivados y que el número de evadidos puede ser grande. Algunos países han iniciado estudios para tratar este tema y en el reconocimiento del potencial problema Noruega prohíbe la localización de los centros de cultivo de salmón a menos de 30 km de los ríos con salmones silvestres.

El tema también ha preocupado a países americanos, es así como la Oficina de Evaluación Ambiental de Canadá encargó en 1995 un estudio sobre la evaluación ambiental de la salmonicultura en British Columbia (EAO, 1997). De acuerdo a estudios previos, concluyen que es muy poco probable que ocurra una colonización del salmón del Atlántico en el océano Pacífico, tampoco que ocurra una hibridación con especies nativas (salmón del Pacífico), lo que sí podría suceder es una interferencia o competencia por el alimento, o la transmisión de enfermedades. Por otro lado, puede ocurrir la alteración genética al cruzarse salmones del Pacífico cultivado con silvestres, aunque este hecho es evitable localizando centros de cultivos en zonas donde no se distribuya naturalmente el salmón.

Esta preocupación por el escape de organismos de cultivo, significó en el 2000 introducir modificaciones en la regulación para la acuicultura (B.C. Reg. 364/89), donde se incluye una serie de recomendaciones con respecto a las características de las jaulas y sus redes para evitar los escapes.

Los efectos de los escapes descritos anteriormente se basan en experiencias de países que poseen salmón en forma natural. En cambio, en Chile los salmónidos fueron introducidos a fines del siglo XIX y comienzos del siglo pasado con fines deportivos (trucha arcoiris y trucha café) y con fines de cultivo en la modalidad de ranching o cultivo abierto tanto por particulares como por el Estado, por lo cual estas especies se encuentran asilvestradas en las aguas del sur de Chile.

En Chile no existen estudios específicos sobre escapes de salmones como así tampoco de sus efectos. El tema ha sido tratado indirectamente en estudios sobre salmones asilvestrados y su posibilidad de establecer una pesquería artesanal del salmón en las regiones X y XI (Soto y Jara, 1997) y estudios de sus retornos en el caso del ranching en la XII Región (IFOP, 1995).

Las especies de salmones introducidas a Chile con diferentes objetivos son: el salmón del Atlántico (*Salmo salar*), la trucha café (*Salmo trutta trutta*), la trucha fario (*Salmo trutta fario*), la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), la trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*), la trucha de montaña (*Salvelinus leucomaenis*), el salmón coho o plateado (*Oncorhynchus kisutch*), el salmón chinook o rey (*Oncorhynchus tshawytscha*), el salmón rosado (*Oncorhynchus gorbuscha*), el salmón cereza (*Oncorhynchus masou*), el salmón sockeye (*Oncorhynchus nerka*) y el salmón keta o perro o chum (*Oncorhynchus keta*).

Una de las especies que mejor se ha adaptado a su condición de asilvestrada es la trucha café, que si bien ya no se cultiva, presenta poblaciones en ríos y lagos, especialmente, de las regiones XI y XII. La trucha arcoiris se adaptó mejor en aguas terrestres del paralelo 42° S hacia el norte, llegando incluso hasta el norte del Perú.

Debido a que los salmones de cultivo son trasladados por diversas cuencas durante su desarrollo, éstos pierden la facultad de migrar a su río de origen y realizan migraciones locales. Los peces escapados de las balsas-jaula vuelven a ellas como su lugar de origen. Existe preocupación por la interacción entre las poblaciones de salmones asilvestrados y de los salmones escapados, principalmente por la posibilidad de transmisión de enfermedades y el entrecruzamiento.

De acuerdo a IFOP (1995), es difícil diferenciar entre ejemplares escapados y asilvestrados, porque una vez que escapan en un período de seis meses se asilvestran, aunque estiman un 10% de fugas por centro de cultivo. Si se extrapola esta cantidad a las 315.337 ton que se cosecharon en el año 2000, significaría que se produjo el escape de 14.014.978 ejemplares de 2,5 kg (35.037 ton).

La diferencia entre el fracaso de los intentos de ranching y la supervivencia de los ejemplares escapados se debe fundamentalmente a la talla al momento de ingresar al ambiente natural. Los alevines liberados están expuestos a la depredación y son más sensibles a los cambios ambientales, en cambio los peces de engorda son más resistentes y agresivos, por lo que tienen una mayor capacidad de desplazamiento.



A continuación, se resume los principales resultados y conclusiones obtenidas en las pescas de investigación realizadas entre marzo y octubre de 1995 en la XII Región (IFOP, 1995) y entre noviembre de 1995 y diciembre de 1996 en las regiones X y XI (Soto y Jara, 1997).

En la X Región se recolectó trucha arcoiris (44%), salmón coho (37%), salmón del Atlántico (17%), salmón chinook (1,2%) y trucha café (0,2%). Por su parte en la XI Región se capturó salmón coho (82%), trucha arcoiris (16%), salmón del Atlántico (1,7%) y trucha café (0,2). En la XII Región se recolectó salmón coho (81%), trucha fario (13%), salmón chinook (4%) y trucha arcoiris (2%).

De los ejemplares capturados en la XII Región se analizaron 44 contenidos estomacales de salmón coho, de los cuales el 55% se encontraba vacío o con restos de piensos que dificultaba su pesaje, pero un análisis cualitativo del contenido demostró la existencia de anfípodos, sardinas, pellet y principalmente pejerreyes.

De los ejemplares capturados en las regiones X y XI, se analizaron 529 estómagos de trucha arcoiris, 803 de salmón coho y 191 de salmón del Atlántico. Se encontró seis ítems de dietas: peces, insectos, moluscos, crustáceos, esponjas y piensos.

En el caso de la trucha arcoiris el ítem principal fueron los crustáceos, principalmente pelágicos, aunque también fueron importantes las esponjas. En ésta especie fue la única en que encontraron insectos y restos de vegetales terrestres, también encontraron piensos en las estaciones más cercana a centros de cultivo. En el caso del salmón coho, presenta una frecuencia levemente mayor del ítem peces con una proporción inversa a la presencia de piensos. Los crustáceos pelágicos también son importantes. El salmón del Atlántico presentó el mayor porcentaje de estómagos vacío y una dieta más pobre y restringida, el ítem principal fueron los piensos lo que refleja que se mantiene cerca del centros de cultivo, donde observaron alimento natural, el principal ítem fueron los peces.

Los peces encontrados en los estómagos de los salmónidos corresponden al menos a 7 especies: pejerrey, mote, lamprea, sardina, anchoveta, merluza de cola y róbalo. Donde las dos primeras especies que forman cardúmenes son los más consumidos. El salmón coho se caracteriza por ser la especie que presenta la mayor cantidad y variedad de presas, en cambio el salmón del Atlántico presenta un

comportamiento bentófago y la trucha arcoiris tiene hábitos de alimentación superficial y cercana a la desembocadura de los ríos.

Existe una sobreposición de trama trófica de los salmónidos con los peces nativos, especialmente con el róbalo y la merluza de cola. Por otro lado, sólo encontraron restos de piensos en estómagos de róbalo y de pampanito (*Stromateus maculatus*).

Los autores antes señalados estiman que, por lo menos en el caso de la trucha arcoiris y del salmón coho, existe reproducción natural, debido a los estudios de cohortes y a presencia masiva de juveniles en épocas que normalmente no se producen escapes (buen tiempo).

De las tres especies, aquélla que tendría un mayor efecto sobre el ecosistema sería el salmón coho, al ser el más voraz y por sus hábitos piscívoros. Las truchas tendrían un efecto sobre las comunidades bentónicas al consumir las larvas pelágicas de crustáceos bentónicos. El salmón del Atlántico es el que tendría menos posibilidades de adaptarse a medio, al no ser eficiente en alimentarse de la naturaleza y preferir estar cerca de los centros de cultivo para alimentarse de piensos.

En la XII Región se observa una disminución en las poblaciones ícticas nativas, principalmente de pejerreyes y róbalos.

#### **1.4.2. Utilización de las praderas de algas pardas para alimento**

Con relación al abalón, se efectuó un estudio de impacto ambiental que duró 4 años (1988 – 1991) previo a su aprobación de cultivarse *in situ* en el sur de Chile (Poblete y Alvial, 1993). El problema fundamental que atacó este estudio fue si la introducción del cultivo del abalón rojo, resultaría en el eventual establecimiento de poblaciones naturalizadas, debido a escapes de ejemplares cultivados y/o desoves espontáneos desde los sistemas de cultivo. En los monitoreos planctónicos y de buceo, no se observaron ejemplares de abalón en ninguna etapa de desarrollo el área en que opera un centro piloto de engorda desde 1987. Debido a que la talla de primera madurez es menor a la talla de cosecha, los abalones desovan naturalmente en los sistemas de cultivo, pero los primeros años de desoves tienen una baja fecundidad debido a problema en la cantidad y calidad de sus gametos, por lo tanto su éxito reproductivo es muy reducido.

Por otro lado, aunque la fecundación tuviera éxito, el proceso de asentamiento requiere de condiciones muy especiales, como algas crustosas que contienen inductores de fijación y metamorfosis que no se encuentran en la zona sur de Chile.

Desde el punto de vista de la alimentación, los abalones muestran una preferencia por *Macrocystis* spp., aunque también pueden consumir *Ulva* spp., *Lessonia* spp. *Gracilaria* spp. y otras macroalgas. En cultivo un abalón de 50 mm puede consumir 500 g de macroalga en un año y uno de 90 mm un volumen de 2 kg en el mismo período. Si los abalones logran escaparse de sus sistemas de cultivo debería enfrentarse a la presión depredadora de carnívoros tope como el "loco" y las estrellas de mar, del ecosistema litoral de la costa de Chile.

Debido a su condición de fitófagos, los abalones establecerían competencia por el alimento con los erizos y las lapas, pero estarían en desventaja con los erizos porque estos últimos pueden ramonear directamente en los sustratos rocosos y atrapar la macroalgas a la deriva con sus espinas, además su eficiencia de conversión es más alta en comparación con los abalones. Con respecto a las lapas, estos últimos autores encontraron que no existía competencia por el mismo tipo de macroalga.

**1.5. Impactos por tipo de recurso hidrobiológico cultivado**

En los cuadros siguientes se señala los principales efectos ambientales negativos que generan las actividades de acuicultura según el recurso hidrobiológico cultivado.

| Efectos ambientales negativos                         | Macroalgas  | Moluscos bivalvos   | Moluscos gastrópodos  | Equinodermos  | Peces   |
|---|---|---|---|---|---|
| Disminución velocidad de corriente                    | Cuando se cultiva en altas densidades o se utilizan estructuras fijadas al fondo.   | Cuando las cuelgas u otros artes de cultivo están dispuestos en altas densidades.   | Cuando los canastos o barriles están dispuestos en altas densidades.  | Cuando los canastos o barriles están dispuestos en altas densidades.  | Cuando se desarrolla el cultivo en balsas-jaula, lagos y mar  |
| Aumento sedimentación                                 | Cuando se produce una disminución en la velocidad de corriente y cuando el sector cultivado es de baja dinámica.                              | Cuando se produce una disminución en la velocidad de corriente y cuando el sector cultivado es de baja dinámica.  | Cuando se produce una disminución en la velocidad de corriente y cuando el sector cultivado es de baja dinámica.  | Cuando se produce una disminución en la velocidad de corriente y cuando el sector cultivado es de baja dinámica.  | Cuando se produce una disminución en la velocidad de corriente y cuando el sector cultivado es de baja dinámica.  |
| Eliminación de materia orgánica y nutrientes al medio |   | Eliminan heces, pseudoheces y nutrientes, 600 kg/t anual.   | Eliminan heces, nutrientes y restos pequeños de macroalgas no consumidas.   | Eliminan heces, nutrientes y restos pequeños de macroalgas no consumidas.   | La producción de peces genera desechos de materia orgánica particulada (material fecal y alimento no consumido) y desechos inorgánicos solubles de excreción.   |
| Disminución de la oxigenación en los sedimentos       | Debido a la acumulación de sedimentos y frondas que quedan atrapadas bajos ellos se puede producir una disminución en los niveles de oxígeno. | El enriquecimiento del sedimento con materiales orgánicos estimula la actividad microbiana produciendo la desoxigenación del sustrato y de las aguas del fondo. | El enriquecimiento del sedimento con materiales orgánicos estimula la actividad microbiana produciendo la desoxigenación del sustrato y de las aguas del fondo. | El enriquecimiento del sedimento con materiales orgánicos estimula la actividad microbiana produciendo la desoxigenación del sustrato y de las aguas del fondo. | El enriquecimiento del sedimento con materiales orgánicos estimula la actividad microbiana produciendo la desoxigenación del sustrato y de las aguas del fondo. |
| Cambios en comunidades bentónicas                     | Cuando el aumento en la sedimentación produce una disminución en la oxigenación de los fondos.  | Cuando el aumento en la sedimentación y/o la eliminación de pseudoheces produce una disminución en la oxigenación de los fondos.                                | Cuando el aumento en la sedimentación y/o la eliminación de pseudoheces produce una disminución en la oxigenación de los fondos.                                | Cuando el aumento en la sedimentación y/o la eliminación de pseudoheces produce una disminución en la oxigenación de los fondos.                                | Cuando el aumento en la sedimentación y/o la acumulación de materia orgánica, se produce una disminución en la oxigenación de los fondos.                       |

| Efectos ambientales negativos  | Macroalgas  | Moluscos bivalvos  | Moluscos gastrópodos  | Equinodermos  | Peces  |
|--|---|--|---|---|--|
| Introducción de desechos de lenta degradación  | "Chululos" u otras estructuras de cultivo.  | Cuando se eliminan cabos, linternas y otras artes de cultivo al medio.   | Cuando se eliminan cabos, canastos y otras artes de cultivo al medio.   | Cuando se eliminan cabos, canastos y otras artes de cultivo al medio.   | Se producen liberaciones al medio de productos químicos: algunos derivados de los alimentos, otros de los materiales utilizados en la construcción de los artes de cultivo, otros compuestos utilizados como medidas sanitarias. |
| Introducción de plagas, parásitos o enfermedades por introducción de especies exóticas         | Por el momento no se han importado macroalgas para fines de cultivo comercial.    | Potencial peligro, aunque al parecer no se reportaron al introducir la ostra del Pacífico.   | Potencial peligro, aunque al parecer no se reportaron al introducir el abalón.  |   | Se ha reportado la introducción de enfermedades junto con ovas o ejemplares adultos de salmónidos  |
| Introducción de plagas, parásitos o enfermedades por translocación de especies dentro de país. | Peligro potencial por la translocación de pelillo desde la zona norte, IV Región. | Peligro potencial por la translocación de ostión del Norte y otra del Pacífico (semillas) hacia la zona sur y del mitilidos hacia la zona Norte. | Peligro potencial por la translocación de abalones (semillas) hacia la zona sur.  | Peligro potencial por la translocación de erizos desde otras regiones.  | Peligro por la translocación de salmónidos (smolt) desde otras regiones. También por el uso de embarcaciones para el transporte vivo de la cosecha.  |
| Disminución de fito y zooplancton en la columna de agua  |   | Peligro latente al cultivarse en altas densidades en aguas poco productivas.   |   |   |  |
| Degradación de praderas naturales de macroalgas  |   |  | Potencialmente, si no se realiza un adecuado manejo para obtener alimento suficiente cuando ocurra la masificación de este cultivo. | Potencialmente, si no se realiza un adecuado manejo para obtener alimento suficiente cuando ocurra la masificación de este cultivo. |  |

Fuente: Elaboración propia.

### 1.6. Ponderación impacto ambiental por producción

En cuanto al **Método de cultivo**, el cultivo de tipo intensivo, que es el mayormente empleado en nuestro país, impone mayores requerimientos de carga y de "estrés ambiental" que el extensivo, si bien este último ocupa superficies mucho mayores pero con mucho menor intensidad de uso del ambiente. Desde este punto de vista, el **Nivel de producción** (extensión y densidad del cultivo) es mencionado por GESAMP (1991) como otro de los grandes componentes de la generación de impactos por tipo de cultivo: mientras mayores sean estos factores, mayor es el uso que se hace del ambiente y mayor el daño ambiental que se puede generar.

La información sobre los centros de cultivos autorizados en la zona en estudio, hasta diciembre de 1999, proporcionada por el SERNAPESCA, fue clasificada de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Grupo taxonómico
- b) Tipo de ambiente acuático
- c) Tipo de cuerpo de agua
- d) Técnica de cultivo
- e) Técnica de alimentación
- f) Nivel de producción

Debido a la importancia que representa para la tasa de sedimentación y su posterior impacto sobre las comunidades bentónicas se incluyó un nuevo criterio de ponderación, profundidad promedio del área donde está ubicado el centro. Esta información no fue proporcionada por SERNAPESCA ni aparece publicada en los extractos del Diario Oficial donde se autorizan las concesiones de acuicultura. Por esta razón no fue posible incluir en los ejercicios de ponderación realizados en el presente estudio.

#### a. Grupo taxonómico

- *Algas*, este grupo está constituido sólo por el pelillo.
- *Moluscos*, este grupo está constituido por dos sub-grupos. El primero corresponde a los bivalvos, donde se encuentran los mitílidos (chorito, choro y cholga), los ostreídos (ostra chilena y ostra del Pacífico) y los pectínidos (ostión del Norte). El segundo corresponde a los gastrópodos, donde se encuentra el abalón rojo.

- *Crustáceos*, este grupo no se cultiva en la zona en estudio.
- *Peces*, este grupo esta representado por los salmónidos, salmón del Atlántico, salmón plateado, salmón rey y trucha arcoiris.
- *Equinodermos*, este grupo está representado por el erizo rojo o común.

**Ponderación**

| Algas | Moluscos bivalvos | Moluscos gastrópodos | Peces | Equinodermos |
|-------|-------------------|----------------------|-------|--------------|
| 1     | 2                 | 4                    | 4     | 3            |

|   |        |
|---|--------|
| 1 | Mínimo |
| 2 |        |
| 3 |        |
| 4 | Máximo |

**b. Tipo de ambiente acuático**

- *Dulce*, se refiere a que el cultivo se desarrolla asociado a cuerpos de agua lénticos o lóticos.
- *Marina*, se refiere a que el cultivo se desarrolla asociado a cuerpos de agua estuarinos, interiores u oceánicos.

**Ponderación**

| Dulce | Marina |
|-------|--------|
| 2     | 1      |

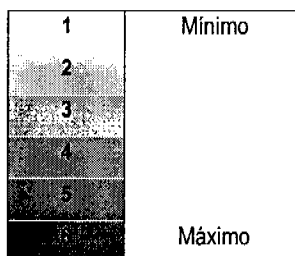
|   |        |
|---|--------|
| 1 | Mínimo |
| 2 | Máximo |

**c. Tipo de cuerpo de agua**

- *Ríos*, se refiere a que el cultivo se desarrolla en el interior del curso de agua o se obtiene agua de un río para desarrollarlo.
- *Lagos*, se refiere a que el cultivo se desarrolla en el interior del cuerpo de agua o se obtiene agua de un lago para desarrollarlo.
- *Bahías*, se refiere a que el cultivo se desarrolla en el interior del cuerpo de agua o se obtiene agua de una bahía para desarrollarlo.
- *Canales*, se refiere a que el cultivo se desarrolla en el interior del cuerpo de agua o se obtiene agua de un canal para desarrollarlo.
- *Estuarios*, se refiere a que el cultivo se desarrolla en el interior del cuerpo de agua o se obtiene agua de un estuario para desarrollarlo.
- *Fiordos*, se refiere a que el cultivo se desarrolla en el interior del cuerpo de agua o se obtiene agua de un fiordo para desarrollarlo.

**Ponderación**

| Ríos | Lagos | Bahías | Canales | Estuarios | Fiordos |
|------|-------|--------|---------|-----------|---------|
| 4    | 6     | 1      | 3       | 5         | 2       |



**d. Técnica de cultivo**

- *Hatcheries*, esta técnica consiste en producir “semillas” del organismo que se quiere cultivar en sistemas controlados, se desarrolla íntegramente en tierra y sus efluentes deben ser tratados antes de reingresar al ambiente natural. Dependiendo de la especie que se está cultivando es la fuente de agua que se va a utilizar, para los salmónidos utiliza agua dulce, en cambio los abalones, pectínidos y ostreídos utilizan agua de mar. En el caso de los salmónidos la “semilla” que sale del hatchery se denomina smolt, en el caso de los moluscos se denomina directamente semilla.
- *Confinados en tierra*, esta técnica consiste en cultivar hasta talla comercial en estanques, piletas o race-ways instalados en tierra. En esta técnica de cultivo se puede realizar algún grado de control de las variables de cultivo, especialmente oxigenación, y sus efluentes deben ser tratados antes de reingresar al ambiente natural.. En la zona en estudio, sólo se realiza cultivo confinado en tierra de trucha, tanto arcoiris como café.
- *In situ*, esta técnica consiste en instalar dentro del curso o cuerpo de agua algún arte que mantenga confinado los organismos, tanto para que no escapen como para que no ingresen depredadores. No se realiza ningún control sobre las variables de cultivo. Dependiendo de la especie es el grado de sofisticación del arte de cultivo, el más simple es el cultivo el pelillo, donde el alga se puede enterrar en la arena o colocar en estacas, entre otros sistemas. Los bivalvos, generalmente se colocan colgando en cuelgas o linternas suspendidas desde una línea madre o long-line, la cual a su vez esta sostenida por flotadores. Los abalones y erizos pueden estar en canastos o barriles, los cuales están suspendidos desde una línea madre o desde una balsa. Los más complejos son las balsas jaulas los salmónidos que pueden alcanzar los 30 m de diámetro. Estos artes pueden estar instalados en ríos, lagos, estuarios, bahías o mar abierto.



**Ponderación**

| Hatchery | Confinado en tierra | In situ |
|----------|---------------------|---------|
| 1        | 2                   | 3       |

|   |        |
|---|--------|
| 1 | Mínimo |
| 2 |        |
| 3 | Máximo |

**e. Técnica de alimentación**

- *In situ*, esta técnica consiste en que los organismos se alimentan exclusivamente de lo que les proporciona el medio en el que se están cultivando, el acuicultor no les proporciona alimento extra. Esto ocurre principalmente en el caso de las macroalgas y de los moluscos filtradores
- *Alimento natural*, esta técnica consiste en suministrar alimento, pero este es de origen natural. Puede ser extraído del ambiente, como en el caso de la macroalgas que consume el abalón o producido en laboratorio como las microalgas que se utilizan en los hatcheries de los bivalvos, el abalón y el erizo.
- *Dieta balanceada*, esta técnica consiste en suministra alimento especialmente preparado por el hombre, el cual a partir de diversas materias primas logra formular una dieta que satisface todos los requerimientos nutricionales del organismo. Esta técnica se utiliza ampliamente en el cultivo de peces y en algunas etapas del cultivo del abalón y erizo.

**Ponderación**

| In situ | Alimento natural | Dieta balanceada |
|---------|------------------|------------------|
| 1       | 2                | 3                |

|   |        |
|---|--------|
| 1 | Mínimo |
| 2 |        |
| 3 | Máximo |

**f. Nivel de producción**

De acuerdo a los datos proporcionados por SERNAPESCA sobre la actividad producida en el año 1999, se puede agrupar las instalaciones según su capacidad de producción en cuatro categorías:

- *Centros de bajo nivel de producción.* Dentro de este grupo se consideran aquellos centros con una producción anual menor a 500 ton.
- *Centros de moderado nivel de producción.* En este segundo grupo de clasificación se incluyen los centros acuícolas que generan de 500 a 1.000 ton de producción anual.
- *Centros de alto nivel de producción.* Esta clase incorpora aquellos centros con niveles de producción sobre 1.000 ton y hasta las 3.000 ton.
- *Centros de elevado nivel de producción.* Para que un centro sea incluido en esta clase, el nivel de producción debe ser superior a las 3.000 ton anuales.

**Ponderación**

| Bajo | Moderado | Alto | Elevado |
|------|----------|------|---------|
| 1    | 2        | 3    | 4       |

|   |        |
|---|--------|
| 1 | Mínimo |
| 2 |        |
| 3 |        |
| 4 | Máximo |

**g. Profundidad**

De acuerdo a la información proporcionada por SUBPESCA existe el criterio de que hasta los 60 m de profundidad se exigen estudios bentónicos (sedimentos y macrofauna), por considerar que a mayores profundidades el efecto de la acuicultura no es relevante debido a la tasa de dispersión producto de la distancia de los artes de cultivo con el fondo y a la velocidad de la corriente. Por esta razón se definieron 2 categorías:

- *Centros someros.* Dentro de este grupo se consideran aquellos centros ubicados en áreas cuya profundidad promedio no supere los 60 m.
- *Centros profundos:* En este segundo grupo de clasificación se incluyen los centros ubicados en áreas cuya profundidad promedio es mayor a 60 m.

**Ponderación**

| Somero | Profundo |
|--------|----------|
| 2      | 1        |

|   |        |
|---|--------|
| 1 | Mínimo |
| 2 | Máximo |

Con objeto de estimar el grado de impacto de cada uno de los centros de cultivo ubicados en los sectores del Lago Llanquihue, Calbuco y Castro, y que operaron en 1999 (según información proporcionada por SERNAPESCA), se consideró seis atributos con sus correspondientes ponderaciones, los cuales fueron definidos en las páginas 30 a 33 del primer informe de avance. En el cuadro siguiente, se identifica los códigos empleados en la elaboración de las matrices.

| Variable columna   | Código   | Referencia   |
|--------------------|----------|--|
| <b>Tipo</b>        | M        | Mar  |
|                    | L        | Lago   |
|                    | P        | Piscicultura                                       |
|                    | H        | Hatchery   |
| <b>Comuna</b>      | CL       | Calbuco  |
|                    | CS       | Castro   |
|                    | CO       | Corral   |
|                    | F        | Frutillar  |
|                    | LL       | Llanquihue   |
|                    | MA       | Mauñín   |
|                    | PO       | Puerto Octay                                       |
|                    | PV       | Puerto Varas                                       |
| VA                 | Valdivia |  |
| <b>Especies</b>    | A        | Algas  |
|                    | MB       | Moluscos bivalvos                                  |
|                    | MG       | Moluscos gastrópodos                               |
|                    | P        | Peces  |
|                    | E        | Equinodermos                                       |
| <b>Ponderación</b> | G        | Grupo de especies                                  |
|                    | TA       | Tipo de ambiente acuático (marino – dulceacuicola) |
|                    | C        | Tipo de cuerpo de agua                             |
|                    | TC       | Técnica de cultivo                                 |
|                    | AL       | Técnica de alimentación                            |
|                    | P        | Nivel de producción                                |
|                    | Sum      | Sumatoria  |

Fuente: Elaboración propia

## **Calbuco**

A partir de la información entregada por SERNAPESCA se determinó que en 1999 operaron 79 centros de cultivo en la comuna de Calbuco, de los cuales uno correspondía a un centro ubicado en tierra (piscicultura) y el resto estaba ubicado *in situ* en el mar (Tabla 1.7).

De los 78 centros ubicados en el mar, 35 correspondieron a cultivo de moluscos bivalvos (18.04 ton), 25 a peces (63.864 ton), 15 a algas (716 ton), 2 a moluscos gastrópodos (2 ton) y 1 a equinodermos (1 ton).

Al ponderar estos centros por grupo taxonómico, tipo de ambiente acuático, tipo de cuerpo de agua, técnica de cultivo, técnica de alimentación y nivel de producción, se obtuvo un rango entre 8 y 20 puntos. Se debe realizar el alcance que el rango máximo es de 6 y 22 puntos.

Al revisar los rangos por grupo taxonómico, se observa que los centros que cultivan macroalgas tuvieron una ponderación entre 8 y 12 puntos, con una moda en los 10 puntos. El centro que cultiva equinodermos obtuvo 13 puntos. Los centros que cultivan bivalvos tuvieron un rango entre 11 y 15 puntos, con dos modas, a los 11 y 13 puntos. En el caso de los moluscos gastrópodos, los dos centros tuvieron 14 puntos cada uno. Por último, los peces en balsas-jaula tuvieron un rango de 13 a 20 puntos, con dos modas en los 15 y 17 puntos, respectivamente. La piscicultura obtuvo 15 puntos.

## **Castro**

Con la misma información anterior se determinó que en 1999 en la comuna de Castro operaron 33 centros de cultivo, de los cuales 6 correspondían a centros ubicados en tierra: un hatchery de bivalvos (20 ton) y 5 pisciculturas (89 ton) y 27 a centros ubicados en aguas marinas (Tabla 1.8).

De los 27 centros ubicados en el mar, 17 correspondían a peces (8.765 ton), 9 a bivalvos (4.750 ton) y uno de macroalgas (673 ton).

Al ponderar estos centros, se observó un rango entre 9 y 18 puntos. El centro de macroalgas obtuvo 13 puntos. Los centros de bivalvos obtuvieron un rango entre 9 y 15 puntos, con dos modas una a los 9 y la otra a los 13 puntos. Los peces en balsas-jaula obtuvieron un rango entre 13 y 18 puntos, con una moda en los 13 puntos y todas las pisciculturas obtuvieron 16 puntos.

### **Lago Llanquihue**

A partir de la información de la misma fuente, se determinó que en 1999 en el lago Llanquihue operaron 13 centros de cultivo de peces con una producción total de 4.497 ton (Tabla 1.9). Estos centros dependen administrativamente de diferentes comunas que bordean el lago y registran un rango de ponderación entre 19 y 21 puntos, con una moda en los 19 puntos.

### **Maullín**

A partir de la información de la fuente señalada anteriormente, se determinó que en 1999 en el río Maullín operaron 184 centros de cultivo de macroalgas con una producción total de 4.200 ton (Tabla 1.10). Estos centros corresponden a pequeñas parcelas de pescadores artesanales cuya ponderación varía 12 a 14 puntos. El 99% de los centros registran una ponderación de 12 puntos, los dos centros con mayor puntaje se deben a su alto nivel de producción.

### **Río Tornagaleones, Valdivia**

Con la información de la misma fuente, se determinó que en 1999 en el sector de la desembocadura del río Tornagaleones operaron 8 centros de cultivo, uno de peces (463 ton), 2 de macroalgas (1.281 ton) y 5 de moluscos bivalvos (231 ton) (Tabla 1.11). El centro de cultivo de peces fue el que alcanzó la mayor puntuación, 16 puntos, los centros de cultivo de bivalvos y las parcelas de pelillo obtuvieron 12 puntos.

Nota: Debido a que no se cuenta con la ubicación exacta de todos los centros de cultivo, en algunos casos se debe corroborar su posición en el cuerpo de agua, ya que ésta se determinó según la toponimia entregada por el SERNAPESCA, pudiendo existir variaciones en la ponderación de esta variable al conocer sus coordenadas reales.

Tabla 1.7. Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector de Calbuco. Códigos en página 1-35. Fuente: Elaboración propia.

| Corr. | Titular | Tipo | Sector                          | Región | Comuna | Especie | Unidades   | Kilos      | Ponderación |    |   |    |    |   |     |
|-------|---------|------|---------------------------------|--------|--------|---------|------------|------------|-------------|----|---|----|----|---|-----|
|       |         |      |                                 |        |        |         |            |            | G           | TA | C | TC | AL | P | Sum |
| 1     | 2150    | M    | AGUANTAO, ENSENADA CODIHUE      | 10     | CL     | A       | 0          | 2.000      | 1           | 1  | 1 | 3  | 1  | 1 | 8   |
| 2     | 2071    | M    | CANAL ABTAO                     | 10     | CL     | P       | 15.437.485 | 21.420.252 | 4           | 1  | 3 | 3  | 3  | 4 | 18  |
| 3     | 0202    | M    | CANAL ABTAO, CHAYAHUE           | 10     | CL     | P       | 445.725    | 1.221.904  | 4           | 1  | 3 | 3  | 3  | 3 | 17  |
| 4     | 0595    | M    | CANAL CAICAEN                   | 10     | CL     | MB      | 0          | 223.564    | 2           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 11  |
| 5     | 1455    | M    | CANAL CAICAEN                   | 10     | CL     | MB      | 0          | 7.105.801  | 2           | 1  | 3 | 3  | 1  | 2 | 12  |
| 6     | 1608    | M    | CANAL CAICAEN                   | 10     | CL     | MB      | 0          | 8.319      | 2           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 11  |
| 7     | 1821    | M    | CANAL CAICAEN                   | 10     | CL     | MB      | 600        | 426.488    | 2           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 11  |
| 8     | 2014    | M    | CANAL CAICAEN                   | 10     | CL     | MB      | 0          | 33.500     | 2           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 11  |
| 9     | 2102    | M    | CANAL CAICAEN                   | 10     | CL     | MB      | 0          | 45.500     | 2           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 11  |
| 10    | 1945    | M    | CANAL CAICAEN, ISLA CALBUCO     | 10     | CL     | MB      | 0          | 22.600     | 2           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 11  |
| 11    | 0100    | M    | CANAL CAICAEN, SAN JOSE         | 10     | CL     | P       | 2.220.528  | 3.232.669  | 4           | 1  | 3 | 3  | 3  | 4 | 18  |
| 12    | 0400    | M    | CANAL CALBUÇO                   | 10     | CL     | P       | 661.585    | 1.715.164  | 4           | 1  | 3 | 3  | 3  | 3 | 17  |
| 13    | 0202    | M    | CANAL CHIDGUAPI                 | 10     | CL     | P       | 741.439    | 2.130.744  | 4           | 1  | 3 | 3  | 3  | 3 | 17  |
| 14    | 0289    | M    | CANAL CHIDGUAPI, ISLA CHIDGUAPI | 10     | CL     | P       | 358.202    | 1.268.324  | 4           | 1  | 3 | 3  | 3  | 3 | 17  |
| 15    | 0351    | M    | CANAL CHIDHUAPI                 | 10     | CL     | MB      | 0          | 149.600    | 2           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 11  |
| 16    | 1821    | M    | CANAL CHIDHUAPI                 | 10     | CL     | MB      | 900        | 214.533    | 2           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 11  |
| 17    | 0390    | M    | CANAL HUITO                     | 10     | CL     | P       | 241.405    | 442.289    | 4           | 1  | 3 | 3  | 3  | 1 | 15  |
| 18    | 1743    | M    | CANAL HUITO                     | 10     | CL     | MG      | 114.277    | 898        | 4           | 1  | 3 | 3  | 2  | 1 | 14  |
| 19    | 1743    | M    | CANAL HUITO                     | 10     | CL     | MB      | 112.760    | 3.178      | 2           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 11  |
| 20    | 0471    | M    | CANAL QUIHUA                    | 10     | CL     | E       | 21.550     | 2.150      | 3           | 1  | 3 | 3  | 2  | 1 | 13  |
| 21    | 0471    | M    | CANAL QUIHUA                    | 10     | CL     | MB      | 326.875    | 15.849     | 2           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 11  |
| 22    | 0545    | M    | CANAL QUIHUA                    | 10     | CL     | A       | 0          | 800        | 1           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 10  |
| 23    | 1805    | M    | CANAL QUIHUA                    | 10     | CL     | A       | 0          | 9.300      | 1           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 10  |
| 24    | 0488    | M    | CANAL QUIHUA, DAITAO            | 10     | CL     | A       | 0          | 22.950     | 1           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 10  |
| 25    | 0282    | M    | CANAL QUIHUA, HUAYUN            | 10     | CL     | A       | 0          | 95.400     | 1           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 10  |
| 26    | 1500    | M    | CANAL QUIHUA, HUAYUN            | 10     | CL     | A       | 0          | 2.270      | 1           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 10  |
| 27    | 1722    | P    | CANAL QUIHUA, HUAYUN            | 10     | CL     | P       | 1.016.068  | 14.394     | 4           | 2  | 3 | 2  | 3  | 1 | 15  |
| 28    | 1127    | M    | CANAL QUIHUA, YALE              | 10     | CL     | A       | 0          | 123.140    | 1           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 10  |
| 29    | 1637    | M    | CANAL QUIHUA, SAN RAFAEL ALTO   | 10     | CL     | A       | 0          | 13.850     | 1           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 10  |
| 30    | 1307    | M    | CANAL QUIHUA, SAN JOSE          | 10     | CL     | A       | 0          | 1.100      | 1           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 10  |
| 31    | 0264    | M    | CANAL SAN AGUSTIN               | 10     | CL     | P       | 5.849.604  | 6.563.743  | 4           | 1  | 3 | 3  | 3  | 4 | 18  |
| 32    | 1151    | M    | CANAL SAN AGUSTIN, PENASMO      | 10     | CL     | A       | 0          | 450        | 1           | 1  | 3 | 3  | 1  | 1 | 10  |
| 33    | 0603    | M    | CANAL SAN ANTONIO               | 10     | CL     | P       | 1.904.030  | 2.389.739  | 4           | 1  | 3 | 3  | 3  | 3 | 17  |
| 34    | 0100    | M    | CANAL SAN ANTONIO, PENASMO      | 10     | CL     | P       | 3.968.539  | 1.681.757  | 4           | 1  | 3 | 3  | 3  | 3 | 17  |

Tabla 1.7. (Cont.) Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector Calbuco. Códigos en página 1-35. Fuente: Elaboración propia.

|    |      |   |                                 |    |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |    |
|----|------|---|---------------------------------|----|----|----|-----------|-----------|---|---|---|---|---|---|----|
| 35 | 1332 | M | CANAL SAN ANTONIO, PEÑASMO      | 10 | CL | A  | 0         | 3.280     | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 10 |
| 36 | 1334 | M | CANAL SAN ANTONIO, PEÑASMO      | 10 | CL | A  | 0         | 21.820    | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 10 |
| 37 | 2154 | M | DESEMBOCADURA ESTERO PULUQUI    | 10 | CL | MB | 0         | 20.875    | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 11 |
| 38 | 0234 | M | ENSENADA CODIHUE                | 10 | CL | P  | 472.435   | 1.415.568 | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 15 |
| 39 | 0390 | M | ENSENADA CODIHUE                | 10 | CL | P  | 659.001   | 2.278.646 | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 15 |
| 40 | 1692 | M | ENSENADA CODIHUE                | 10 | CL | A  | 0         | 109.500   | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 8  |
| 41 | 0267 | M | ENSENADA CODIHUE, COLACO        | 10 | CL | P  | 706.816   | 1.873.412 | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 15 |
| 42 | 1068 | M | EST. HUITO                      | 10 | CL | MB | 0         | 1.831     | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 13 |
| 43 | 1068 | M | EST. HUITO                      | 10 | CL | A  | 0         | 1.010     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 44 | 1984 | M | ESTERO CHAUQUEAR                | 10 | CL | MB | 0         | 70.200    | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 13 |
| 45 | 0150 | M | ESTERO CHAUQUEAR, ISLA PULUQUI  | 10 | CL | MB | 0         | 681.870   | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 2 | 14 |
| 46 | 0169 | M | ESTERO CHAUQUEAR, ISLA PULUQUI  | 10 | CL | MB | 0         | 54.000    | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 13 |
| 47 | 0472 | M | ESTERO CHAUQUEAR, ISLA PULUQUI  | 10 | CL | MB | 0         | 39.000    | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 13 |
| 48 | 0472 | M | ESTERO CHAUQUEAR, ISLA PULUQUI  | 10 | CL | P  | 2.461.169 | 3.220.783 | 4 | 1 | 5 | 3 | 3 | 4 | 20 |
| 49 | 1822 | M | ESTERO CHAUQUEAR, ISLA PULUQUI  | 10 | CL | MB | 67.500    | 268.350   | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 13 |
| 50 | 1830 | M | ESTERO CHAUQUEAR, ISLA PULUQUI  | 10 | CL | MB | 0         | 1.551.251 | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 3 | 15 |
| 51 | 2167 | M | ESTERO CHAUQUEAR, ISLA PULUQUI  | 10 | CL | MB | 0         | 761.024   | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 2 | 14 |
| 52 | 1005 | M | ESTERO CHAUQUEAR, ISLA PULUQUI  | 10 | CL | MB | 0         | 47.615    | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 13 |
| 53 | 2047 | M | ESTERO CHAUQUIAR, ISLA PULUQUI  | 10 | CL | MB | 0         | 126.500   | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 13 |
| 54 | 1879 | M | ESTERO CHOPE                    | 10 | CL | MB | 59.400    | 373.169   | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 13 |
| 55 | 0150 | M | ESTERO CHOPE, ISLA PULUQUI      | 10 | CL | MB | 0         | 639.760   | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 2 | 14 |
| 56 | 0169 | M | ESTERO CHOPE, ISLA PULUQUI      | 10 | CL | MB | 0         | 119.011   | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 13 |
| 57 | 0035 | M | ESTERO HUITO                    | 10 | CL | MB | 0         | 2.084.400 | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 3 | 15 |
| 58 | 0161 | M | ESTERO HUITO                    | 10 | CL | MB | 0         | 13.500    | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 13 |
| 59 | 0639 | M | ESTERO HUITO                    | 10 | CL | P  | 38.851    | 12.688    | 4 | 1 | 5 | 3 | 3 | 1 | 17 |
| 60 | 1919 | M | ESTERO HUITO                    | 10 | CL | A  | 0         | 309.006   | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 61 | 2016 | M | ESTERO HUITO                    | 10 | CL | MB | 0         | 49.200    | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 13 |
| 62 | 2050 | M | ESTERO HUITO                    | 10 | CL | MB | 0         | 77.800    | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 13 |
| 63 | 2063 | M | ESTERO HUITO                    | 10 | CL | MB | 711.310   | 2.077.254 | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 3 | 15 |
| 64 | 2182 | M | ESTERO HUITO                    | 10 | CL | MB | 177.120   | 650.782   | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 2 | 14 |
| 65 | 0289 | M | ESTERO MACHILAD, ISLA PULUQUI   | 10 | CL | P  | 98.209    | 179.517   | 4 | 1 | 5 | 3 | 3 | 1 | 17 |
| 66 | 0169 | M | ESTERO MACHILAD, ISLA PULUQUI   | 10 | CL | MB | 0         | 8.000     | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 13 |
| 67 | 0563 | M | ESTERO RULO, BANCO SAN AGUSTINI | 10 | CL | P  | 2.390.320 | 3.471.524 | 4 | 1 | 5 | 3 | 3 | 4 | 20 |
| 68 | 2071 | M | ISLA ABTAO, PUNTA AREAL         | 10 | CL | P  | 2.581.825 | 6.756.298 | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 4 | 16 |
| 69 | 1748 | M | ISLA CHIDHUAPI, BA. PILOLCURA   | 10 | CL | MG | 177.919   | 350       | 4 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 14 |

Proyecto FIP 99-23. Informe Final  
 Capítulo 1. Identificar principales efectos ambientales producidos por cada tipo de cultivo

Tabla 1.7. (Cont.) Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector Calbuco. Códigos en página 1-35. Fuente: Elaboración propia.

|    |      |   |                                |    |    |    |           |           |   |   |   |   |   |    |
|----|------|---|--------------------------------|----|----|----|-----------|-----------|---|---|---|---|---|----|
| 70 | 1748 | M | ISLA CHIDHUAPI, BA. PILOLCURA  | 10 | CL | P  | 272.136   | 574.137   | 4 | 1 | 3 | 3 | 2 | 16 |
| 71 | 1676 | M | ISLA PULUQUI, ESTERO CHOPE     | 10 | CL | MB | 1.080     | 8.965     | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 13 |
| 72 | 1998 | M | NOROESTE ISLA PULUQUI          | 10 | CL | P  | 5.481     | 691       | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 13 |
| 73 | 1784 | M | PASO QUENU                     | 10 | CL | P  | 472.671   | 246.663   | 4 | 1 | 3 | 3 | 3 | 15 |
| 74 | 2190 | M | POLLULLO, ISLA PULUQUI         | 10 | CL | P  | 1.406     | 502       | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 13 |
| 75 | 0244 | M | POZA PUREO, ISLA QUIHUA        | 10 | CL | MB | 54.770    | 25.320    | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 11 |
| 76 | 1830 | M | PUNTA CAICAEN, ISLA CALBUCO    | 10 | CL | MB | 0         | 8.500     | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 11 |
| 77 | 2190 | M | PUNTA LLANCACHEO, ISLA PULUQUI | 10 | CL | P  | 1.391.017 | 505.006   | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 14 |
| 78 | 2071 | M | PUNTA QUILQUE, ISLA ABTAC      | 10 | CL | P  | 1.178.548 | 1.247.809 | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 15 |
| 79 | 2075 | M | SECTOR 1, CANAL QUIHUA         | 10 | CL | MB | 1.299.085 | 47.190    | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 11 |



Tabla 1.8. Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector de Castro. Códigos en página 1-35. Fuente: Elaboración propia.

| Corr. | Titular | Tipo | Sector                                     | Región | Comuna | Especie | Unidades    | Kilos     | Ponderación |   |   |   |    |   |     |
|-------|---------|------|--|--------|--------|---------|-------------|-----------|-------------|---|---|---|----|---|-----|
|       |         |      |  |        |        |         |             |           | G           | T | A | C | AL | P | Sum |
| 1     | 0457    | M    | CALETA CEMENTERIO, CURAHUE                 | 10     | CS     | P       | 217.560     | 507.491   | 4           | 1 | 3 | 3 | 3  | 2 | 16  |
| 2     | 0457    | M    | CANAL DALCAHUE, PULLAO                     | 10     | CS     | P       | 194.476     | 317.271   | 4           | 1 | 3 | 3 | 3  | 3 | 15  |
| 3     | 0486    | M    | CANAL DALCAHUE, PUNTA ATAL                 | 10     | CS     | P       | 391.766     | 1.050.704 | 4           | 1 | 3 | 3 | 3  | 3 | 17  |
| 4     | 1438    | M    | CANAL LEMUY, LA ESTANCIA                   | 10     | C\$    | P       | 130.441     | 421.249   | 4           | 1 | 3 | 3 | 3  | 3 | 15  |
| 5     | 0396    | M    | ENSENADA RILAN                             | 10     | CS     | MB      | 508.357     | 48.390    | 2           | 1 | 1 | 3 | 3  | 1 | 9   |
| 6     | 0287    | M    | ENSENADA RILAN, SECTOR 1                   | 10     | CS     | P       | 31.641      | 85.043    | 4           | 1 | 1 | 3 | 3  | 1 | 13  |
| 7     | 0287    | M    | ENSENADA RILAN, SECTOR 2                   | 10     | CS     | P       | 31.641      | 85.043    | 4           | 1 | 1 | 3 | 3  | 1 | 13  |
| 8     | 0287    | M    | ENSENADA RILAN, SECTOR 3                   | 10     | CS     | P       | 31.641      | 85.043    | 4           | 1 | 1 | 3 | 3  | 1 | 13  |
| 9     | 0486    | M    | ESTERO CASTRO, ENSENADA PANGUE             | 10     | CS     | P       | 167.814     | 521.510   | 4           | 1 | 5 | 3 | 3  | 2 | 18  |
| 10    | 1976    | M    | ESTERO CASTRO, ENTRE PUNTA ANIMO Y TUTIL   | 10     | CS     | MB      | 0           | 181.200   | 2           | 1 | 5 | 3 | 3  | 1 | 13  |
| 11    | 1751    | M    | ESTERO CASTRO, SECTOR YUTUY                | 10     | CS     | P       | 53.296      | 156.869   | 4           | 1 | 5 | 3 | 3  | 1 | 17  |
| 12    | 1316    | P    | ESTERO PID-PID, SECTOR LLAU-LLAO           | 10     | CS     | P       | 161.565     | 17.148    | 4           | 2 | 4 | 2 | 3  | 1 | 16  |
| 13    | 0584    | M    | ESTERO RILAN, CN. DALCAHUE                 | 10     | CS     | A       | 0           | 672.500   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1  | 2 | 13  |
| 14    | 0457    | P    | ESTERO SIN NOMBRE, PUTEMUN                 | 10     | CS     | P       | 6.801.322   | 32.305    | 4           | 2 | 4 | 2 | 3  | 1 | 16  |
| 15    | 0997    | M    | FRENTE I. CHELIN, ESTE PTA. QUIRAHUIN      | 10     | CS     | P       | 126.224     | 486.132   | 4           | 1 | 3 | 3 | 3  | 1 | 15  |
| 16    | 1906    | M    | ISLA CHELIN                                | 10     | CS     | P       | 6.783       | 37.248    | 4           | 1 | 1 | 3 | 3  | 1 | 13  |
| 17    | 0997    | M    | ISLA QUEHUI                                | 10     | CS     | P       | 445.781     | 1.825.202 | 4           | 1 | 1 | 3 | 3  | 3 | 15  |
| 18    | 1135    | M    | ISLA QUEHUI                                | 10     | CS     | MB      | 0           | 6.000     | 2           | 1 | 1 | 3 | 1  | 1 | 9   |
| 19    | 0396    | M    | ISLA QUEHUI, ESTERO PINDO                  | 10     | CS     | MB      | 7.120.338   | 1.417.265 | 2           | 1 | 5 | 3 | 1  | 3 | 15  |
| 20    | 1906    | M    | LADO NORORIENTE DE LA ISLA CHELIN          | 10     | CS     | P       | 220.598     | 923.188   | 4           | 1 | 1 | 3 | 3  | 2 | 14  |
| 21    | 0457    | M    | LAGO AUQUILDA                              | 10     | CS     | P       | 560.089     | 77.134    | 4           | 1 | 6 | 3 | 3  | 1 | 18  |
| 22    | 1924    | M    | NORESTE PUNTA TUTIL                        | 10     | CS     | MB      | 0           | 295.741   | 2           | 1 | 5 | 3 | 1  | 1 | 13  |
| 23    | 1924    | M    | NORESTE PUNTA TUTIL, ESTERO CASTRO         | 10     | CS     | MB      | 0           | 39.000    | 2           | 1 | 5 | 3 | 1  | 1 | 13  |
| 24    | 2029    | H    | PARCELA 3, MIRAMAR, TENTEN                 | 10     | CS     | MB      | 696.343.900 | 19.526    | 2           | 1 | 4 | 1 | 1  | 1 | 10  |
| 25    | 1132    | M    | PUNTA AGUANTADO, CANAL LEMUY               | 10     | CS     | P       | 548.874     | 2.031.119 | 4           | 1 | 3 | 3 | 3  | 3 | 17  |
| 26    | 0457    | M    | PUNTA LEPE                                 | 10     | CS     | P       | 169.269     | 69.952    | 4           | 1 | 1 | 3 | 3  | 1 | 13  |
| 27    | 0457    | M    | PUNTA TUTIL, HUILLO                        | 10     | C\$    | P       | 42.148      | 84.296    | 4           | 1 | 5 | 3 | 3  | 1 | 17  |
| 28    | 0088    | P    | PUTEMUN, CHALHUACO                         | 10     | C\$    | P       | 664.735     | 3.669     | 4           | 2 | 4 | 2 | 3  | 1 | 16  |
| 29    | 0457    | P    | RIO CUDE, PIRUQUINA                        | 10     | CS     | P       | 5.507.092   | 32.662    | 4           | 2 | 4 | 2 | 3  | 1 | 16  |
| 30    | 2124    | M    | SECTOR 1, PUNTA PULLAO, CANAL DALCAHUE     | 10     | CS     | MB      | 27.830.948  | 1.583.300 | 2           | 1 | 3 | 3 | 1  | 3 | 13  |
| 31    | 2124    | M    | SUR PUNTA PULLAO, SECTOR 2, CANAL DALCAHUE | 10     | CS     | MB      | 8.149.024   | 997.500   | 2           | 1 | 3 | 3 | 1  | 2 | 12  |
| 32    | 0481    | P    | TEN-TEN                                    | 10     | CS     | P       | 220.400     | 2.850     | 4           | 2 | 4 | 2 | 3  | 1 | 16  |
| 33    | 0398    | M    | TEUPA                                      | 10     | CS     | MB      | 0           | 182.044   | 2           | 1 | 1 | 3 | 1  | 1 | 9   |

Tabla 1.9. Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector lago Llanquihue. Códigos en página 1-35. Fuente: Elaboración propia.

| Corr. | Titular | Tipo | Sector                                   | Región | Comuna | Especie | Unidades  | Kilos     | Ponderación |    |   |    |    |   |     |
|-------|---------|------|--|--------|--------|---------|-----------|-----------|-------------|----|---|----|----|---|-----|
|       |         |      |  |        |        |         |           |           | G           | TA | C | TC | AL | P | Sum |
| 1     | 0390    | L    | LAGO LLANQUIHUE, BAHIA DOMEYCO, MAITEN-B | 10     | LL     | P       | 3.179.898 | 295.658   | 4           | 2  | 6 | 3  | 3  | 1 | 19  |
| 2     | 0390    | L    | LAGO LLANQUIHUE, BAHIA DOMEYKO - A       | 10     | LL     | P       | 3.245.079 | 343.379   | 4           | 2  | 6 | 3  | 3  | 1 | 19  |
| 3     | 1720    | L    | LAGO LLANQUIHUE, BAHIA RINCONES          | 10     | LL     | P       | 1.945.298 | 281.047   | 4           | 2  | 6 | 3  | 3  | 1 | 19  |
| 4     | 0202    | L    | LAGO LLANQUIHUE, PUERTO PHILLIPI         | 10     | LL     | P       | 3.646.704 | 393.581   | 4           | 2  | 6 | 3  | 3  | 1 | 19  |
| 5     | 0202    | L    | PUERTO PHILLIPI                          | 10     | LL     | P       | 2.645.258 | 1.712.179 | 4           | 2  | 6 | 3  | 3  | 3 | 21  |
| 6     | 2036    | L    | LAGO LLANQUIHUE, BAHIA COX               | 10     | PO     | P       | 1.350.867 | 193.334   | 4           | 2  | 6 | 3  | 3  | 1 | 19  |
| 7     | 0575    | L    | LAGO LLANQUIHUE, BAHIA FONK              | 10     | PO     | P       | 1.784.988 | 58.627    | 4           | 2  | 6 | 3  | 3  | 1 | 19  |
| 8     | 0575    | L    | LAGO LLANQUIHUE, BAHIA MAITEN            | 10     | PO     | P       | 5.286.735 | 110.791   | 4           | 2  | 6 | 3  | 3  | 1 | 19  |
| 9     | 0214    | L    | LAGO LLANQUIHUE, BAHIA VOLCAN            | 10     | PO     | P       | 1.527.464 | 238.166   | 4           | 2  | 6 | 3  | 3  | 1 | 19  |
| 10    | 2036    | L    | LAGO LLANQUIHUE, MONTE ALEGRE            | 10     | PO     | P       | 2.695.253 | 303.194   | 4           | 2  | 6 | 3  | 3  | 1 | 19  |
| 11    | 0390    | L    | LAGO LLANQUIHUE                          | 10     | PV     | P       | 2.251.864 | 196.859   | 4           | 2  | 6 | 3  | 3  | 1 | 19  |
| 12    | 0291    | L    | LAGO LLANQUIHUE, EENSENADA               | 10     | PV     | P       | 1.567.701 | 151.022   | 4           | 2  | 6 | 3  | 3  | 1 | 19  |
| 13    | 2059    | L    | PTO PEREZ ROSALES, LAGO LLANQUIHUE       | 10     | PV     | P       | 2.627.567 | 218.879   | 4           | 2  | 6 | 3  | 3  | 1 | 19  |

Tabla 1.10. Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector de Maullín. Códigos en página 1-35. Fuente: Elaboración propia.

| Coor. | Titular | Tipo | Sector                                 | Región | Comuna | Especie | Unidades | Kilos   | PONDERACION |   |   |   |     |   |    |
|-------|---------|------|--|--------|--------|---------|----------|---------|-------------|---|---|---|-----|---|----|
|       |         |      |  |        |        |         |          |         | G           | T | A | C | Sum |   |    |
| 1     | 0231    | M    | CHULLAQUEN, RIO MAULLIN                | 10     | MA     | A       | 0        | 30.500  | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 2     | 1653    | M    | PARCELA 01.02.04.05.06.07 Y 10. LOTE Ñ | 10     | MA     | A       | 0        | 106.500 | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 3     | 0691    | M    | PARCELA 1, LOTE B                      | 10     | MA     | A       | 0        | 8.070   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 4     | 1519    | M    | PARCELA 1, LOTE E                      | 10     | MA     | A       | 0        | 15.300  | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 5     | 0822    | M    | PARCELA 1, LOTE F                      | 10     | MA     | A       | 0        | 14.900  | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 6     | 1465    | M    | PARCELA 1, LOTE G                      | 10     | MA     | A       | 0        | 700     | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 7     | 1413    | M    | PARCELA 1, LOTE H                      | 10     | MA     | A       | 0        | 10.000  | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 8     | 0839    | M    | PARCELA 1, LOTE I                      | 10     | MA     | A       | 0        | 6.200   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 9     | 0847    | M    | PARCELA 1, LOTE J                      | 10     | MA     | A       | 0        | 4.900   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 10    | 0872    | M    | PARCELA 1, LOTE M                      | 10     | MA     | A       | 0        | 15.100  | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 11    | 0879    | M    | PARCELA 1, LOTE N                      | 10     | MA     | A       | 0        | 8.000   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 12    | 0692    | M    | PARCELA 2, LOTE B                      | 10     | MA     | A       | 0        | 3.050   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 13    | 0698    | M    | PARCELA 2, LOTE C                      | 10     | MA     | A       | 0        | 7.387   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 14    | 0761    | M    | PARCELA 2, LOTE D                      | 10     | MA     | A       | 0        | 2.050   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 15    | 0820    | M    | PARCELA 2, LOTE E                      | 10     | MA     | A       | 0        | 10.800  | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 16    | 0823    | M    | PARCELA 2, LOTE F                      | 10     | MA     | A       | 0        | 1.500   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 17    | 0828    | M    | PARCELA 2, LOTE G                      | 10     | MA     | A       | 0        | 8.554   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 18    | 0835    | M    | PARCELA 2, LOTE H                      | 10     | MA     | A       | 0        | 4.050   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 19    | 0848    | M    | PARCELA 2, LOTE J                      | 10     | MA     | A       | 0        | 6.500   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 20    | 1470    | M    | PARCELA 2, LOTE K                      | 10     | MA     | A       | 0        | 1.200   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 21    | 0873    | M    | PARCELA 2, LOTE M                      | 10     | MA     | A       | 0        | 5.118   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 22    | 0880    | M    | PARCELA 2, LOTE N                      | 10     | MA     | A       | 0        | 8.300   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 23    | 0926    | M    | PARCELA 2, LOTE T                      | 10     | MA     | A       | 0        | 2.000   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 24    | 0674    | M    | PARCELA 3, LOTE A                      | 10     | MA     | A       | 0        | 8.005   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 25    | 0824    | M    | PARCELA 3, LOTE F                      | 10     | MA     | A       | 0        | 15.180  | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 26    | 1571    | M    | PARCELA 3, LOTE I                      | 10     | MA     | A       | 0        | 1.300   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 27    | 0849    | M    | PARCELA 3, LOTE J                      | 10     | MA     | A       | 0        | 7.610   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 28    | 1471    | M    | PARCELA 3, LOTE K                      | 10     | MA     | A       | 0        | 1.300   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 29    | 0721    | M    | PARCELA 3, LOTE L                      | 10     | MA     | A       | 0        | 6.500   | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |
| 30    | 0881    | M    | PARCELA 3, LOTE N                      | 10     | MA     | A       | 0        | 10.000  | 1           | 1 | 5 | 3 | 1   | 1 | 12 |

Tabla 1.10. (Cont.) Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector Maullín. Códigos en página 1-35. Fuente: Elaboración propia.

|    |      |   |                                |    |    |   |   |        |   |   |   |   |   |   |    |
|----|------|---|--------------------------------|----|----|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|----|
| 31 | 1520 | M | PARCELA 3, LOTE N              | 10 | MA | A | 0 | 1.500  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 32 | 0675 | M | PARCELA 4, LOTE A              | 10 | MA | A | 0 | 2.525  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 33 | 0694 | M | PARCELA 4, LOTE B              | 10 | MA | A | 0 | 6.500  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 34 | 0700 | M | PARCELA 4, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 2.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 35 | 0830 | M | PARCELA 4, LOTE G              | 10 | MA | A | 0 | 4.180  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 36 | 0837 | M | PARCELA 4, LOTE H              | 10 | MA | A | 0 | 6.700  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 37 | 0841 | M | PARCELA 4, LOTE I              | 10 | MA | A | 0 | 6.820  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 38 | 0299 | M | PARCELA 4, LOTE J, RIO MAULLIN | 10 | MA | A | 0 | 2.600  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 39 | 0875 | M | PARCELA 4, LOTE M              | 10 | MA | A | 0 | 5.600  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 40 | 0882 | M | PARCELA 4, LOTE N              | 10 | MA | A | 0 | 3.100  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 41 | 1604 | M | PARCELA 4, LOTE P              | 10 | MA | A | 0 | 2.317  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 42 | 0676 | M | PARCELA 5, LOTE A              | 10 | MA | A | 0 | 4.419  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 43 | 0695 | M | PARCELA 5, LOTE B              | 10 | MA | A | 0 | 5.980  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 44 | 0701 | M | PARCELA 5, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 3.800  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 45 | 0764 | M | PARCELA 5, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 11.700 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 46 | 1518 | M | PARCELA 5, LOTE H              | 10 | MA | A | 0 | 8.500  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 47 | 0842 | M | PARCELA 5, LOTE I              | 10 | MA | A | 0 | 8.200  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 48 | 0850 | M | PARCELA 5, LOTE J              | 10 | MA | A | 0 | 11.480 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 49 | 1696 | M | PARCELA 5, LOTE K              | 10 | MA | A | 0 | 6.800  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 50 | 1491 | M | PARCELA 5, LOTE P              | 10 | MA | A | 0 | 18.056 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 51 | 0915 | M | PARCELA 5, LOTE R              | 10 | MA | A | 0 | 8.500  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 52 | 0696 | M | PARCELA 6, LOTE B              | 10 | MA | A | 0 | 4.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 53 | 0702 | M | PARCELA 6, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 2.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 54 | 0765 | M | PARCELA 6, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 9.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 55 | 1469 | M | PARCELA 6, LOTE F              | 10 | MA | A | 0 | 9.800  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 56 | 1411 | M | PARCELA 6, LOTE H              | 10 | MA | A | 0 | 4.200  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 57 | 0300 | M | PARCELA 06, LOTE I, MAULLIN    | 10 | MA | A | 0 | 1.050  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 58 | 1510 | M | PARCELA 6, LOTE K              | 10 | MA | A | 0 | 6.800  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 59 | 1473 | M | PARCELA 6, LOTE M              | 10 | MA | A | 0 | 160    | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 60 | 0909 | M | PARCELA 6, LOTE P              | 10 | MA | A | 0 | 10.000 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |

Proyecto FIP 99-23. Informe Final

Capítulo 1. Identificar principales efectos ambientales producidos por cada tipo de cultivo

Tabla 1.10. (Cont.) Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector Maullín. Códigos en página 1-35. Fuente: Elaboración propia.

|    |      |   |                    |    |    |   |   |        |   |   |   |   |   |   |    |
|----|------|---|--------------------|----|----|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|----|
| 61 | 1881 | M | PARCELA 6, LOTE R  | 10 | MA | A | 0 | 10.000 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 62 | 0929 | M | PARCELA 6, LOTE T  | 10 | MA | A | 0 | 9.850  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 63 | 1576 | M | PARCELA 6, LOTE V  | 10 | MA | A | 0 | 150    | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 64 | 1702 | M | PARCELA 7, LOTE C  | 10 | MA | A | 0 | 8.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 65 | 0818 | M | PARCELA 7, LOTE D  | 10 | MA | A | 0 | 7.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 66 | 0827 | M | PARCELA 7, LOTE F  | 10 | MA | A | 0 | 10.080 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 67 | 0864 | M | PARCELA 7, LOTE K  | 10 | MA | A | 0 | 4.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 68 | 0877 | M | PARCELA 7, LOTE M  | 10 | MA | A | 0 | 7.800  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 69 | 0910 | M | PARCELA 7, LOTE P  | 10 | MA | A | 0 | 1.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 70 | 0917 | M | PARCELA 7, LOTE R  | 10 | MA | A | 0 | 5.900  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 71 | 0930 | M | PARCELA 7, LOTE T  | 10 | MA | A | 0 | 9.500  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 72 | 0766 | M | PARCELA 8, LOTE D  | 10 | MA | A | 0 | 7.590  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 73 | 1429 | M | PARCELA 8, LOTE H  | 10 | MA | A | 0 | 9.500  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 74 | 0865 | M | PARCELA 8, LOTE K  | 10 | MA | A | 0 | 2.300  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 75 | 0878 | M | PARCELA 8, LOTE M  | 10 | MA | A | 0 | 6.650  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 76 | 0886 | M | PARCELA 8, LOTE N  | 10 | MA | A | 0 | 15.060 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 77 | 1584 | M | PARCELA 8, LOTE P  | 10 | MA | A | 0 | 800    | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 78 | 0918 | M | PARCELA 8, LOTE R  | 10 | MA | A | 0 | 6.350  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 79 | 0679 | M | PARCELA 9, LOTE A  | 10 | MA | A | 0 | 7.380  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 80 | 0767 | M | PARCELA 9, LOTE D  | 10 | MA | A | 0 | 5.947  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 81 | 0845 | M | PARCELA 9, LOTE I  | 10 | MA | A | 0 | 5.550  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 82 | 0887 | M | PARCELA 9, LOTE N  | 10 | MA | A | 0 | 250    | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 83 | 1464 | M | PARCELA 9, LOTE Ñ  | 10 | MA | A | 0 | 440    | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 84 | 0932 | M | PARCELA 9, LOTE T  | 10 | MA | A | 0 | 1.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 85 | 0938 | M | PARCELA 9, LOTE V  | 10 | MA | A | 0 | 6.750  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 86 | 0680 | M | PARCELA 10, LOTE A | 10 | MA | A | 0 | 7.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 87 | 0705 | M | PARCELA 10, LOTE C | 10 | MA | A | 0 | 3.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 88 | 0838 | M | PARCELA 10, LOTE H | 10 | MA | A | 0 | 7.170  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 89 | 0846 | M | PARCELA 10, LOTE I | 10 | MA | A | 0 | 3.127  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 90 | 0888 | M | PARCELA 10, LOTE N | 10 | MA | A | 0 | 1.600  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |

Tabla 1.10. (Cont.) Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector Maullín. Códigos en página 1-35. Fuente: Elaboración propia.

|     |      |   |                    |    |    |   |   |        |   |   |   |   |   |   |    |
|-----|------|---|--------------------|----|----|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|----|
| 91  | 0907 | M | PARCELA 10, LOTE O | 10 | MA | A | 0 | 300    | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 92  | 1570 | M | PARCELA 10, LOTE R | 10 | MA | A | 0 | 6.650  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 93  | 0939 | M | PARCELA 10, LOTE V | 10 | MA | A | 0 | 8.620  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 94  | 0854 | M | PARCELA 11, LOTE J | 10 | MA | A | 0 | 4.500  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 95  | 0889 | M | PARCELA 11, LOTE N | 10 | MA | A | 0 | 6.200  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 96  | 0706 | M | PARCELA 12, LOTE C | 10 | MA | A | 0 | 12.000 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 97  | 0770 | M | PARCELA 12, LOTE D | 10 | MA | A | 0 | 6.400  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 98  | 0771 | M | PARCELA 13, LOTE D | 10 | MA | A | 0 | 8.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 99  | 0856 | M | PARCELA 13, LOTE J | 10 | MA | A | 0 | 1.600  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 100 | 0891 | M | PARCELA 13, LOTE N | 10 | MA | A | 0 | 11.000 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 101 | 0684 | M | PARCELA 14, LOTE A | 10 | MA | A | 0 | 9.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 102 | 0708 | M | PARCELA 14, LOTE C | 10 | MA | A | 0 | 2.965  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 103 | 0685 | M | PARCELA 15, LOTE A | 10 | MA | A | 0 | 8.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 104 | 0857 | M | PARCELA 15, LOTE J | 10 | MA | A | 0 | 6.500  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 105 | 1564 | M | PARCELA 16, LOTE C | 10 | MA | A | 0 | 8.275  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 106 | 0774 | M | PARCELA 16, LOTE D | 10 | MA | A | 0 | 11.700 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 107 | 0894 | M | PARCELA 16, LOTE N | 10 | MA | A | 0 | 8.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 108 | 0710 | M | PARCELA 17, LOTE C | 10 | MA | A | 0 | 2.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 109 | 0775 | M | PARCELA 17, LOTE D | 10 | MA | A | 0 | 17.500 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 110 | 0895 | M | PARCELA 17, LOTE N | 10 | MA | A | 0 | 8.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 111 | 0688 | M | PARCELA 18, LOTE A | 10 | MA | A | 0 | 2.800  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 112 | 1713 | M | PARCELA 18, LOTE J | 10 | MA | A | 0 | 300    | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 113 | 0689 | M | PARCELA 19, LOTE A | 10 | MA | A | 0 | 7.500  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 114 | 0712 | M | PARCELA 19, LOTE C | 10 | MA | A | 0 | 6.860  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 115 | 0776 | M | PARCELA 19, LOTE D | 10 | MA | A | 0 | 8.850  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 116 | 0690 | M | PARCELA 20, LOTE A | 10 | MA | A | 0 | 2.080  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 117 | 0898 | M | PARCELA 20, LOTE N | 10 | MA | A | 0 | 11.900 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 118 | 0714 | M | PARCELA 21, LOTE C | 10 | MA | A | 0 | 7.500  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 119 | 0778 | M | PARCELA 21, LOTE D | 10 | MA | A | 0 | 10.734 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 120 | 0899 | M | PARCELA 21, LOTE N | 10 | MA | A | 0 | 9.400  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |

Proyecto FIP 99-23. Informe Final

Capítulo 1. Identificar principales efectos ambientales producidos por cada tipo de cultivo

Tabla 1.10. (Cont.) Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector Maullín. Códigos en página 1-35. Fuente: Elaboración propia.

|     |      |   |                                 |    |    |   |   |        |   |   |   |   |   |   |    |
|-----|------|---|---------------------------------|----|----|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|----|
| 121 | 0715 | M | PARCELA 22, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 7.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 122 | 0779 | M | PARCELA 22, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 3.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 123 | 0900 | M | PARCELA 22, LOTE N              | 10 | MA | A | 0 | 13.700 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 124 | 0901 | M | PARCELA 23, LOTE N              | 10 | MA | A | 0 | 17.800 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 125 | 0781 | M | PARCELA 24, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 7.850  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 126 | 0902 | M | PARCELA 24, LOTE N              | 10 | MA | A | 0 | 6.880  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 127 | 1592 | M | PARCELA 25, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 4.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 128 | 0718 | M | PARCELA 26, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 12.300 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 129 | 0783 | M | PARCELA 26, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 7.750  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 130 | 0719 | M | PARCELA 27, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 12.500 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 131 | 0784 | M | PARCELA 27, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 8.750  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 132 | 0720 | M | PARCELA 28, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 5.400  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 133 | 0785 | M | PARCELA 28, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 7.100  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 134 | 0786 | M | PARCELA 29, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 4.450  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 135 | 0721 | M | PARCELA 29, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 8.000  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 136 | 0722 | M | PARCELA 30, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 10.000 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 137 | 0788 | M | PARCELA 31, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 5.400  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 138 | 0726 | M | PARCELA 34, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 3.036  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 139 | 0791 | M | PARCELA 34, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 16.685 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 140 | 0727 | M | PARCELA 35, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 5.996  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 141 | 0792 | M | PARCELA 35, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 8.700  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 142 | 0793 | M | PARCELA 36, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 3.500  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 143 | 0729 | M | PARCELA 37, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 307    | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 144 | 0794 | M | PARCELA 37, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 950    | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 145 | 0730 | M | PARCELA 38, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 7.450  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 146 | 0732 | M | PARCELA 40, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 2.900  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 147 | 1537 | M | PARCELA 40, LOTE D, RIO MAULLIN | 10 | MA | A | 0 | 6.440  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 148 | 0733 | M | PARCELA 41, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 7.701  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 149 | 0736 | M | PARCELA 44, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 9.050  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 150 | 0800 | M | PARCELA 44, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 6.800  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 151 | 0738 | M | PARCELA 46, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 5.800  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 152 | 0801 | M | PARCELA 46, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 19.185 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 153 | 0739 | M | PARCELA 47, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 8.820  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 154 | 0729 | M | PARCELA 47, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 307    | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 155 | 0740 | M | PARCELA 48, LOTE C              | 10 | MA | A | 0 | 8.350  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 156 | 1711 | M | PARCELA 48, LOTE D              | 10 | MA | A | 0 | 7.700  | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |

Tabla 1.10. (Cont.) Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector Maullín. Códigos en página 1-35. Fuente: Elaboración propia.

|     |      |   |                             |    |    |   |   |           |   |   |   |   |   |   |    |
|-----|------|---|-----------------------------|----|----|---|---|-----------|---|---|---|---|---|---|----|
| 157 | 0741 | M | PARCELA 49, LOTE C          | 10 | MA | A | 0 | 1.500     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 158 | 0803 | M | PARCELA 50, LOTE D          | 10 | MA | A | 0 | 4.500     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 159 | 0253 | M | PARCELA 50, LOTE C, MAULLIN | 10 | MA | A | 0 | 6.430     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 160 | 0743 | M | PARCELA 51, LOTE C          | 10 | MA | A | 0 | 7.920     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 161 | 0804 | M | PARCELA 51, LOTE D          | 10 | MA | A | 0 | 7.000     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 162 | 0745 | M | PARCELA 53, LOTE C          | 10 | MA | A | 0 | 8.075     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 163 | 0806 | M | PARCELA 53, LOTE D          | 10 | MA | A | 0 | 5.500     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 164 | 0807 | M | PARCELA 54, LOTE D          | 10 | MA | A | 0 | 2.900     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 165 | 0748 | M | PARCELA 56, LOTE C          | 10 | MA | A | 0 | 8.691     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 166 | 0809 | M | PARCELA 56, LOTE D          | 10 | MA | A | 0 | 2.200     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 167 | 0749 | M | PARCELA 57, LOTE C          | 10 | MA | A | 0 | 7.399     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 168 | 0750 | M | PARCELA 58, LOTE C          | 10 | MA | A | 0 | 4.468     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 169 | 0811 | M | PARCELA 58, LOTE D          | 10 | MA | A | 0 | 500       | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 170 | 0812 | M | PARCELA 59, LOTE D          | 10 | MA | A | 0 | 500       | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 171 | 0813 | M | PARCELA 60, LOTE D          | 10 | MA | A | 0 | 7.000     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 172 | 0753 | M | PARCELA 61, LOTE C          | 10 | MA | A | 0 | 3.200     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 173 | 0814 | M | PARCELA 61, LOTE D          | 10 | MA | A | 0 | 8.680     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 174 | 0754 | M | PARCELA 62, LOTE C          | 10 | MA | A | 0 | 8.037     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 175 | 0815 | M | PARCELA 62, LOTE D          | 10 | MA | A | 0 | 14.500    | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 176 | 0816 | M | PARCELA 63, LOTE D          | 10 | MA | A | 0 | 25.000    | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 177 | 0817 | M | PARCELA 64, LOTE D          | 10 | MA | A | 0 | 2.588     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 178 | 0757 | M | PARCELA 65, LOTE C          | 10 | MA | A | 0 | 6.300     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 179 | 0620 | M | RIO MAULLIN                 | 10 | MA | A | 0 | 1.500     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 180 | 1383 | M | RIO MAULLIN                 | 10 | MA | A | 0 | 2.303.915 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 3 | 14 |
| 181 | 1260 | M | RIO MAULLIN, CHANGUE        | 10 | MA | A | 0 | 539.530   | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 2 | 13 |
| 182 | 1598 | M | RIO MAULLIN, CHANGUE        | 10 | MA | A | 0 | 9.150     | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 183 | 1883 | M | RIO MAULLIN, SECTOR CHANGUE | 10 | MA | A | 0 | 16.250    | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |
| 184 | 1501 | M | RIO MAULLIN, CHANGUE        | 10 | MA | A | 0 | 20.400    | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 12 |



Tabla 1.11. Matriz de ponderación de impacto por centro de cultivos que operaron en 1999. Sector del río Tornagaleones. Códigos en página 1-35. Fuente: Elaboración propia.

| Coor. | Titular | Tipo | Sector                       | Región | Comuna | Especie | Unidades  | Kilos   | PONDERACION |    |   |    |    |   |     |
|-------|---------|------|------------------------------|--------|--------|---------|-----------|---------|-------------|----|---|----|----|---|-----|
|       |         |      |                              |        |        |         |           |         | G           | TA | C | TC | AL | P | Sum |
| 1     | 0160    | M    | ENSENADA SAN JUAN            | 10     | CO     | A       | 0         | 565.000 | 1           | 1  | 5 | 3  | 1  | 2 | 12  |
| 2     | 1511    | M    | ISLA MANCERA                 | 10     | CO     | MB      | 0         | 750     | 2           | 1  | 5 | 3  | 1  | 1 | 12  |
| 3     | 0255    | M    | ISLA MANCERA, SECTOR SUR     | 10     | CO     | A       | 0         | 716.000 | 1           | 1  | 5 | 3  | 1  | 2 | 12  |
| 4     | 0197    | M    | RIO TORNAGALEONES            | 10     | CO     | P       | 4.656.323 | 463.131 | 4           | 1  | 5 | 3  | 3  | 1 | 16  |
| 5     | 0345    | M    | RIO TORNAGALEONES            | 10     | CO     | MB      | 5.896.275 | 124.065 | 2           | 1  | 5 | 3  | 1  | 1 | 12  |
| 6     | 1216    | M    | RIO TORNAGALEONES            | 10     | CO     | MB      | 3.084     | 3.351   | 2           | 1  | 5 | 3  | 1  | 1 | 12  |
| 7     | 1886    | M    | RIO TORNAGALEONES            | 10     | CO     | MB      | 0         | 37.441  | 2           | 1  | 5 | 3  | 1  | 1 | 12  |
| 8     | 0365    | M    | RIO TORNAGALEONES, I.DEL REY | 10     | CO     | MB      | 0         | 65.740  | 2           | 1  | 5 | 3  | 1  | 1 | 12  |

La ponderación del impacto se efectúa mediante la sumatoria de los puntajes que aporta cada una de las seis variables consideradas: grupo de especies, tipo de ambiente acuático, tipo de cuerpo de agua, técnica de cultivo, técnica de alimentación y nivel de producción.

## C. Conclusiones

De acuerdo a la información recopilada se puede concluir que dentro de la acuicultura la salmonicultura es la actividad que más efectos negativos genera en el medio, especialmente en cuerpos de aguas lacustres. Estos efectos se pueden mitigar con un buen manejo de los centros de cultivo: proceso de alimentación, proceso de cosecha, mortalidad, antibióticos y desinfectantes, y con la incorporación de nuevas tecnologías: alimentadores automáticos, conos bajo las jaulas, sensores de pérdida de alimento, cámaras submarinas, tratamiento del agua de sangre, por ejemplo.

Por el contrario el grupo que menos impactos negativos presenta son las macroalgas, las cuales pueden presentar efectos positivos en el ambiente, como son producción de oxígeno, disminución de nutrientes en el agua, servir de refugio para larvas y juveniles de distintas especies de peces e invertebrados. Los efectos negativos se relacionan principalmente con la disminución de la velocidad de corrientes y el aumento de la tasa de sedimentación.

Esta afirmación se ve reforzada por los resultados de la ponderación de los centros de cultivo en las cuatro zonas estudiadas. Se observó una mayor ponderación de los centros de peces que los de moluscos bivalvos o macroalgas, los moluscos gastrópodos y los equinodermos recién están comenzando su fase comercial, por lo tanto los centros son pequeños y esto hace bajar su ponderación, se debe realizar proyecciones con los niveles de producción que espera producir esta actividad con el objeto de poder determinar su potencial impacto futuro.

# Seleccionar las variables y parámetros técnicamente pertinentes para determinar el impacto ambiental producido por cada tipo de cultivo

Capítulo

2

## 2.1. Metodología de desarrollo del objetivo específico

Para la consecución de este objetivo específico, se desarrolló las siguientes actividades:

- a. Análisis de la normativa ambiental nacional e internacional
- b. Análisis de la experiencia nacional e internacional en el monitoreo ambiental
- c. Selección de variables y parámetros a monitorear

### Análisis de la normativa ambiental nacional e internacional

En este punto se analizó la legislación ambiental nacional atinente a las actividades de acuicultura, especialmente la emanada de los siguientes ministerios:

- Secretaría Ministerial General de Gobierno
- Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción
- Ministerio de Defensa Nacional
- Ministerio de Salud
- Ministerio de Agricultura

En materia de legislación ambiental internacional, se consideró tanto la procedente de países con relevancia en actividades de acuicultura, como así también las recomendaciones de organismos internacional referentes al tema:

- U.S. Fish & Wildlife Service
- U.S. EPA (Environmental Protection Agency)
- CEAA (Canadian Environmental Assessment Agency)
- SEPA (Scottish Environmental Protection Agency)
- STF (Norwegian Pollution Control Authority)

- EPA Australia (Environmental Protection Authority)
- Environmental Agency, Government of Japan
- EEA (European Environment Agency)
- GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection)
- ICES (International Council for the Exploration of the Seas)
- UNEP (United Nations Environment Programme)

### **Análisis de la experiencia nacional e internacional en el monitoreo ambiental**

A nivel nacional, se realizó una recopilación de los estudios de mayor relevancia en cuanto a monitoreos efectuados a lo largo del borde costero, incluidos ríos y lagos, del territorio nacional, considerando sólo aquellos que contaran con una acabada descripción de los procedimientos y técnicas empleadas para la obtención de la información. Este punto es muy importante, ya que sólo disponiendo de información confiable es posible llegar a determinar si la variabilidad en los parámetros obedece a procesos dependiente de las condiciones naturales y/o antrópicas, o por el contrario, responde a errores instrumentales o analíticos.

La experiencia extranjera tuvo un carácter referencial, ya que la realidad en este tipo de materias es muy distinta en comparación con la de nivel nacional. Por otra parte, las condiciones ambientales de los cuerpos acuáticos en otras regiones son distintas a las que se presentan en Chile. De esta manera, si bien existe una abundante bibliografía con respecto a este tema, sólo se consideró aquellos estudios más recientes realizados en Estados Unidos, Canadá y Noruega.

### **Selección de variables y parámetros a monitorear**

Para el desarrollo de esta actividad, se realizó una recopilación de antecedentes bibliográficos sobre aquellas mediciones y análisis que pudiesen entregar información relevante sobre los efectos de las actividades de acuicultura en el ambiente acuático a nivel de grandes áreas geográficas. Cada una de estas variables fue considerada en forma independiente, fundamentando su relevancia ambiental, estableciendo sus principales efectos sobre el ambiente acuático y analizando una serie de criterios de selección para evaluar su factibilidad técnica y económica a objeto de su ulterior inclusión en un programa de monitoreo global.

## **2.2. Resultados y Discusión**

### **2.2.1. Análisis de la normativa y de los aspectos legales**

Los antecedentes en detalle sobre el marco legal que regula el ejercicio de la acuicultura tanto en Chile como en el extranjero se presentan en el Anexo 1. A nivel nacional, las diferentes normativas se agruparon bajo el Ministerio que las promulgó, en primer término se listan los cuerpos legales y posteriormente se analiza el articulado que tiene relación con el tema del estudio, es decir, los aspectos ambientales relacionados con la actividad de acuicultura, calidad de agua y ecosistemas acuático, y monitoreo ambiental. En el análisis se efectúa una discusión de las características e interacciones en el caso de aquella normativa más estrechamente asociada a la regulación de los efectos de la acuicultura en el país, específicamente las normas de calidad de aguas en desarrollo y el Reglamento de Medio Ambiente para la Acuicultura (RAMA).

Además, en dicho anexo se presenta una síntesis derivada de la recopilación y análisis comparativo de la normativa internacional referida a la calidad de aguas. Para este efecto se consideró aquellos países con mayor desarrollo en este campo y que cuentan con una extensa experiencia en base a estudios efectuados en diversos cuerpos de agua.

### **2.2.2. Análisis de la experiencia nacional en monitoreo ambiental**

Las iniciativas desarrolladas en nuestro país sobre programas de vigilancia ambiental acuáticos pueden ser clasificadas en cuatro categorías:

- Programas de Seguimiento Ambiental Acuáticos dependientes del Estado
- Programas de Sanitización de Recursos Hidrobiológicos
- Programas de Monitoreo Ambiental para las Actividades de Acuicultura

#### **Programas de Seguimiento Ambiental Acuáticos dependientes del Estado**

A nivel nacional existe un reducido número de iniciativas emanadas de autoridades estatales o gubernamentales tendientes a implementar programas de vigilancia ambiental, a objeto de diagnosticar la calidad ambiental de cuerpos de agua marinos y dulceacuícolas en el territorio nacional (Tabla 2.1).

Actualmente, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) a través de su Servicio de Preservación del Ambiente Acuático y Combate a la Contaminación (SPMAACC) y la Dirección General de Aguas (DGA) mantienen vigentes a escala nacional, la ejecución de programas de vigilancia tendientes a monitorear los niveles de indicadores ambientales en distintas matrices del ambiente acuático.

#### **a. Programas de Seguimiento Ambiental de la DIRECTEMAR**

El programa de seguimiento ambiental bajo tutela de la DIRECTEMAR, conocido como Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) es el único a nivel nacional que contempla el seguimiento de variables para el ambiente marino costero, considerando de manera conjunta tres matrices ambientales (agua, sedimentos y tejidos biológicos), y para el ambiente dulceacuícola (río y lagos). Más recientemente, la DIRECTEMAR diseñó e implementó un segundo programa de vigilancia conocido como POAL Antártico (Tabla 2.31), que se desarrolla en la bahía Fildes de la Isla Rey Jorge (Territorio Antártico Chileno). Esta iniciativa opera a una escala menor, ya que la cobertura espacial es más reducida y la frecuencia de monitoreo más baja; no obstante, la ejecución de las campañas anuales de monitoreo proporcionan valiosa información sobre la condición ambiental de aguas y sedimentos de este apartado punto del territorio nacional.

Como organismo fiscalizador, la DIRECTEMAR también tiene a su cargo la tuición de Programas de Vigilancia Ambiental (PVA) que realizan aquellas industrias que descargan residuos líquidos a las aguas marítimas y continentales bajo jurisdicción de esta autoridad marítima. Con anterioridad a la entrada en vigencia del Reglamento del SEIA, el reglamento para el Control de la Contaminación Acuática establecía en su Artículo 41 que "toda actividad que se realice en los ecosistemas marinos o continentales de jurisdicción de la autoridad marítima, deberá ser precedida por una Evaluación de Impacto Ambiental", cuyo objeto era exigir a quienes se encontraban utilizando o proyectaban utilizar el medio acuático para descargar sus aguas residuales, a realizar un conjunto de estudios, incluyendo una Línea Base, para caracterizar las descargas proyectadas y para determinar el estado que en ese momento mostraban las condiciones ecológicas y características básicas del área, que permitiera verificar la generación de eventuales cambios ambientales, producidos por la evacuación de residuos líquidos y que propusiera las medidas de mitigación y de monitoreo más adecuadas a tales características

Bajo este precepto, a partir de 1987 la autoridad marítima inicia la elaboración de resoluciones y directivas destinadas a establecer términos de referencia y medidas concretas en el control de la contaminación acuática. Una de las primeras elaboradas bajo este contexto (Ord. N° 12600/550 del 19 de agosto de 1987) establecía los lineamientos básicos para la elaboración de un Programa Mínimo de Evaluación de Impacto Ambiental (PMEIA). Este documento debían contener entre otra información, la formulación de un Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) para el medio marino costero, que considerara aquellas variables más relevantes para el tipo de proyecto o actividad, los parámetros por tipo de matriz ambiental a ser monitoreados, indicándose además el número de estaciones y la frecuencia de monitoreo.

Con posterioridad, la Resolución 12600/550 sería derogada y con fecha 19 de diciembre de 1994 deberían haber entrado en vigencia otras tres elaboradas con fines más específicos:

- Ordinario N° 12.600/323 para descarga de residuos líquidos en el medio ambiente acuático de jurisdicción nacional;
- Ordinario N° 12.600/324 del para proyectos de vertimiento de desechos de dragados en el medio ambiente acuático de jurisdicción nacional;
- Ordinario N° 12.600/325 para puertos y terminales de jurisdicción nacional;

Sin embargo, al poco tiempo de entrar en vigencia su accionar quedó obsoleto debido a la asunción de la Ley 19.300 y su respectivo reglamento. No obstante lo anterior, hubo muchas empresas que ya habían realizado su PMEIA y habían implementado Programas de Vigilancia Ambiental. Actualmente, una cantidad importante de empresas realizan programas de seguimiento para evaluar en forma permanente el estado del cuerpo de agua receptor y cautelar de este modo la calidad del medio ambiente acuático.

### ***Situación actual***

Los programas de seguimiento ambiental que actualmente se encuentran bajo supervisión de la DIRECTEMAR presentan situaciones bien distintas entre sí. Actualmente, el POAL Continental se encuentra vigente y desarrollándose en forma normal con una frecuencia de ejecución semestral. Observando el desarrollo histórico, se aprecia que este programa periódicamente incorpora nuevas localidades ("cuerpos de agua") a su red de monitoreo nacional, principalmente en el ambiente marino costero. La inclusión de estos cuerpos de agua se relaciona con el grado de desarrollo productivo que

alcanzan, situación que potencialmente puede generar alteraciones en la condición ambiental original del cuerpo de agua. Otro aspecto de este programa, dice relación con la orientación dada en los últimos años al diseño de muestreo; en principio, la toma de muestras estaba orientada principalmente a la matriz acuosa, mientras que en el último quinquenio el objetivo se ha centrado prioritariamente sobre los sedimentos sublitorales, dadas las ventajas comparativas que exhibe este tipo de ambientes sobre la matriz acuosa que presenta una mayor dinámica.

Este programa se licita públicamente, pudiendo participar Universidades y empresas consultoras privadas. Para el desarrollo anual de este programa, el requirente (DIRECTEMAR) proporciona personal de apoyo, embarcación naval para actividades de muestreo y vehículos terrestres para el desplazamiento local. Por su parte, la entidad ejecutante este programa debe organizar un equipo de muestreadores, con sus respectivos equipos e instrumental de terreno, los cuales dependen de una unidad central que coordina las actividades, supervisa los análisis de laboratorio, procesa y controla la calidad de la información y genera un informe semestral de resultados que incorpora la discusión, interpretación y conclusiones que se desprendan. La última campaña de monitoreo de este programa (año 2001) fue licitada en aproximadamente 80 millones de pesos. Cabe señalar que este monto excluye los gastos propios en que incurre la Armada para movilizar personal, vehículos y embarcaciones a lo largo del territorio nacional.

Por otra parte, desde que se inició el POAL Antártico en 1996 se han realizado tres campañas de monitoreo consecutivas, concretándose la última en 1998. Las actividades de muestreo las realiza personal de la Armada de la dotación antártica apostado en la Capitanía de Puerto de Bahía Fildes. Previo a su partida, el personal de esta repartición recibe un curso de instrucción a cargo de la consultora que se adjudica la ejecución del programa, cuyo contenido se centra en las técnicas de muestreo y procedimientos que se aplican para el registro de mediciones, preservación y despacho de las muestras. Junto con ello, se provee de un Manual de Muestreo en que se describe con detalle cada uno de los protocolos de medición y recolección de muestras de las distintas matrices ambientales. Actualmente, este programa de seguimiento se encuentra temporalmente suspendido por falta de financiamiento para ejecutarlo. A diferencia del POAL Continental, este programa se licita en forma privada por montos que no superan las 1000 Unidades Tributarias Mensuales (UTM).

Con respecto a los PVA, hoy en día un número importante de empresas de diversos rubros productivos (minerías, pesqueras, astilleros, centrales termoeléctricas, petroquímicas, terminales marítimos, entre otras)



usuarias del borde costero o que vierten sus aguas residuales a cuerpos de agua bajo tuición de la DIRECTEMAR, se encuentran realizando campañas de monitoreo que incluyen la caracterización periódica de sus RILes (Programas de Autocontrol) y el seguimiento de distintos indicadores ambientales en matrices acuosa, sedimentaria y biótica (macroinfauna intermareal y/o submareal). Estos programas de vigilancia, que en la actualidad alcanzan cerca de 50, se efectúan con diversas frecuencias, que van desde campañas mensuales (para el caso de caracterización de RILes) a bimestrales, trimestrales, semestrales o anuales en aquellos casos en que se monitorean las condiciones del cuerpo acuático receptor. Dado que cada usuario debe tener implementado un PVA, la empresa deriva su ejecución a un tercero (Universidad o Consultora) que tiene por misión ejecutarlo según los requerimientos técnicos exigidos por la autoridad marítima. La realización de cada campaña de monitoreo genera un informe de resultados que a lo menos contiene lo siguiente:

- Identificación del titular
- Equipo técnico ejecutor
- Procedimientos metodológicos aplicados (incluyendo métodos analíticos de cuantificación, límites de detección, ubicación georreferenciada de estaciones de muestreo, entre otros)
- Resultados
- Discusión e interpretación de resultados (incluyendo comparación con registro histórico de datos y niveles normativos nacionales o extranjeros referenciales)
- Bibliografía consultada

Dada la gran cantidad de documentos que se ha generado desde que se iniciaron los Programas de Vigilancia Ambiental, recientemente la autoridad marítima implementó un Sistema de Información Geográfico (SIG) para el manejo digital de esta información, además de la generada durante la realización de las distintas campañas de monitoreo del POAL.

#### **b. Programas de Seguimiento Ambiental de la DGA**

La iniciativa de la DGA se estructura en base a tres redes de monitoreo que, operando de manera paralela, cubren los distintos compartimentos en que se distribuye el recurso acuático en su porción continental (Tabla 2.31). La Red de Calidad de Aguas Superficiales fue diseñada originalmente para generar información de carácter general acerca de la calidad del agua, tanto en su estado natural como por efecto del impacto de la actividad humana. En consecuencia, esta red incluye "estaciones base" o referenciales

establecidas para la determinación de la calidad natural de las aguas y "estaciones de impacto" o potencialmente alteradas cuya meta es mantener bajo observación fuentes de contaminación. Además, se las estaciones se encuentran organizadas en primer y segundo orden de prioridad, en el sentido que las primeras entran en operación inmediatamente, mientras que las restantes son diferidas en el tiempo.

La Red Mínima de Control de Lagos se centra en el seguimiento de indicadores ambientales tanto para lagos como embalses. En base a un catastro inicial conteniendo información básica sobre los principales receptáculos naturales de aguas dulces (lagos y lagunas), se seleccionó aquellos cuerpos dulceacuícolas prioritarios en base a criterios de: actividad antrópica en el entorno, fuentes de abastecimiento de agua potable, riego, hidroelectricidad, usos recreativos, atracción turística y el grado de relación entre cuerpo de agua y asentamiento humano.

La Red de Aguas Subterráneas es la más reciente del sistema y su objetivo se centra en caracterizar el recurso hídrico subterráneo en cuanto a su calidad natural o basal y la calidad resultante producto de procesos asociados con la intervención humana. Actualmente, se encuentra en revisión en base a un análisis de vulnerabilidad y riesgo de contaminación de los acuíferos.

### ***Situación actual***

Con relación a las aguas continentales bajo tutela de la DGA, hoy en día se continúa con la operación de las redes de monitoreo de la calidad de agua del país. Según cifras del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos de la DGA, en la actualidad dicha red mide la calidad de las aguas a través de 315 estaciones de aguas superficiales, 73 estaciones de aguas subterráneas y 58 estaciones distribuidas en 15 lagos. Actualmente la Red de Calidad de Aguas se encuentra en un proceso de modernización consistente en:

- Ampliación de su cobertura, incorporando nuevos cuerpos lacustres a la red mínima de control de lagos y puntos de muestreo a las redes de calidad de agua superficial y subterránea. Como parte de la presente actividad, en 1999 se comenzó a monitorear los lagos Caburga, Maihue, la laguna de la Laja y el lago Chapo.

- Revisión y reformulación de los puntos de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas, dicha actividad comenzó en 1999 en las regiones IV, X y V y se espera completar todo el país a finales del año 2000.
- Medición y registro continuo de parámetros físico - químicos y la transmisión en tiempo real de los datos medidos vía plataformas satelitales. En 1999 se instaló la primera estación piloto en el Río Mapocho.
- Aumento de la capacidad analítica del laboratorio ambiental de la DGA (aumento del número de parámetros y disminución del tiempo de respuesta), que a la fecha efectúa alrededor de 50.000 análisis físico - químicos, de unos 25 parámetros, anualmente.

Para llevar a cabo la modernización, es imprescindible contar con la infraestructura adecuada, es por ello que en 1999 se han realizado importantes inversiones:

- Remodelación total del laboratorio ambiental de la DGA. Incorporando salas climatizadas e instalaciones adecuadas para los profesionales y todas las actividades propias del laboratorio ambiental.
- Adquisición de un bote de goma (tipo Zodiac) acondicionado para llevar a cabo los monitoreos correspondientes a la red mínima de control de lagos.
- Adquisición de sondas multiparámetro adecuadas para la medición continua de parámetros físico - químicos y su conexión a datalogger y a las plataformas satelitales.

Tabla 2.1. Programas de vigilancia ambiental acuáticos desarrollados a nivel nacional

| Nombre del Programa   | Institución responsable | Cobertura  | Cuerpo de agua           | Estaciones | Matrices ambientales y variables   | Frecuencia                 | Período de registro histórico |
|---|-------------------------|--|--------------------------|------------|--|----------------------------|-------------------------------|
| Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL)                     | DIRECTEMAR              | Región: I a XII                                  | Marinos y dulceacuicolas |            | <b>Agua:</b> metales pesados, nutrientes, constituyentes orgánicos agregados, compuestos orgánicos individuales y calidad microbiológica<br><b>Sedimentos:</b> metales pesados, nutrientes, constituyentes orgánicos agregados y compuestos orgánicos individuales<br><b>Biota (<i>Peromytilus purpuratus</i>):</b> metales pesados y calidad microbiológica | Semestral                  | 1988 - 2001                   |
| Programa de Observación del Ambiente Litoral Antártico (POAL Antártico) | DIRECTEMAR              | Bahía Fildes, Territorio Antártico Chileno       | Marino                   | 8          | Agua: metales pesados, nutrientes, constituyentes orgánicos agregados, compuestos orgánicos individuales y calidad microbiológica<br><br>Sedimentos: granulometría, metales pesados, nutrientes, constituyentes orgánicos agregados y compuestos orgánicos individuales  | Anual                      | 1996-1998                     |
| Red de Calidad de Aguas Superficiales                                   | DGA                     | Región: I a XII                                  | Dulceacuicolas           | 315        | Agua: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, metales pesados, DQO, nutrientes, carbonatos.  | Trimestral y Cuatrimestral | 1968 - 2001                   |
| Red Mínima de Control de Lagos  | DGA                     | Región: IV, VI, VIII, IX, X y RM                 | Dulceacuicolas           | 58         | Agua: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, transparencia, turbiedad, nitrógeno y fósforo.   | Estacional                 | 1983-2001                     |
| Red de Aguas Subterráneas   | DGA                     | Región: I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, X y RM | Dulceacuicolas           | 73         | Agua: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, metales pesados, DQO, nutrientes, carbonatos.  | Trimestral y Cuatrimestral |                               |

### **Programas de Sanitización de Recursos Hidrobiológicos**

Desde un punto de vista de la salud humana, el estado también ha implementado Programas de Sanitización para aquellos recursos hidrobiológicos que son de consumo nacional o extranjero. Actualmente, existen tres programas que se relacionan con las actividades de acuicultura y que velan por la óptima calidad de los productos generados por esta actividad económica.

#### **a. Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos. Clasificación y Monitoreo de las Areas de Extracción de Moluscos Bivalvos con destino a Estados Unidos**

Las exportaciones de moluscos bivalvos frescos a Estados Unidos se concretan a partir de mayo de 1989 fecha en la cual se suscribe un convenio o memorandum de entendimiento entre nuestro país y la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos, en el cual se establecen los requisitos sanitarios que exige este organismo para la internación de moluscos bivalvos crudos, incluidos los ostiones con coral. En este convenio se establecen además todos los organismos del Estado involucrados, determinando el compromiso del Ministerio de Salud y del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, en la ejecución del "Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos" (PSMB) en Chile.

El Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) es el organismo de control que tiene autoridad reguladora sobre la clasificación, producción, recolección, procesamiento, transporte y exportación de los moluscos bivalvos aprobados por certificación. El Instituto de Salud Pública (ISP) es el Laboratorio de Referencia del Programa y debe realizar los análisis de biotoxinas marinas de las áreas de extracción, con la finalidad de establecer historiales de mareas rojas donde éstos no existen, y los análisis extraordinarios de toxinas marinas, cuando se requieran.

Según lo señalado en el PSMB, todo industrial interesado en exportar moluscos bivalvos crudos a Estados Unidos, incluido el ostión con coral, debe cumplir una serie de tres requisitos básicos en forma previa a la autorización (Norma Técnica SMB-NT1). De estas tres condiciones, la primera de ellas tiene relación directa con el desarrollo de actividades de monitoreo de calidad de aguas. Específicamente dentro de este ámbito, el interesado debe:

- Evaluar y clasificar las áreas de interés donde crece o se cultiva el recurso que se desea exportar, lo que comprende básicamente la identificación y evaluación de las fuentes actuales y potenciales de contaminación.

El cumplimiento integral de este requisito, además de otros que se señalan, genera la inscripción del interesado en el listado de empresas certificadas para importar a Estados Unidos que edita el FDA en forma mensual, (ICSSL), lo cual garantiza la internación del producto al mercado norteamericano, con un control del 7% del volumen comercializado.

El ingreso al PSMB establece un compromiso con el cumplimiento de las exigencias que impone el FDA. Este compromiso incluye, entre otros aspectos:

- efectuar un monitoreo permanente del área clasificada para constatar que las condiciones del medio no han variado, o, en caso contrario tomar las medidas pertinentes para evitar que se produzcan problemas de contaminación;
- solicitar un permiso de extracción cada vez que se realice cosecha del recurso para exportación con el fin de constatar que el producto ha sido extraído de áreas debidamente calificadas;
- no efectuar recolección de mariscos de zonas no aprobadas;

El control que efectúa SERNAPESCA sobre todos los aspectos señalados culmina con la certificación sanitaria que otorga a los moluscos bivalvos que han dado cumplimiento efectivo a los requerimientos del programa, los cuales han sido previamente verificados y constatados por este Servicio.

#### **b. Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos. Clasificación y Monitoreo de las Areas de Extracción de Moluscos Bivalvos con destino a la Unión Europea**

Para exportar moluscos bivalvos a la Unión Europea, en todas sus presentaciones, se requiere dar cumplimiento a los requisitos sanitarios establecidos por la Directiva 91/492/CEE. El establecimiento de las normas sanitarias aplicables a la producción y puesta en el mercado de los moluscos bivalvos vivos destinados al consumo humano directo o a la transformación antes del consumo, cuyo destino final sea la Unión Europea (UE) se encuentran contenidas en la Norma Técnica (SMB-NT2) del SERNAPESCA.

Salvo las disposiciones relativas a la depuración, esta norma técnica se aplica, además de moluscos bivalvos, a equinodermos, tunicados y a gasterópodos marinos. Las zonas de producción deben ser clasificadas con el propósito de establecer la condición sanitaria del área y con ello el uso tecnológico que se puede dar al recurso extraído desde esa zona en particular.

La clasificación comprende un período mínimo de 4 meses durante el cual deberá remitirse 16 muestras para análisis microbiológico (coliformes fecales y *Salmonella*), 4 muestras para análisis de Veneno Paralítico (VPM) y Veneno Diarreico (VDM), 8 muestras para análisis de Veneno Amnésico (VAM), 4 muestras para análisis de fitoplancton, una muestra para análisis de metales pesados (mercurio y cadmio) y una muestra para análisis de pesticidas organohalogenados por cada área que se clasifique

El monitoreo de las zonas de producción corresponde a una etapa posterior a la clasificación del área en la cual se establece un programa mensual de monitoreo con el propósito de vigilar la condición sanitaria del área. El programa de monitoreo anual de un área considera la realización de análisis que dependen de la condición sanitaria de la región de extracción de los recursos. A continuación se señala las condiciones en que deben realizarse los monitoreos para las distintas regiones del país.

#### Regiones I, II, III, V y VIII

| Tipo de muestra | Cantidad anual de muestras | Frecuencia | Parámetro/Analito                      |
|-----------------|----------------------------|------------|--|
| Tejidos         | 12                         | Mensual    | Coliformes fecales y <i>Salmonella</i> |
| Tejidos         | 12                         | Mensual    | VPM , VDM y VAM                        |
| Tejidos         | 2                          | Semestral  | Cadmio y mercurio                      |
| Tejidos         | 2                          | Semestral  | Pesticidas organohalogenados           |
| Agua            | 12                         | Mensual    | Fitoplancton                           |
| Agua            | 4                          | Trimestral | Temperatura y pH                       |
| Agua            | 12                         | Mensual    | Oxígeno disuelto y salinidad           |

#### Regiones IV y X

| Tipo de muestra | Cantidad anual de muestras | Frecuencia | Parámetro/Analito                      |
|-----------------|----------------------------|------------|--|
| Tejidos         | 12                         | Mensual    | Coliformes fecales y <i>Salmonella</i> |
| Tejidos         | 12                         | Mensual    | VPM y VDM                              |
| Tejidos         | 24                         | Quincenal  | VAM                                    |
| Tejidos         | 2                          | Semestral  | Cadmio y mercurio                      |
| Tejidos         | 2                          | Semestral  | Pesticidas organohalogenados           |
| Agua            | 12                         | Mensual    | Fitoplancton                           |
| Agua            | 4                          | Trimestral | Temperatura y pH                       |
| Agua            | 12                         | Mensual    | Oxígeno disuelto y salinidad           |

Región XI

| Tipo de muestra | Cantidad anual de muestras | Frecuencia | Parámetro/Analito                      |
|-----------------|----------------------------|------------|--|
| Tejidos         | 12                         | Mensual    | Coliformes fecales y <i>Salmonella</i> |
| Tejidos         | 24                         | Quincenal  | VPM y VDM                              |
| Tejidos         | 12                         | Mensual    | VAM                                    |
| Tejidos         | 2                          | Semestral  | Cadmio y mercurio                      |
| Tejidos         | 2                          | Semestral  | Pesticidas organohalogenados           |
| Agua            | 12                         | Mensual    | Fitoplancton                           |
| Agua            | 4                          | Trimestral | Temperatura y pH                       |
| Agua            | 12                         | Mensual    | Oxígeno disuelto y salinidad           |

Región XII

| Tipo de muestra | Cantidad anual de muestras | Frecuencia | Parámetro/Analito                      |
|-----------------|----------------------------|------------|--|
| Tejidos         | 12                         | Mensual    | Coliformes fecales y <i>Salmonella</i> |
| Tejidos         | 12                         | Mensual    | VPM y VDM                              |
| Tejidos         | 24                         | Quincenal  | VAM                                    |
| Tejidos         | 2                          | Semestral  | Cadmio y mercurio                      |
| Tejidos         | 2                          | Semestral  | Pesticidas organohalogenados           |
| Agua            | 12                         | Mensual    | Fitoplancton                           |
| Agua            | 4                          | Trimestral | Temperatura y pH                       |
| Agua            | 12                         | Mensual    | Oxígeno disuelto y salinidad           |

**c. Programa de Vigilancia Epidemiológica de Marea Roja**

Su objetivo se centra en el seguimiento y detección de toxinas en moluscos bivalvos provenientes tanto de bancos naturales como de centros de cultivo de la zona sur del país. La cobertura del programa en la Décima Región abarca el Seno de Reloncaví y el sector costero de Chiloé del Golfo de Ancud (com. telef. Sra. Georgina González, Jefe Laboratorio de Bromatología, Servicio de Salud Llanquihue, Chiloé y Palena).



**d. Programa de Vigilancia Epidemiológica de las Floraciones Algales Nocivas en la Jurisdicción de Llanquihue, Chiloé y Palena.**

Este programa está orientado a la vigilancia de los niveles de toxinas en mariscos para consumo humano (bivalvos, picoroco y loco) y depende del Ministerio de Salud (com. telef. Dr. Alejandro Roa, Encargado Control de Alimentos, Servicio de Salud de Puerto Montt)

**e. Programa Nacional de Vigilancia y Control de las Intoxicaciones por Marea Roja**

Este programa depende del Ministerio de Salud, siendo coordinado a nivel regional por los Servicios de Salud, con apoyo de instituciones de educación superior que posean infraestructura para la recolección de muestras (com. pers. Sra. Yanet Pizarro, Departamento de Programas del Ambiente, Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota).

### **Programas de Monitoreo Ambiental para Actividades de Acuicultura**

Considerando sólo las actividades de cultivo de recursos hidrobiológicos, el número de iniciativas de monitoreo ambiental se restringe aún más, identificándose por una parte los requerimientos voluntarios propuestos por el titular del centro de cultivo o aquéllos exigidos por la CONAMA, en el marco del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, y por otra el proyecto de Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA).

#### **a. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental**

En virtud que la autoridad ambiental competente (COREMA) debe velar por el cumplimiento de todos los requisitos ambientales aplicables a proyectos de acuicultura y que toda empresa que desee emprender proyectos de esta naturaleza debe apegarse al cumplimiento estricto de todas aquellas normas jurídicas vigentes, que están referidas a la protección del medio ambiente y a las condiciones bajo las cuales se satisfacen los requisitos aplicables a los permisos ambientales sectoriales que deben otorgar los Organos de la Administración del Estado, la presentación de estos proyectos debe ser acompañada de un estudio ambiental ya sea una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

De acuerdo con una revisión efectuada a Resoluciones Exentas emitidas por las COREMA de la Séptima a Décimo Segunda Regiones, para el periodo 1999-2000, los parámetros sujetos a monitoreo periódico para aquellos casos en que se trate de pisciculturas o cultivos con base en tierra, son principalmente los siguientes:

- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)
- Sólidos suspendidos totales
- Sólidos sedimentables
- Nitrógeno total
- Fósforo total
- Cloro residual
- Turbidez
- Oxígeno disuelto

Por lo general, se requiere el análisis de estos parámetros tanto para las aguas que ingresan al sistema de circulación como las que se descargan a través del efluente final. Eventualmente, se incluye otros parámetros como yodóforos, coliformes fecales, pH, hierro, nitritos, nitratos, amonio, entre otros.

En los casos de sistemas extensivos la situación es distinta según se trate de cultivos de mitílidos o de algas. Para el caso de instalaciones para la engordao de mitílidos, además de los compromisos voluntarios que pueda ofrecer el titular, en materia de monitoreo ambiental la COREMA exige el seguimiento en tres estaciones potencialmente expuestas más una de carácter referencial de los siguientes parámetros:

Matriz acuosa:

- Transparencia de la columna de agua (quincenal mediante disco Secchi)

Matriz sedimentaria:

- Análisis textural de los sedimentos (porcentajes de grava, arena y fango)
- Proporción de materia orgánica e inorgánica

Los requerimientos de seguimiento ambiental que solicita la autoridad ambiental para los titulares de parcelas destinadas al cultivo de algas (*Gracilaria* spp.) son técnicamente menos exigentes. De las Resoluciones revisadas, sólo en un caso la COREMA solicita la implementación de un programa de monitoreo con el fin de "verificar que el proyecto no generará impactos ambientales adversos al medio ambiente". En términos operativos, el titular debe determinar anualmente el nivel de sedimentación en el área del proyecto mediante la fijación en el sector de una barra graduada en centímetros.

Una tercera opción que se presenta en este tipo de sistemas extensivos, es el cultivo simultáneo de dos o más especies biológicamente no competitivas entre sí. Para este caso, la COREMA solicita al titular adoptar un programa de monitoreo anual que incorpore el seguimiento en cuatro estaciones (tres potencialmente expuestas más una referencial) de los siguientes parámetros:

- Proporción de materia orgánica e inorgánica
- Transparencia de la columna de agua (mediciones quincenales de disco Secchi)

Desde la Séptima Región al sur del país, los sistemas intensivos incluyen principalmente el cultivo de especies salmonídeas (salmones y truchas). Dentro de los compromisos voluntarios ambientales, algunos titulares proponen la ejecución de programas de monitoreo que involucran el seguimiento temporal de indicadores ambientales en las matrices acuosa, sedimentaria y biológica (macroinfauna bentónica). Desde la perspectiva de la COREMA, este organismo efectúa las siguientes exigencias en términos de monitoreo ambiental:

- Proporción de materia orgánica y materia inorgánica
- Porcentaje de grava, arena y fango
- Macroinfauna bentónica (número de familias por unidad de superficie (m<sup>2</sup>))

Con respecto al diseño de muestreo, esta autoridad ambiental técnicamente determina lo siguiente: las campañas de monitoreo tienen una frecuencia semestral (durante el período de máxima biomasa del cultivo y bajo condiciones de verano) y el número de de monitoreo estaciones depende de la producción del centro de cultivo (una por cada 100 ton de biomasa proyectada/año, más 2 estaciones referenciales fuera del área de influencia del cultivo).

#### **b. Reglamento Ambiental para la Acuicultura**

Más recientemente, dentro del contexto del Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA) se ha incorporado un plan de Seguimiento Ambiental tendiente a cautelar la capacidad del cuerpo de agua para sustentar la operación del centro de cultivo. Los requerimientos técnicos de este programa de monitoreo se detallan en una Resolución Acompañante al cuerpo legal y diferencia sus alcances en términos de número de estaciones, parámetros, frecuencias de muestreo y temporadas de muestreo, según se trate de sistemas de producción extensivos (SPE) o sistemas de producción intensivos (SPI).

Para el caso de aquellos centros de cultivo instalados en tierra (pisciculturas), en la misma Resolución Acompañante se indica los sitios de muestreo, período en que se efectuará la toma de muestras y los parámetros que se requiere sean caracterizados.

### **c. Programa de Monitoreo de Fitoplancton**

El Programa de Monitoreo de Fitoplancton (PMF) del Instituto Tecnológico del Salmón (INTESAL), es una iniciativa privada que se inició como una necesidad de proteger a la industria salmonera nacional frente a las floraciones de algas nocivas. El Programa se concretó en 1988 y en sus ya diez años de ejecución ha sido una herramienta de apoyo eficaz para el adecuado manejo de los peces en los centros de cultivo, cuando se presentan estas floraciones de algas.

El PMF cubre un total de 27 estaciones de monitoreo en el mar interior de la X Región y ocasionalmente en la XI Región y en lagos. El procedimiento de trabajo consiste básicamente en identificar y cuantificar las poblaciones del fitoplancton, con énfasis en las especies nocivas. Además, se recurre a información meteorológica y oceanográfica con el fin de interpretar adecuadamente los eventos y estimar los cambios en el tiempo.

El objetivo primordial del PMF es disponer de una herramienta de apoyo para un adecuado manejo de los peces en los centros de cultivo, cuando se presentan floraciones de algas y que permita evitar o disminuir los riesgos de mortalidad asociados.

Los objetivos específicos de este programa se orientan a los siguientes:

- Conocer la distribución temporal y espacial del fitoplancton, determinando las especies nocivas, épocas y sectores de mayor riesgo.
- Determinar adecuadamente los agentes causales de mortalidad y/o comportamientos irregulares en los peces para apoyar la toma de decisiones, en cuanto a ingreso de smolts, alimentación, cosecha y otras.
- Orientar y canalizar investigaciones aplicadas en materias relacionadas con las floraciones de algas nocivas.
- Tratar de lograr en el mediano plazo la determinación de pronósticos diarios locales de las floraciones de algas, en función de antecedentes históricos del programa, considerando también aspectos oceanográficos y meteorológicos.

El PMF se sustenta en función de la colaboración de las empresas asociadas con estaciones de monitoreo en sus respectivos centros de mar. En dichas estaciones se completa una ficha, en la cual se registran

datos básicos, meteorológicos y las condiciones en el mar. Las empresas asociadas colectan y envían las muestras de agua para su análisis con una frecuencia aproximada de 10 días.

De esta manera, el programa tiene una adecuada frecuencia de muestreo y posee una amplia cobertura geográfica (Figura 2.1 y Tabla 2.2), que abarca desde el sur del Archipiélago de Chiloé hasta el Seno Reloncaví, y en el sector de fiordos por el borde oriental (Estuario Reloncaví - Hornopirén). Actualmente, las estaciones de monitoreo alcanzan un número de 26 puntos de muestreo.

| Estación            | Empresa            | Jefe Centro        | Comuna         |
|---------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| Santa María del Mar | Pesquera Frío Sur  | David Bravo        | Pto. Chacabuco |
| Punta Paula         | Salm. Pacífico Sur | Mauricio Arcos     | Quellón        |
| Is. Cailín          | Cultivos Yadrán    | Larry Sanchez      | Quellón        |
| Compu               | Salm. Mainstream   | James Barraza      | Quellón        |
| Teupa               | Salm. Mainstream   | Jorge Gaez P.      | Chonchi        |
| Aldachildo          | Marine Harvest     | Denis Espinoza     | Chonchi        |
| Chalihue            | Salmones Tecmar    | Enrique Díaz       | Chonchi        |
| Linlino             | Salm. Mainstream   | Patricio Figueroa  | Chonchi        |
| Llingua             | Mares Australes    | Juan Haro          | Achao          |
| Calen               | Salm. Mainstream   | Claudio Andrade    | Dalcahue       |
| Curbita             | Marine Harvest     | Alejandro Vásquez  | Quemchi        |
| Tubildad            | Salm. Mainstream   | Osman Salas        | Quemchi        |
| Linao               | Salmoamérica       | Javier Baeza       | Ancud          |
| Codihue             | Mares Australes    | Marcos Roa M.      | Calbuco        |
| Chidhuapi           | Aguas Claras S.A.  | Adolfo Muñoz       | Calbuco        |
| Calbuco             | Mares Australes    | Victor Vargas      | Calbuco        |
| Is. Huar            | Pesq. Eicosal      | Pedro Almonacid    | Puerto Montt   |
| Huenquillahue       | Robinson Crusoe    | Eduardo Retamales  | Puerto Montt   |
| Chaparano           | Salm. Multiexport  | Emilio Mercado     | Puerto Montt   |
| Cajón               | Pesq. Eicosal      | Bonnie Reyes       | Puerto Montt   |
| Cochamó             | Aguas Claras S.A.  | José Luis Avendaño | Cochamó        |
| Llancahue/Cholgo    | Ventisqueros S.A.  |                    | Río Negro      |
| P. Sur / P. Norte   | Ventisqueros S.A.  |                    | Río Negro      |
| Leptepu             | Fiordo Blanco S.A. |                    | Palena         |
| Fiordo Largo        | Fiordo Blanco S.A. |                    | Palena         |

**Tabla 2.2.**  
Estaciones del Programa de Monitoreo de Fitoplancton y empresas que participan en esta iniciativa. Fuente: [www.salmonchile.cl](http://www.salmonchile.cl)

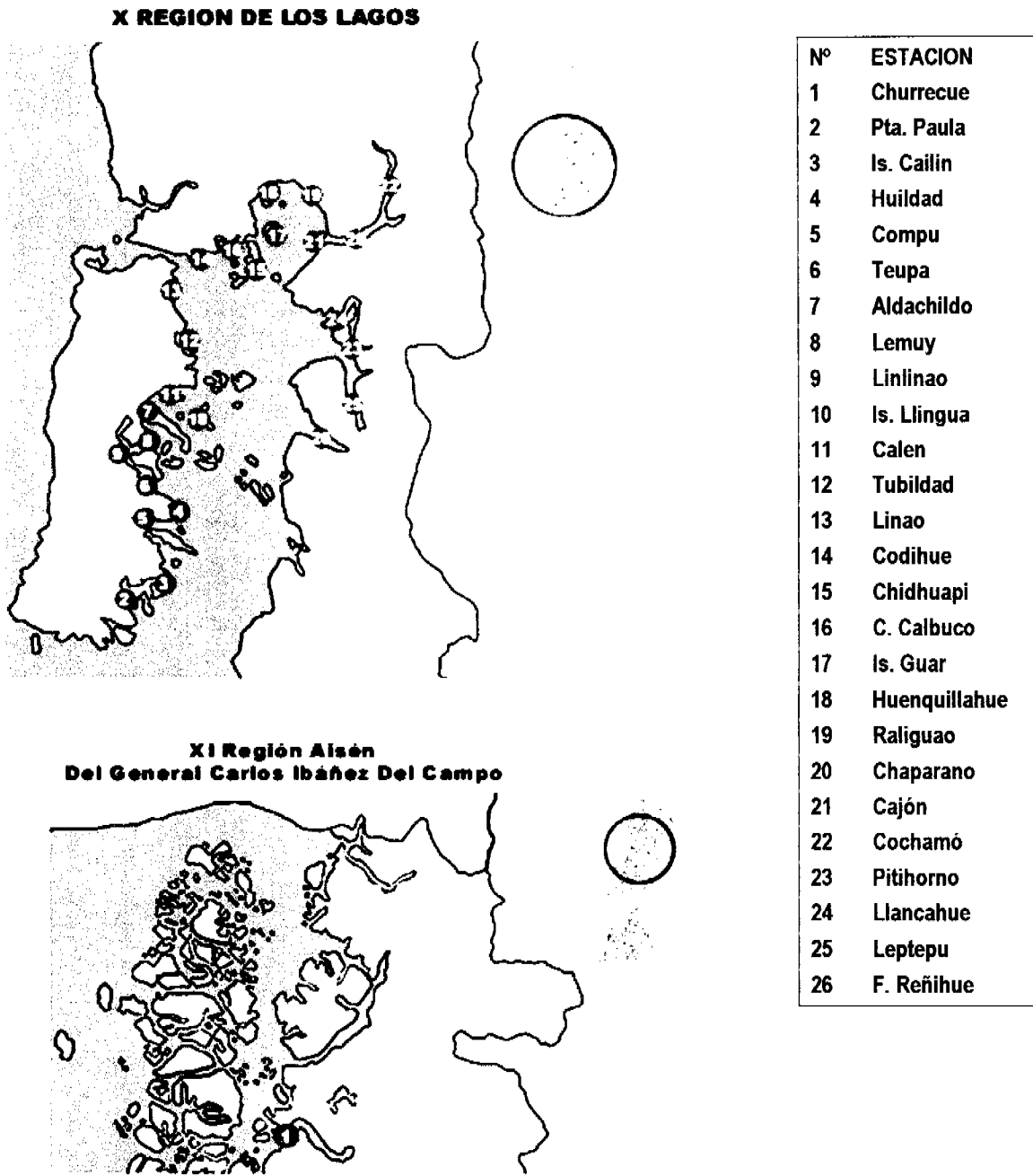


Figura 2.1. Distribución de las estaciones de muestreo del Programa de Monitoreo de Fitoplancton (Fuente: [www.salmonchile.cl](http://www.salmonchile.cl)).

Una vez recepcionadas las muestras se analizan en el microscopio, identificando las especies presentes y cuantificando las respectivas abundancias o concentraciones fitoplanctónicas. Las algas que han causado floraciones relevantes y/o ciertos efectos negativos y mortalidades en salmónidos en los centros del sur de Chile principalmente son:

| <b>Especie</b>                | <b>Grupo taxonómico</b> | <b>Tipo de Daño</b> |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------|
| <i>Heterosigma akashiwo</i>   | Rafidoficea             | Químico             |
| <i>Prorocentrum micans</i>    | Dinoflagelado           | Físico ?            |
| <i>Alexandrium catenella</i>  | Dinoflagelado           | Químico             |
| <i>Chaetoceros convolutus</i> | Diatomea                | Físico              |
| <i>Leptocylindrus minimus</i> | Diatomea                | Físico              |
| <i>Leptocylindrus danicus</i> | Diatomea                | Físico              |
| <i>Dictyocha speculum</i>     | Silicoflagelado         | Físico              |
| Cyanobacterias (lagos)        | Algas verde-azules      | Químico             |
| <i>Gymnodinium</i> sp.        | Dinoflagelado           | Químico             |

Fuente: INTESAL (com. personal)

Con respecto a los parámetros que se analizan, estos son los siguientes:

- Temperatura superficial
- Transparencia o lectura de disco Secchi
- Salinidad

Los datos son ingresados en un computador personal usando una base de datos Clipper y posteriormente procesados en planillas electrónicas.

#### **d. Programa Oceanográfico y Ambiental en Salmónidos (POAS)**

Este programa se centra en analizar aquellos parámetros, acciones y gestión oceanográfica y ambiental que apoyen a la actividad y permitan cumplir también con las futuras normativas ambientales de la actividad. Se excluye de este análisis y programa aquellos factores relacionados con patologías microbianas y de la gestión del personal. Los antecedentes que se exponen corresponden a una presentación efectuada por el Sr. A. Clément en las Cuartas Jornadas de Acuicultura (Clément *et al.*, 2000).



La meta de este programa es generar la información necesaria para minimizar y controlar los riesgos y pérdidas de biomasa, alimento, entre otras y simultáneamente disminuir el impacto ambiental negativo.

Como objetivo se proyecta para apoyar la planificación y el proceso de toma de decisiones relacionadas con la operación y producción de centros de cultivos, en base a un programa de observación sistemático y de análisis de variables oceanográficas y ambientales.

Este programa cubre aspectos meteorológicos que consideran básicamente la velocidad del viento y precipitaciones. Ambos parámetros se valoran para calificar la condición meteorológica en función de una escala que incluye las siguientes categorías: "mala", "de alto riesgo", "de riesgo" y "buena".

Con respecto a los aspectos oceanográficos, este programa incluye batimetría, monitoreo y mitigación de algas nocivas, información de corrientes, estado del sedimento (evaluación periódica del bentos) y variaciones por jaula en un módulo de condiciones oceanográficas.

Actualmente, el programa se encuentra en ejecución en varias empresas salmoneras en centros de mar y en el corto tiempo se implementará en algunos centros de lagos.

#### **e. Aquatoxsal**

##### **Objetivos**

- Generación de un modelo predictivo para determinar los efectos de la actividad acuícola en ambientes marinos.
- Conocer el estado actual del medio marítimo.
- Evaluar los efectos de las sustancias disueltas en el ecosistema marino en la floración de plancton.
- Evaluar los efectos de la radiación ultravioleta en la mareas rojas de la Región de Magallanes

La preocupación por mantener las aguas más puras del mundo para el desarrollo de la salmonicultura es una de las áreas de mayor relevancia para el Intesal, por eso participa como ente coordinador en Chile, del proyecto de investigación oceanográfica y ambiental Aquatoxsal, financiado por la Unión Europea, en

donde trabajan científicos chilenos, argentinos, franceses y alemanes. Junto al INTESAL participan el IFREMER del Centro de Brest, de Francia; el Institute for Meereskunde de la Universidad de Kiel, de Alemania; el Instituto de Fomento Pesquero, a través de sus sedes en Puerto Montt y Punta Arenas; el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero de Argentina y la Universidad Austral de Chile.

#### **f. Seguimiento de la toxicidad en recursos pesqueros de importancia comercial en la X y XI regiones**

##### **Objetivos**

- Realizar un seguimiento de la toxina paralizante (VPM) y diarreica (VDM) en diversos recursos pesqueros.
- Determinar las especies que constituyen transvectores de estas toxinas

Debido a la presencia en la XI Región de las mareas rojas y las nuevas medidas exigidas para la exportación de productos pesqueros provenientes de la X y XI Regiones. El proyecto se desarrolló durante 1997 y parte de 1998, emitiendo el Intesal un último informe en junio de este año. Los monitoreos en la XI Región estaban a cargo de la UACH, mientras que el Intesal se ocupaba de la X Región. Los resultados están siendo revisados actualmente por el Fondo de Inversiones Pesqueras, FIP.

#### **g. Programa de Vigilancia Epidemiológica y de Competitividad**

Este proyecto se gestó al interior de la industria salmonera, con financiamiento directo de la Asociación de Productores de Salmón y Trucha de Chile. Comenzó a desarrollarse en mayo de 1999 y tiene la perspectiva de perpetuarse por tiempo indefinido.

##### **Objetivos**

- Implementar un Sistema de Monitoreo que permita recoger, procesar, analizar y difundir la información de manera continua, con el objetivo de hacer un diagnóstico en tiempo-real del estado sanitario y productividad de la industria; y de detectar, priorizar y comenzar a definir problemas.
- La propuesta también considera una serie de acciones, como por ejemplo, respuesta a brotes o emergencias, estudios proactivos, difusión de información a las empresas, estandarización de laboratorios diagnósticos, aspectos de alimentación, inspección del manejo sanitario, etc.

- El factor decisivo en el éxito de esta propuesta es la información. En la medida que los flujos sean dinámicos y transparentes, el INTESAL podrá aportar resultados tremendamente beneficiosos a la industria, ya que serán tratados profesional, privada e imparcialmente.
- A partir de ello se podrá realizar un diagnóstico de la situación sanitaria de la industria, para que a partir de éste se decidan las acciones más adecuadas para superar los problemas productivos que puedan existir.

### **Evaluación de las iniciativas de monitoreo ambiental a nivel nacional**

Si bien a nivel nacional existen tanto organismos estatales como privados, que actualmente están desarrollando programas de vigilancia ambiental acuáticos, estas iniciativas se encuentran orientadas a evaluar la calidad ambiental de cuerpos de agua marinos y dulceacuícolas, los cuales sustentan una multiplicidad de actividades económicas, recreativas, de investigación, entre otras.

Aunque a través del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), la CONAMA solicita a los titulares de los centros de cultivo de recursos hidrobiológicos la implementación de un programa de seguimiento ambiental, aún no existen antecedentes técnicos que sustenten criterios para validar los diseños de monitoreos actualmente vigentes.

En base a análisis de los antecedentes presentados, el estado de situación actual indica que se requiere diseñar una programa de vigilancia ambiental estructurado en base a indicadores estrechamente relacionados con las actividades de acuicultura, mediante los cuales se pueda evaluar el grado de impacto que ejercen este tipo de actividades sobre los cuerpos de agua marinos y dulceacuícolas que sustentan sistemas de producción intensivos y extensivos.

### **2.2.3. Análisis de la experiencia extranjera en monitoreo ambiental**

Varios países están diseñando e implementando programas de monitoreo ambiental en respuesta al creciente reconocimiento de la existencia de problemas ambientales asociados con el calentamiento global, precipitaciones ácidas, disminución del ozono atmosférico, contaminación atmosférica y acuática, pérdida de la biodiversidad y disminución de las cosechas.

Iniciativas conducentes a un continuo mejoramiento y expansión de los programas de monitoreo, a nivel nacional e internacional, son necesarias para reunir una mejor calidad de información relativa a la extensión y severidad de estos problemas e identificar nuevos problemas antes que estos alcancen proporciones críticas.

Programas a escala nacional están siendo desarrollados por Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Holanda, China, Méjico, los países de la Comunidad Económica Europea y otros. Entre aquellos programas de monitoreo bien diseñados, que actualmente están en ejecución se encuentran los siguientes:

- Integrated Monitoring Program (IMP) of United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)
- United Kingdom's Environmental Change Network (ECN)
- Canadian Environmental Monitoring and Assessment Network (EMAN)
- Wadden Sea Trilateral Monitoring and Assessment Program (TMAP)

#### **IMP**

El Integrated Monitoring Program de la UNECE (United Nations Economic Commission for Europe, 1993) originalmente fue diseñado para encarar problemas de dispersión a gran escala de contaminantes atmosféricos sobre el continente y evaluar los efectos de este tipo de contaminates sobre el ambiente. La red consiste de 58 sitios de monitoreo distribuidos a través de 30 países, esperándose que a futuro se incremente el número de naciones participantes. Suecia está a cargo de la coordinación de esta red de monitoreo, mientras que Finlandia tiene la responsabilidad de manejo de los datos que se generan. Aunque la meta original estaba

orientada sobre contaminación aérea y precipitación atmosférica, recientemente ha evolucionado hacia un programa de monitoreo ambiental de mayor envergadura. Los sitios de monitoreo son pequeños cuerpos de agua que ocupan extensiones menores a unos pocos kilómetros cuadrados ("watersheds"). Los parámetros que se miden incluyen ingresos vía precipitación atmosféricas y egresos a través de cursos de agua superficiales, evapotranspiración y recarga de acuíferos subterráneos.

El objetivo central de este programa es monitorear el balance de masas de aquellos componentes químicos más importantes del cuerpo de agua. Además de mediciones químicas y físicas, también este programa incluye extensivos monitoreos biológicos. Una importante fortaleza de este programa es la capacidad para relacionar parámetros biológicos y ecológicos con un amplio grupo de variables físicas y químicas que son medidas simultáneamente en el mismo punto de muestreo. Este tipo de análisis provee información básica que se requiere como input para la modelación de ecosistemas.

El IMP ha modelado componentes relacionados con precipitación, hidrología, hidroquímica y biología. Estos modelos establecen vínculos entre componentes individuales del ecosistema y proveen de una poderosa herramienta para evaluar la respuesta del ecosistema a futuros cambios ambientales. Además, los modelos también proporcionan mecanismos de retroalimentación ("feed-back") al programa de monitoreo de modo que las mediciones se ajusten a nuevos escenarios o a nuevas necesidades de información.

El comité coordinador de este programa ha promocionado en forma activa la cooperación con otros países, incluyendo Estados Unidos y Canadá, para aunar los programas de monitoreo ambiental y de este modo estructurar una red de vigilancia globalizada.

## **EMAN**

En muchos aspectos, el Canadian Environmental Monitoring and Assessment Network (Royal Society of Canada, 1995) es similar al IMP de la Comunidad Económica Europea. Sin embargo, a diferencia de éste se diseñó como un programa extensivo que cubriese distintos tipos de ambientes. De este modo, su finalidad apuntó a incrementar el conocimiento y la comprensión

sobre la función de los ecosistemas, de manera que aportase información para mejorar el manejo de los recursos naturales. Mediante este programa se está estableciendo una red de estaciones a través de Canadá, que se estructuran en base a programas e infraestructura ya existentes. Este enfoque es similar al que está siendo propuesto para establecer una red de monitoreo integrado en Estados Unidos (conocido en los círculos ambientales de ese país como el "Framework"). Los sitios de monitoreo del EMAN se seleccionaron por:

- ser sensibles a influencias de índole global
- tener una alta especificidad a factores generadores de estrés
- ser representativos de grandes áreas ecológicas

Los sitios de monitoreo del EMAN se distribuyen sobre un rango de ambientes que van desde terrestres a marinos y, además, quedando representados sectores silvestres o no intervenidos, áreas de manejo y áreas degradadas. Cada sitio de monitoreo terrestre incorpora en su dominio un pequeño cuerpo de agua que proporciona información básica sobre ciclos biogeoquímicos e hidrológicos.

El diseño de este programa corresponde a uno de largo plazo ("long-term"), orientado a cubrir escalas de tiempo que van desde décadas a siglos. Este enfoque obedece a que un cambio sin precedentes podría ocurrir en el siglo 21 y de este modo se prioriza el desarrollo de indicadores de cambio de alerta temprana.

## **ECN**

En 1972, se dio inicio al programa United Kingdom's Environmental Change Network (National Environmental Research Council, 1994), que consiste en una red de monitoreo ambiental integrada que fue diseñada para:

- identificar y cuantificar factores ambientales naturales y antrópicos
- distinguir fluctuaciones de corto plazo de tendencias a largo plazo
- predecir futuros cambios

Actualmente, la red consiste de 50 sitios distribuidos a través de Inglaterra, Escocia, Gales e Irlanda del Norte. Los sitios, terrestres y dulceacuícolas, se distribuyen desde zonas altas a

Estados Unidos está desarrollando e implementando un programa de monitoreo ambiental nacional, que se analiza con mayor detalle a continuación.

### **National Environmental Monitoring Framework**

Este país posee miles de organizaciones que operan programas de monitoreo de calidad de agua y otros proyectos de envergadura nacional sobre el tema. Según la información disponible más reciente citada en el documento "Clean Water Action Plan: coastal research and monitoring strategy" (EPA, 2000), a nivel nacional y regional en este país se han realizado tres iniciativas para evaluar el estado de programas de monitoreo actualmente en desarrollo:

- Integrating the nation's environmental monitoring and research networks and programs (NSCT, 1997)
- Setting a new course for coastal ocean science (NSTC, 1995)
- Ocho informes regionales del Regional Marine Research Program

El primero de ellos (NSCT, 1997) compara más de 30 programas de monitoreo ambiental y redes de investigación a nivel federal. En este estudio se contrasta los métodos de recolección, estaciones, intervalos de muestreo (periodicidad), diseños de muestreo, datos disponibles, participantes, autoridades y usuarios. En la segunda iniciativa (NCST, 1995) se efectuó un inventario sobre programas federales de naturaleza científica efectuados para el océano costero, relacionando categorías de esfuerzo científico, regímenes ambientales del océano costero y desarrolló una matriz para visualizar la orientación de los programas de investigación, identificando discontinuidades y nuevos enfoques sobre el tema. Por otra parte, cada uno de los ocho informes señalados, da a conocer inventarios comprensivos y en algunos casos bases de datos, detallando el estado de avance a nivel federal, estatal y esfuerzos académicos en sus respectivas regiones.

En el contexto histórico de los estudios ambientales de este país, en muchas ocasiones se han coordinado esfuerzos para articular las necesidades de investigación de ambientes costeros y los programas de monitoreo ambiental. Tras 25 años de variados procesos de revisión sobre la protección ambiental de Estados Unidos, se ha reconocido que se necesita de un conocimiento más comprensivo y coherente

sobre el estado del medio ambiente. En uno de los últimos informes que evalúa el programa ambiental de los Estados Unidos, se identificaron muchas deficiencias específicas, entre las cuales cabe señalar:

- Aún cuando ocurren miles de cierres de playas, actualmente no existen monitoreos de escala nacional o procesos informativos consistentes que los avalen.
- No existe un monitoreo a nivel nacional sobre las condiciones conducentes a la eutrofización costera, aún cuando la mitad de los estuarios evidencian problemas relacionados con déficit de oxígeno.
- Si bien a nivel estatal se aprecia la ocurrencia de blooms de algas nocivas, enfermedades de peces o presencia de patógenos, no se está realizando a nivel nacional un monitoreo de la frecuencia o extensión de estos eventos.
- No se está realizando ningún esfuerzo sistemático para cuantificar la extensión geográfica y fragmentación de las praderas salobres, praderas marinas, arrecifes de coral y otros importantes hábitats para aquellas especies de importancia económica o ecológica, aún cuando existen regulaciones legislativas para proteger y restaurar estos hábitats.
- No existen programas sistemáticos para monitorear la pérdida de especies, cambios en la mezcla de especies o tasas de invasión por especies exóticas, aún cuando se sabe que estos aspectos se constituyen en una amenaza creciente para los ecosistemas y para la economía nacional.

En vista que los actuales programas de monitoreo no aportan datos que permitan integrar información proveniente de múltiples tipos de recursos naturales, a distintas escala de espacio y tiempo, tendientes a desarrollar políticas basadas sobre el estado de conocimiento actual que se dispone de los procesos que afectan los ecosistemas, el advenimiento de nuevos desarrollos científicos y tecnológicos proporcionan nuevas oportunidades para obtener y organizar datos, expandiendo enormemente las capacidades actuales que tienen las distintas agencias ambientales de Estados Unidos, al converger las misiones de cada una de ellas dentro de un plan común.

Además, con las actuales restricciones fiscales que afectan a todos los niveles del Gobierno, la cooperación entre distintas agencias es esencial para el éxito a largo plazo de cualquier programa que se esté realizando en forma individual

Para el año fiscal 1995, el presupuesto federal destinado a investigación de recursos naturales y de tipo ambiental totalizó más de 5 billones de dólares. De este monto, alrededor de 650 millones de dólares se destinaron a casi 30 programas de investigación y de monitoreo ambiental de tipo federal. Aunque los programas asociados, actividades y redes fueron establecidos en respuesta a una legislación específica



tierras bajas y desde páramos a praderas, incluyendo ríos y lagos de variada extensión. Las variables medidas corresponderían a aquellas que tienen mayor influencia sobre los cambios ambientales y es probable que las variables ecosistémicas respondan o sean sensibles a tales cambios, incluyendo clima, calidad del aire, calidad y flujo de agua, química y desarrollo del suelo, vegetación, vertebrados e invertebrados.

Las metas de esta red integral de monitoreo son:

- disponer de un conjunto comparable de datos de largo plazo para aquellas variables ambientales relevantes que puedan ser empleadas para distinguir cambios inducidos por el hombre de aquéllos de origen natural
- identificar y cuantificar cambios ambientales asociados con actividades humanas
- alertar sobre efectos indeseables

Los sitios del ECN son operados por un consorcio de más de 15 organizaciones patrocinantes, mientras que la red es administrada por el National Environmental Research Council (NERC). El ECN proporciona a los investigadores un rango de sitios representativos donde existe una buena disponibilidad de instrumentación y equipos para ser utilizados como una plataforma de investigación ambiental. A su vez, el ECN se encuentra relacionado con otros estudios prospectivos que integran percepción remota o monitoreos directos. Actualmente, el ECN mantiene vínculos con el IMP y con el programa ambiental canadiense (EMAN).

## **TMAP**

El Wadden Sea Trilateral Monitoring and Assessment Program (Common Wadden Sea Secretariat, 1995) es un esfuerzo cooperativo que involucra a países como Dinamarca, Alemania y Holanda. A principios de 1990, con la documentación ambiental disponible sobre el Mar de Wadden (Quality Status Reports of the Wadden Sea) fue posible identificar la carencia de información básica sobre el ecosistema del Mar de Wadden, como así también la necesidad de disponer de una mayor cantidad de datos ambientales. Se identificó importantes problemas en la obtención y manejo de los datos; se presentaban diferencias en los métodos de muestreo aplicados para la recolección de los datos y éstos últimos estaban siendo almacenados en distintos lugares y bajo diferentes formatos.

Esta situación condujo a que en 1994 se estableciera el TMAP. Este programa combina las actividades de investigación de ecosistemas con el monitoreo de un amplio conjunto de parámetros físicos, químicos, biológicos y socioeconómicos, que aportan información sobre el desarrollo del ecosistema en la dimensión espacial y temporal. Los temas más importantes que cubre este programa son:

- cambio climático
- ingreso de nutrientes, metales pesados, contaminantes orgánicos y desechos sólidos
- pesquerías comerciales
- recreación
- respuesta de las comunidades de las praderas marinas a las prácticas de agricultura

Todos los componentes del programa de investigación y monitoreo se integran en una estructura común para la obtención, procesamiento e intercambio de datos. El monitoreo cubre distintos ambientes e incluye mediciones de los agentes forzantes del cambio ambiental y de los sistemas ecológicos que responden a aquellas variables.

Además de los programas descritos anteriormente, se han realizado esfuerzos internacionales, tales como el Global Terrestrial Observing System (GTOS) y la iniciativa asociada conocida como el Global Ocean Observing System (GOOS), que están siendo diseñadas como parte del International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP). Estos dos programas (GTOS y GOOS) han incorporado muchos de los temas señalados para los monitoreos descritos, incluyendo el desarrollo de criterios para la ubicación y caracterización de sitios, y listas de las variables que sirven como indicadores de importantes propiedades ambientales y biológicas (Turgeon, 1995; Heal *et al.*, 1993)

La estructura en común para conectar estos monitoreos y programas de investigación internacionales responde a la necesidad para integrar todas las facetas que exhibe el medio ambiente (yendo desde los agentes que fuerzan los cambios a los sistemas que responden a éstos a distintas escalas temporales y espaciales) y al desafío para desarrollar bases de datos de largo plazo (décadas a siglos). Cada uno de los programas señalados reconoce la necesidad de aplicar métodos que provean datos interoperables (estandarizados) y la necesidad para un sistema de manejo de la información que proporcione un fácil acceso a todos los usuarios. Aprovechando la experiencia acumulada de muchos de estos programas,

sobre eventos y recursos en particular, todos ellos pueden ser integrados en una forma más eficiente a fin de proporcionar la información requerida para un manejo efectivo de los ecosistemas.

En esta senda, las autoridades ambientales de este país están desarrollando una estrategia conceptual ("Framework") a nivel nacional para integrar los diversos esfuerzos institucionales, de modo que se establezcan equipos integrados por distintas organizaciones a nivel nacional, interestatal, estatal o tribal, para que de esta forma se organicen asociaciones de mutua colaboración.

Una visión integral como la señalada proporciona un campo propicio para articular la ciencia y las políticas ambientales, y de este modo facilitar el diseño para una investigación y estrategia de monitoreo adecuadas. Un enfoque de este naturaleza permite documentar el estado y tendencias en las condiciones ambientales, evaluar las causas y consecuencias de aquellos cambios y analizar los impactos ambientales y económicos de las alternativas políticas implementadas para tratar con estos cambios. Para ser efectivo dentro de este contexto, los esfuerzos de monitoreo e investigación deben ser diseñados para cumplir con estos tres preceptos, como así también para evaluar la efectividad de las medidas de manejo.

Una premisa fundamental de esta estrategia parte de la base que ningún diseño de muestreo puede proveer de una manera eficiente toda la información necesaria para evaluar las condiciones ambientales y guiar las políticas de toma de decisiones. Los planes de monitoreo existentes y programas de investigación relacionados están diseñados con una orientación para un tema en particular y las metas programáticas a menudo se basan sobre mandatos legislativos específicos. Este enfoque programa-específico dificulta relacionar programas regionales o temáticos específicos con una evaluación integrada de la calidad ambiental, ya sea a nivel regional o nacional.

Debido a que estos programas se focalizan sobre distintos tipos de recursos, usan distintos métodos y tienen diferentes escalas de resolución espacial y temporal, ha sido difícil para las agencias ambientales estadounidenses combinar programas o proveer una evaluación nacional integrada de las condiciones ambientales. De hecho, como lo señala The Environmental Monitoring Team (NSTC, 1997), realmente nunca se ha anticipado un problema ambiental ni se ha dispuesto de un conjunto de datos para evaluar la situación después que haya ocurrido.

La tarea de desarrollar un programa de gran alcance para monitorear y predecir los ecosistemas es extremadamente compleja. Comprender la condición del ambiente es difícil ya que el entorno natural posee muchos componentes que interactúan entre sí (*i.e.* agua, suelo, aire, plantas y animales) los cuales son afectados por una variedad de condiciones físicas.

Una evaluación preliminar de la distribución de los programas a nivel nacional, demuestra la dispersión espacial y temporal que existe en los programas de monitoreo ambiental más importantes que operan en Estados Unidos (Figura 2.2). La relación esperada entre el número de sitios y la frecuencia de mediciones es claramente evidente. Los programas se concentran básicamente en tres grupos que se encuentran están relacionados por su frecuencia de mediciones. El primer grupo de programas (sector inferior derecho), incluye mediciones realizadas en miles o más sitios con una periodicidad de varios años o más. El segundo grupo (mitad derecha), corresponde a mediciones que se realizan con una frecuencia semanal a mensual en cientos a miles de sitios. El tercer grupo (sector superior izquierdo) incluye unos pocos sitios de investigación con muchas mediciones efectuadas a intervalos de una hora o menos.

Una debilidad que no está explícitamente revelada en esta distribución, se relaciona con la carencia de alguna integración significativa entre los sitios estudiados intensivamente (sector superior izquierdo) y los inventarios y prospecciones nacionales (sector inferior derecho). En general, estos programas no están físicamente ubicados y ellos no integran o usan métodos comparables para las variables medidas habitualmente. Los sitios intensivamente monitoreados a menudo son inadecuados para determinar la condición y tendencia en el recurso, mientras que los inventarios y estudios prospectivos no están diseñados para determinar las causas y efectos, o para relacionar la información que proporcionan con los sitios intensivamente monitoreados. Aunque la mayoría de éstos últimos no fueron diseñados ni ubicados con un enfoque de monitoreo ambiental integrado, tienen un gran potencial para aumentar el valor de los sitios y de los inventarios, si es que las estaciones de muestreo son ubicados bajo una disposición organizada.

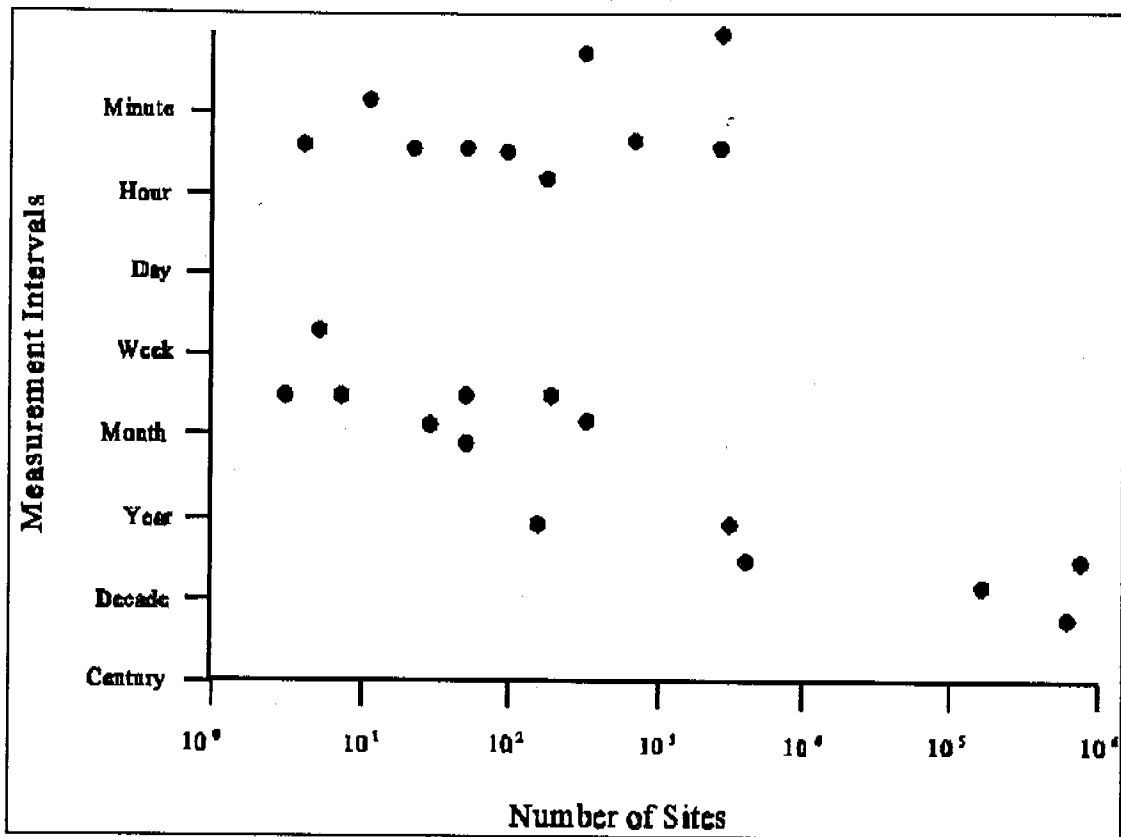


Figura 2.2. Número aproximado de sitios e intervalos de medición para prospecciones federales, monitoreos y programas de investigación de relevancia nacional (NSCT, 1997).

### Diseño

Una estructura conceptual que efectivamente oriente las múltiples escalas y procesos del ambiente puede ser organizado en buena parte en base a métodos que han sido diseñados para vigilar distintos aspectos del ambiente en la forma más efectiva posible. Las restricciones logísticas imponen limitantes inherentes entre el número de variables que pueden ser medidas, la frecuencia con que éstas pueden ser mensuradas y el número de sitios involucrados. Estos impedimentos conducen a la formulación de una estructura jerárquica para un programa de monitoreo, que puede ser representado mediante un triángulo (Figura 2.3), cuya base aloja aquellas mediciones que pueden ser efectuadas en el mayor número de sitios.

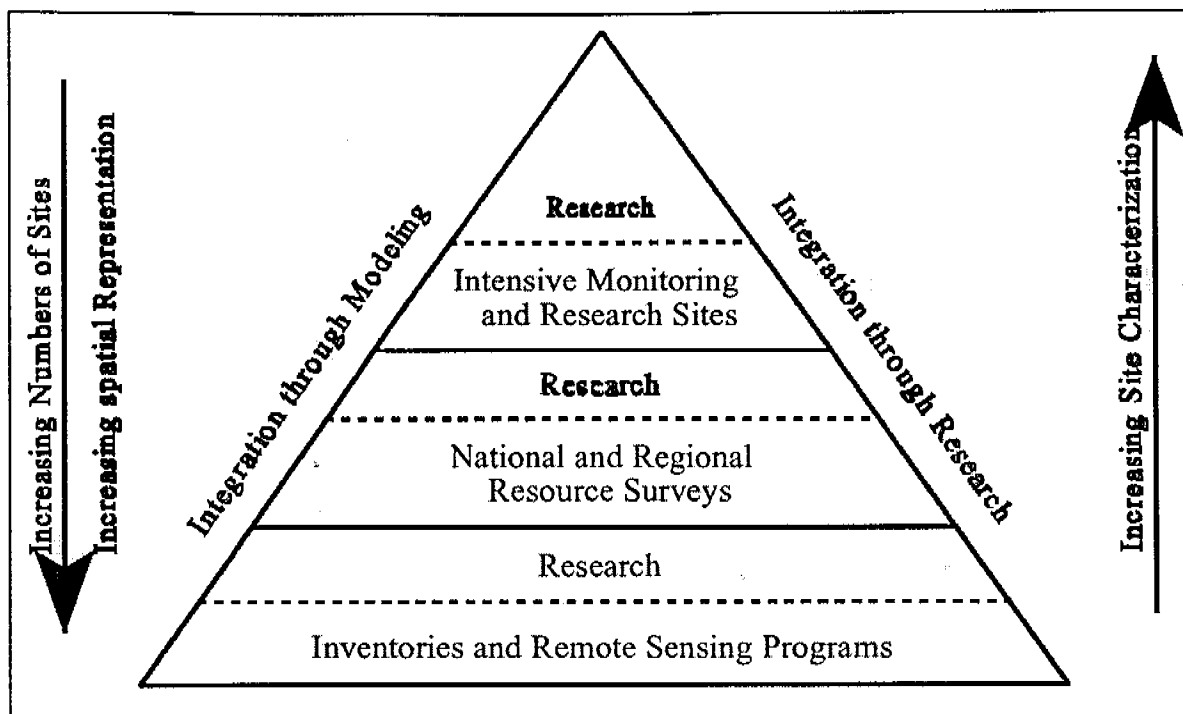


Figura 2.3.. Estructura conceptual para ejecutar las múltiples metas propuestas para investigación y monitoreo ambiental. (NSTC, 1997)

Según la NSTC (1997), los distintos tipos de monitoreo representados dentro de esta estructura pueden ser divididos en base a un enfoque tripartito integrado ("three-tiered approach"):

- a. en la base del triángulo (Nivel 1), aquéllos que caracterizan propiedades específicas de grandes zonas mediante mediciones espacialmente intensivas y simultáneas realizadas mediante el muestreo de una región completa,
- b. en la mitad del triángulo (Nivel 2), aquéllos que caracterizan propiedades específicas de grandes regiones mediante el muestreo de un sector (subconjunto) de la región, y
- c. en el ápice del triángulo (Nivel 3), aquéllos que se enfocan sobre propiedades y procesos de sitios específicos.

**Nivel 1 ("Tier 1"). Inventarios y Programas de Percepción Remota.** Se basa en métodos que pueden medir propiedades específicas en forma simultánea y uniforme a través de grandes regiones. Estos programas típicamente usan sensores montados sobre satélites o aeroplanos para detectar estas propiedades, como por ejemplo cobertura de nubes, cobertura vegetacional y tipos de suelo, temperatura del mar y pueden ser usados para reconocimientos discretos (*i.e.* una sola vez) o para monitoreo continuo.

| Nombre del Programa                       | Acrónimo | Agencia       |
|---|----------|---------------|
| Coastal Change Analysis Program           | C-CAP    | NOAA          |
| Coastal Ocean Program                     |          | NOAA          |
| Gap Analysis Program                      | GAP      | NBS           |
| Multiple Resolution Land Characterization | MRLC     | EPA/USGS/NBS  |
| National Weather Service                  |          | NOAA          |
| National Wetlands Inventory               | NWI      | FWS           |
| National Soil Survey                      |          | NRCS          |
| LANDSAT                                   |          | NASA          |
| Total Ozone Monitoring System             |          | NSA           |
| Defense Meteorological Satellite Program  |          | DOD/Air Force |

**Nivel 2 ("Tier 2"). Prospecciones Nacionales y Regionales de Recursos.** Están diseñados para caracterizar propiedades específicas de una región mediante el muestreo de un subconjunto del área total, en vez de recolectar muestras en toda la región. Estos programas típicamente se diseñan para recursos específicos o eventos ambientales y pueden cubrir todo el país o sólo la región donde un evento específico es importante. La integración entre los Niveles 1 y 2 puede ayudar a identificar cambios en el ambiente detectados por percepción remota, pero generalmente no puede indicar por qué ha ocurrido un cambio específico. Estos dos niveles son esenciales para cuantificar la extensión, distribución, condición y tasa de cambio de propiedades ambientales específicas, como así también para comprender los procesos que ocurren sobre grandes extensiones.

| Nombre del Programa  | Acrónimo   | Agencia       |
|--|------------|---------------|
| Breeding Bird Survey   | BBS        | DOI/NBS       |
| Clean Air Status and Trends Network                                  | CASTNET    | Interagencias |
| Environmental Monitoring and Assessment Program                      | EMAP       | EPA           |
| Forest Inventory and Analysis Program                                | FIA        | USDA/USFS     |
| Forest Health Monitoring Program                                     | FHM        | USDA/USFS     |
| National Air Monitoring System/State and Local Air Monitoring System | NAMS/SLAMS | EPA           |
| National Atmospheric Deposition Program/National Trends Network      | NADP/NTN   | Interagencias |
| National Marine Fisheries Service Stock Assessments                  | ---        | NOAA          |
| National Resources Inventory   | NRI        | USDA/NRCS     |
| National Status and Trends Program                                   | NS&T       | NOAA          |
| National Stream Gaging Network                                       | NSGN       | DOI/USGS      |
| Protochemical Air Monitoring Stations                                | PAMS       | EPA           |
| Remote Automated Weather Stations                                    | RAWS       | USDA/NRCS     |
| SNOpack TELelemetry  | SNOTEL     | USDA/NRCS     |

**Nivel 3 ("Tier 3") Monitoreo Intensivo y Sitios de Investigación Intensiva.** Típicamente provee un mayor número de propiedades y una mayor frecuencia que los Niveles 1 y 2, aunque en un menor número de sitios. La característica crítica de este nivel es que todas aquellas causas de cambio ambiental potencialmente importantes se miden en los mismos sitios donde las respuestas de interés ambiental para la sociedad también son registradas. Este nivel es esencial para comprender procesos que ocurren a escala local, para integrar los efectos de múltiples procesos, para comprender las causas de los cambios detectados en los Niveles 1 y 2, y para desarrollar y probar modelos predictivos de respuesta ambiental.

Las mediciones a este nivel también proveen información para determinar el nivel de incerteza asociado con resultados obtenidos mediante inventarios, estudios de percepción remota y predicciones del modelo.

| Nombre del Programa                                | Acrónimo                 | Agencia        |
|--|--------------------------|----------------|
| Acid Rain Watersheds                               | ---                      | DOI/USGS       |
| Atmospheric Integrated Research Monitoring Network |                          | NOAA           |
| ARS Experimental Watersheds                        | ARS Water database       | USDA/ARS       |
| Coastal Ocean Program                              | NOAA COP                 | NOAA           |
| Experimental Forests and Ranges                    | Forest Serv Experimental | USDA/USFS      |
| Long-Term Ecological Research                      | LTER                     | NSF            |
| Land Margin Ecosystem Research                     | LMER                     | NSF            |
| MAB Biosphere Reserves                             | MAB                      | Interagencias  |
| National Environmental Research Parks              | NERP                     | DOE            |
| National Estuarine Research Reserve System         | NOAA NERRS               | NOAA           |
| National Marine Sanctuary Program                  | NOAA NMSP                | NOAA           |
| National Park Ecosystem Monitoring Program         | NPEMP                    | DOI/NPS y USGS |
| National Park Global Change Research Program       |                          | DOI/NPS y USGS |
| National Park Watershed Research Program           |                          | DOI/NPS y USGS |
| National Surface Water Quality Network             |                          | DOI/USGS       |
| National Water Quality Assessment Sites            | USGS NAWQA               | DOI/USGS       |
| National Stream Quality Accounting Network         | NASQAN                   | USGS           |
| Research Natural Areas                             |                          | USDA/USFS      |
| USGS Benchmark Program                             | USGS Benchmark           | USGS           |
| USGS Research Watersheds                           |                          | USGS           |
| Water, Energy and Biogeochemical Budgets           | USGS WEBB                | DOI/USGS       |

A continuación se describen aquellos programas de monitoreo acuáticos más relevantes que actualmente se están desarrollando en Estados Unidos.

### Environmental Monitoring and Assessment Program (EMAP)

El Programa

El EMAP es un programa de investigación diseñado para desarrollar las herramientas necesarias conducentes al monitoreo y evaluación del estado y tendencias que exhiben los recursos naturales de ese país. La meta del EMAP es monitorear la condición de los recursos ecológicos de la nación para evaluar la gestión de las actuales políticas y programas, e identificar problemas emergentes antes que éstos se hagan más extensivos o irreversibles. La investigación del EMAP se apoya en la National Environmental Monitoring Initiative (NEMI) del Committee on Environment and Natural Resources (CENR).



## Objetivos

Los objetivos son incrementar el conocimiento científico relativo al monitoreo ecológico y a la evaluación de riesgo ambiental, orientar el monitoreo a nivel nacional sustentado en un adecuado conocimiento científico sobre la integridad y dinámica de los ecosistemas, y demostrar la utilidad de la estructura conceptual del CERN mediante la implementación de grandes proyectos regionales. En un futuro EMAP desarrollará y demostrará la utilidad de indicadores para vigilar la condición de los recursos ecológicos. Además, investigará nuevos diseños para orientar la adquisición y el análisis de datos obtenidos a distintas escalas.

## Organización

Desde 1989, este programa ha evaluado constantemente su progreso mediante las recomendaciones que se han efectuado a través de 20 informes de evaluación. Como resultado de las revisiones efectuadas al desarrollo de este programa durante sus primeros seis años, EMAP ha redefinido la estructura de sus componentes. Los componentes Information Management y Working Group proveen de la infraestructura necesaria a EMAP para llevar a cabo su misión. Los componentes restantes forman parte de una red de monitoreo nacional que EMAP está desarrollando.

## National Status and Trends (NS&T) Program

### El Programa

En 1984, la NOAA inició este programa para determinar el estado actual y detectar cambios en la calidad ambiental de las aguas costeras y estuarinas de este país (Figura 2.4). El NS&T Program está administrado por el Center for Coastal Monitoring and Assessment (CCMA) dependiente del National Ocean Service (NOS) de la NOAA.

| NS&T Chemicals  |                              | Polyaromatic Aromatic Hydrocarbons |
|---|------------------------------|------------------------------------|
| <b>Major Elements</b>   | <b>Organic Pesticides</b>    | 2-nitro                            |
| Aluminum  | DDT and its metabolites      | Dibenzodioxin                      |
| Iron  | Aldrin                       | 1-methylpyrene                     |
| Manganese   | Dieldrin                     | 2-methylpyrene                     |
| Silica  | Chlordane                    | 2,6-dimethylpyrene                 |
| <b>Trace Elements</b>   | Heptachlor                   | 1, 6, 7-trimethylpyrene            |
| Antimony  | Nonachlor epoxide            | C-2, 6-dimethylpyrene              |
| Arsenic   | Lindane (gamma-HCH)          | 2-nitro                            |
| Calcium   | Alpha-HCH                    | Fluorene                           |
| Chromium  | Nonachlor benzene            | Fluorethene                        |
| Copper  | Tetrahydrobenzo              | 1-methylanthracene                 |
| Lead  | Mirex                        | Anthracene                         |
| Mercury   | Endosulfan                   | Acenaphthene                       |
| Nickel  | Chlorpyrifos                 | Acenaphthylene                     |
| Selenium  | Permethrin                   | Dibenzofuran                       |
| Silver  | Chlorinated benzo            | C-2, 6-dimethylpyrene              |
| Tin   | Organic chlorinated          | C-2, 6-dimethylanthracene          |
| Zinc  | <b>Related Parameters</b>    | 2-nitro                            |
| <b>Polychlorinated Biphenyls</b>  | Sediment grain size          | Fluorene                           |
| PCB congeners 8, 18, 28, 44, 62, 66, 77, 101, 105, 118, 126, 128, 136, 183, 199, 179, 180, 187, 135, 205, 209 | Sediment toxicity            | Benzo(a)anthracene                 |
| <b>Mono-, di-, tri-, and tetrahalogenated</b>   | Total organic carbon         | Benzo(b)fluoranthene               |
|   | Light                        | Benzo(k)fluoranthene               |
|   | Solubility                   | 2-nitro                            |
|   | Temperature                  | Benzo(a)pyrene                     |
|   | Conductivity                 | Benzo(a)anthracene                 |
|   | Dissolved oxygen             | 2-nitro                            |
|   | <i>Giardia parvum</i> spores | Benzo(a)anthracene                 |
|   |                              | Indol[1, 2, 3-c]pyrene             |

Figura 2.4. Parámetros considerados dentro del programa NS&T.

## Objetivos

Este programa persigue a lo menos los siguientes objetivos:

- a. Conduce monitoreos de largo de plazo de sustancias contaminantes y de otras condiciones ambientales en más de 350 sitios a lo largo de la costa de Estados Unidos
- b. Estudia en forma intensiva los efectos sobre la biota en más de 25 ecosistemas costeros
- c. Participa con otras agencias en una variedad de actividades ambientales
- d. Informa y participa en proyectos de índole local, regional, nacional e internacional relativos a evaluación y monitoreo costero

## Organización

El NS&T Program incluye varios proyectos dentro de su organización. A continuación se citan algunos de ellos y se representa la distribución de las estaciones de muestreo en el territorio estadounidense (Figuras 2.5 a 2.10).

- Benthic Surveillance Project

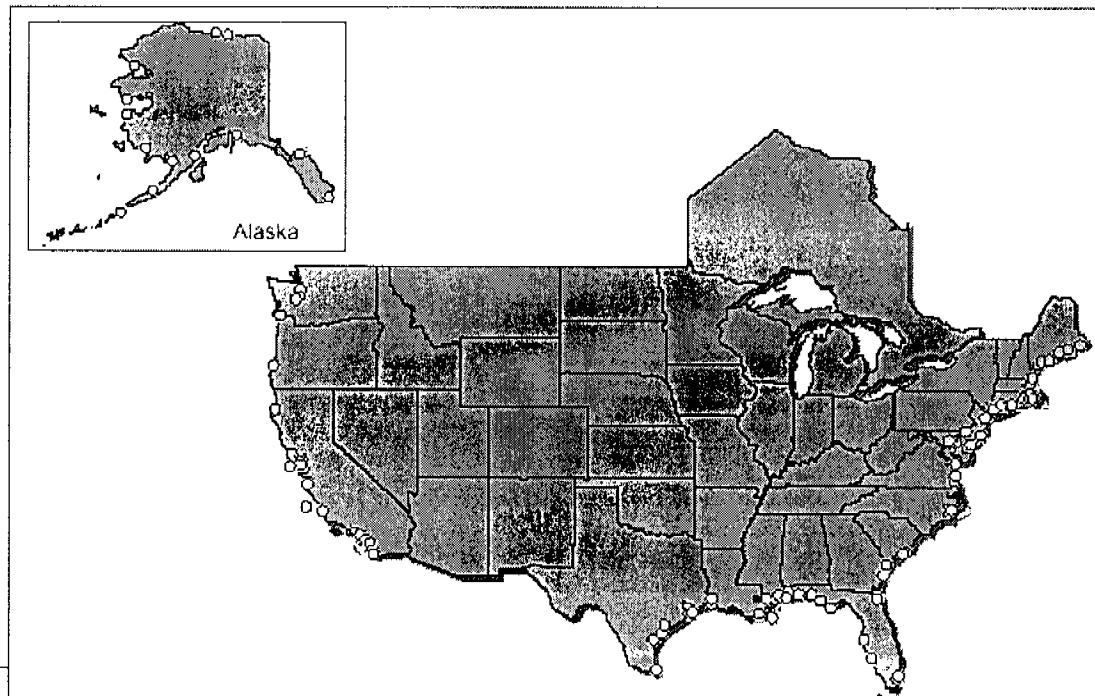


Figura 2.5. Estaciones de monitoreo del subprograma Benthic Surveillance Project del NS&T.

- Mussel Watch Project

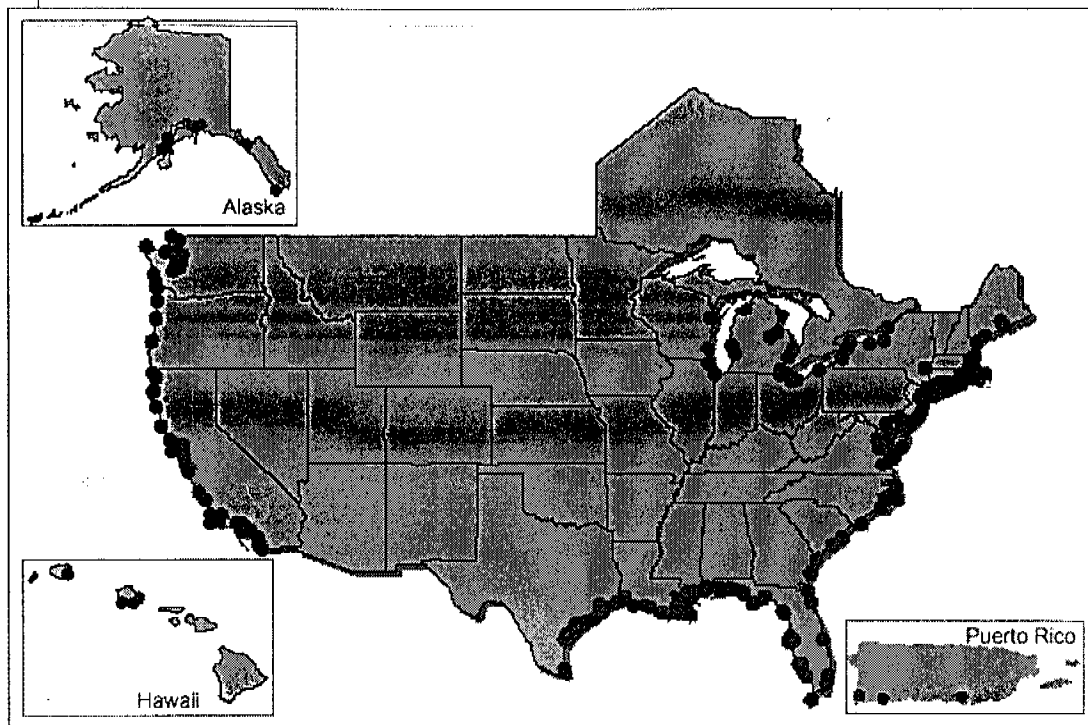


Figura 2.6. Estaciones de monitoreo del subprograma Mussel Watch Project del NS&T.

- Sediment Coring Project

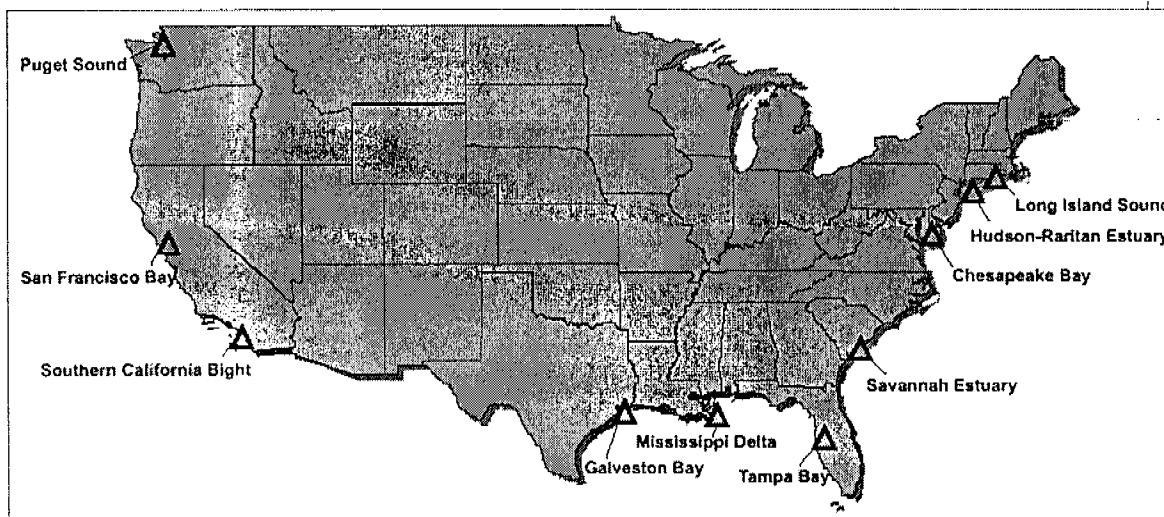


Figura 2.7. Estaciones de monitoreo del subprograma Sediment Coring Project del NS&T.

- Sediment Toxicity Surveys

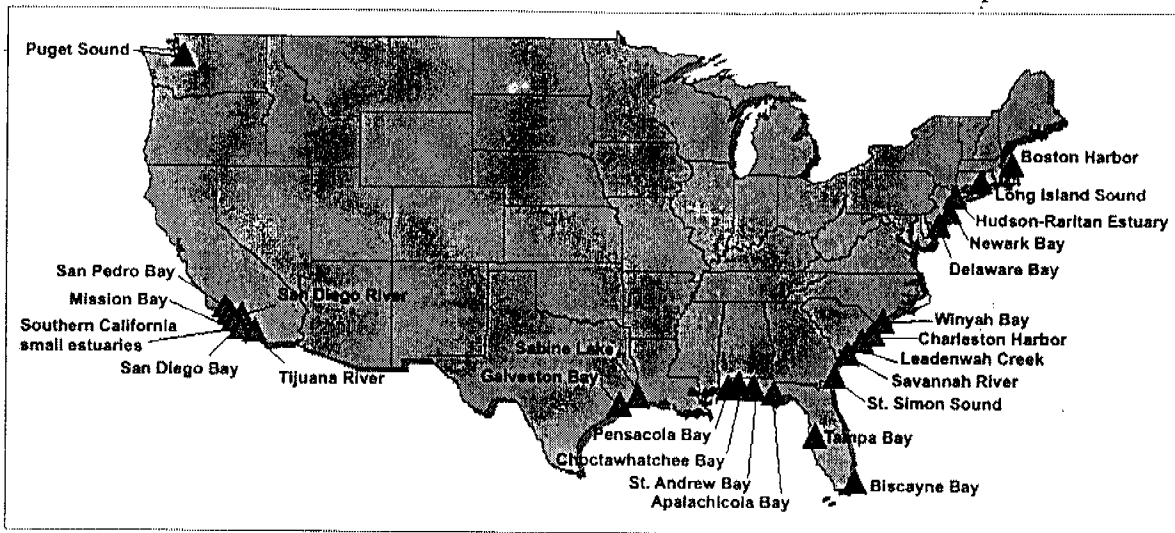


Figura 2.8. Estaciones de monitoreo del subprograma Sediment Toxicity Surveys del NS&T.

- Biomarkers

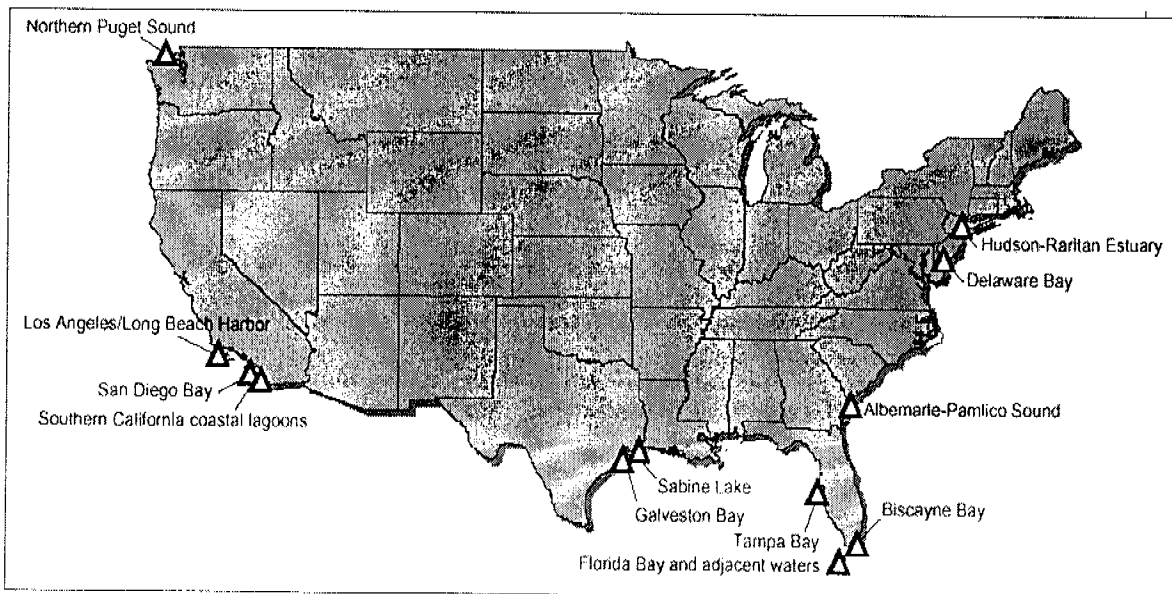


Figura 2.9. Estaciones de monitoreo del subprograma Biomarkers del NS&T.

- Radionuclid Monitoring

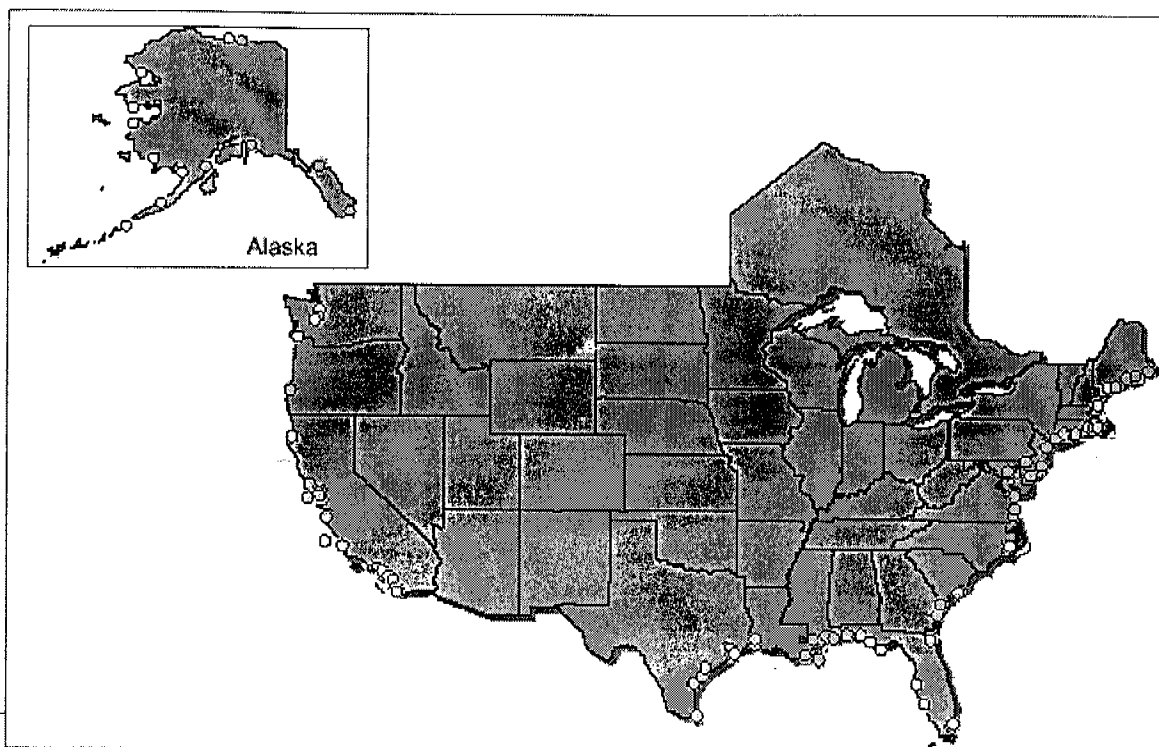


Figura 2.10. Estaciones de monitoreo del subprograma Radionuclid Monitoring del NS&T.

### National Stream Water Quality Accounting Network (NASQAN)

#### El Programa

Hoy en día el programa NASQAN es notablemente distinto del que fuera implementado antes de 1995. El NASQAN comenzó en 1973 para aportar información comparable a nivel nacional sobre la calidad del agua. En modo consistente con el diseño de la red nacional de estaciones medidoras de flujos de caudales, las mediciones de calidad de agua fueron realizadas en sitios ubicados en el curso inferior de la mayoría de las unidades hidrológicas. En su época de mayor cobertura, esta red dispuso de un fondo de 5 millones de dólares anuales e incluyó más de 500 estaciones que eran muestreadas mensualmente a objeto de cuantificar sedimentos suspendidos, algunos iones (tales como sulfato y cloruro), elementos traza, nutrientes, indicadores sanitarios (por ejemplo coliformes fecales) e información biológica limitada (tal como clorofila). Se consideró que estos datos proporcionarían información general sobre el estado y la tendencia de la calidad del agua.

Con posterioridad, este programa experimentó una serie de modificaciones debido en parte a restricciones presupuestarias y, por otra, porque con la información que aportaba no se explicaba las razones para la presencia o ausencia de tendencias. Esta última razón, condujo al United States Geological Survey (USGS) a iniciar un programa de mayor envergadura denominado National Water Quality Assessment (NAWQA).

Debido a una disminución importante de su presupuesto, se produjo una baja en la cantidad de muestras colectadas en las estaciones del NASQAN, gatillada por una disminución en la frecuencia de muestreo y por la eliminación de estaciones de la red de muestreo. En 1993, alrededor de 300 estaciones se encontraban en operaciones. Nuevas restricciones en los fondos monetarios destinados para este programa (de 4,2 a 3,3 millones de dólares) impuestas en 1994, tomaron irrealizable el NASQAN según el diseño de muestreo originalmente propuesto.

En consecuencia, el USGS decidió que este programa debía orientarse sólo a los ríos más grandes de la nación (río Mississippi, Río Grande, río Columbia, río Yukon, sistema Great Lakes-St. Lawrence y río Colorado). Durante el rediseño de este programa, se implementaron los principios desarrollados por la Intergovernmental Task Force on Monitoring Water Quality (1995). Este programa ya mejorado entró definitivamente en operaciones en octubre de 1996.

#### Objetivos

Determinando la cantidad de sustancias químicas y sedimentos que fluyen por los puntos de muestreo de los mayores ríos de Estados Unidos, el NASQAN aporta los datos necesarios para:

- caracterizar grandes subcuencas de estos ríos
- determinar las áreas de las fuentes regionales que originan estos materiales
- estimar los efectos de las influencias humanas sobre las concentraciones y cantidades observadas de estos materiales

## Diseño

Las estaciones del NASQAN permiten recolectar información de aquellos ríos que drenan las mayores áreas terrestres de Estados Unidos (con excepciones del Yukon River y el sistema hídrico Great Lakes-St. Lawrence River). La interpretación de estos datos se encuentra sustentada por evaluaciones de calidad del agua más detalladas conducidas por el NAWQA, cuyas unidades de estudio están incorporadas dentro de las subcuencas que monitorea el NASQAN.

Dados los recursos limitados con que cuenta este programa, el USGS enfocó sus esfuerzos de monitoreo a las cuencas de los ríos Mississippi, Río Grande, Colorado y Columbia. Las estaciones del NASQAN están ubicadas en los mayores tributarios de estos cuatro ríos, a lo largo del cauce principal de aquellos ríos que muestran un incremento en su flujo; y en los afluentes y efluentes de aquellos reservorios que tienen tiempos de residencia mayores que un año (Figura 2.11).

Actualmente, se determina un amplio espectro de constituyentes químicos mediante protocolos analíticos previamente diseñados. Cerca de 100 analitos disueltos y 30 constituyentes suspendidos se miden para cada muestra. La frecuencia de muestreo en cada estación de la red varía de 6 muestras al año en los reservorios, donde la variación de la concentración se supone baja, a 15 anuales en los cursos libres de los ríos.



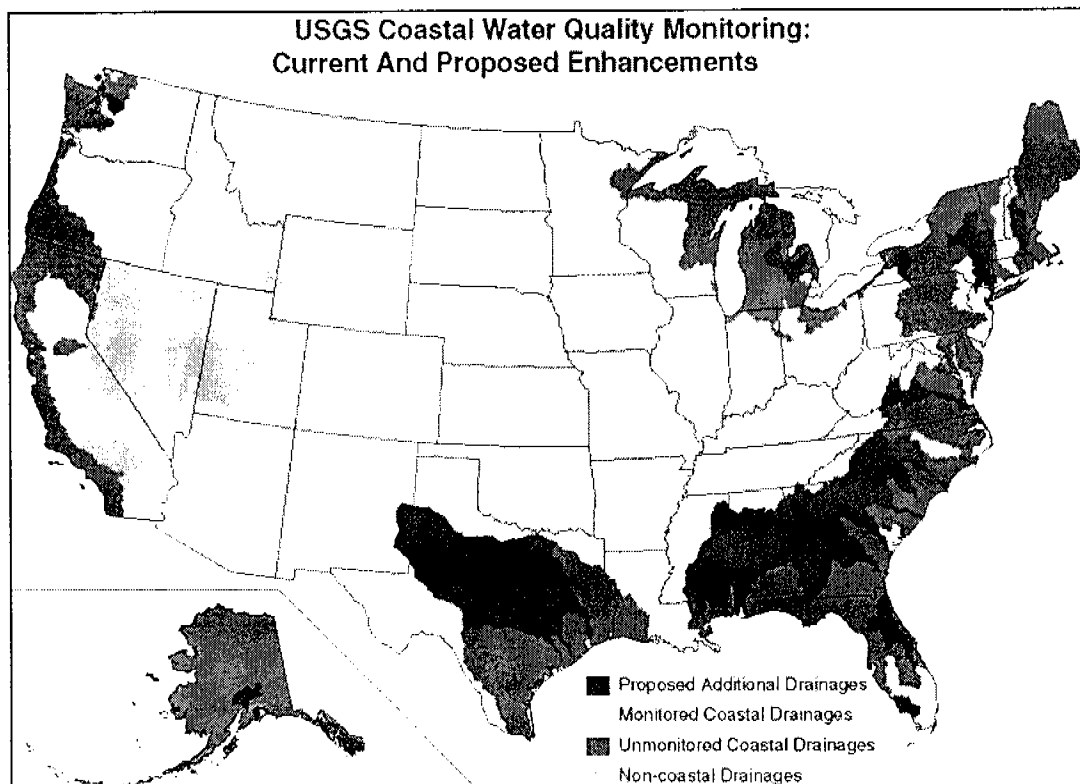
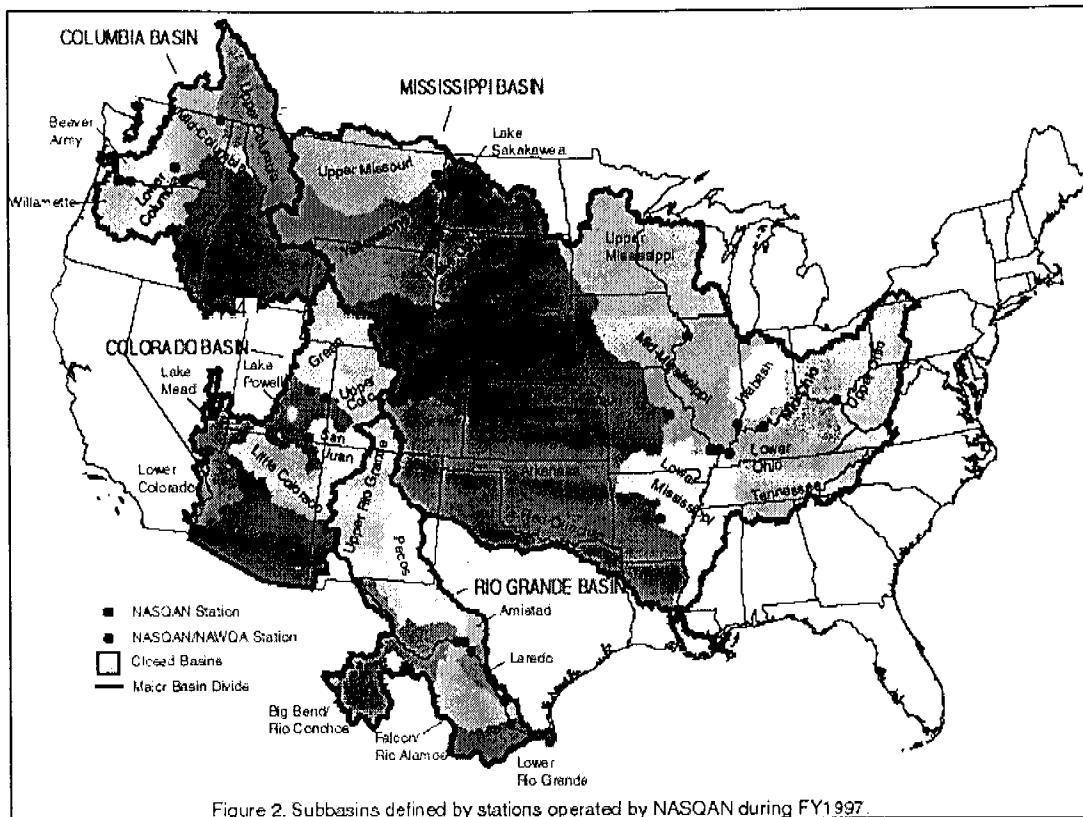


Figura 2.11. Estaciones que operaron en las subcuencas hasta 1997 y área que se propone cubrir a futuro mediante este programa

## **National Water-Quality Assessment (NAWQA)**

### El Programa

Este programa está diseñado para describir el estado y la tendencia que exhibe la calidad de los recursos hídricos superficiales y subsuperficiales de este país, y aportar los antecedentes sobre los factores humanos y naturales que afectan la calidad de estos recursos acuáticos. El NAWQA depende y es administrado por el USGS.

En 1991, con el inicio de investigaciones en 20 "unidades de estudio" y la elaboración de estudios de síntesis a escala nacional, el NAWQA comenzó su transición desde un programa a nivel piloto a otro de escala de mayor envergadura. En octubre de 1993 se agregaron otras 20 "unidades de estudio". Finalmente, en 1997 este programa quedó operativo en un 100% con un total de 60 áreas de estudio distribuidas en toda la extensión de este país.

### Objetivos

Este programa está orientado para evaluar las condiciones de la calidad del agua históricas, actuales y futuras de cuencas fluviales y acuíferos de Estados Unidos. Uno de los objetivos primarios de este programa es describir las relaciones existentes entre factores naturales, actividades humanas y condiciones de la calidad del agua, y definir aquellos factores que afectan en mayor grado la calidad del agua en distintas partes de este país.

### Diseño

El diseño único del NAWQA aporta información consistente y comparable de los recursos acuáticos de 60 cuencas fluviales y acuíferos. Estas áreas incorporan del 60% al 70% de las aguas destinadas al uso por este país y cubre cerca de la mitad del área terrestre de Estados Unidos. Las investigaciones desarrolladas para estas 60 áreas, conocidas como "unidades de estudio" son los bloques estructurales principales de este programa (Figura 2.12).

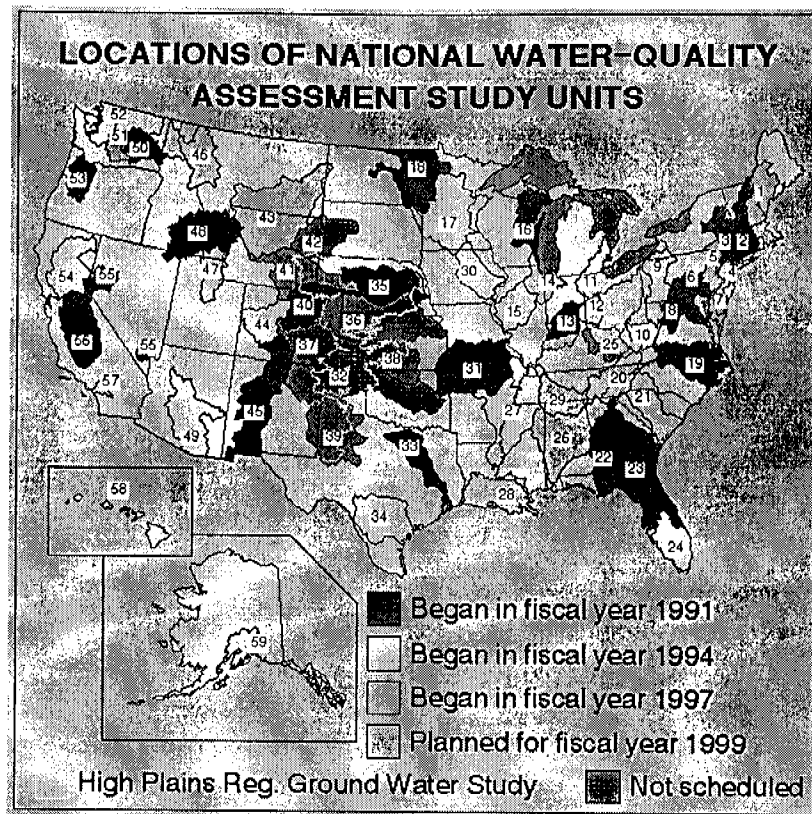


Figura 2.12. Ubicación de las "unidades de estudio" del programa NAWQA.

Un diseño similar para cada investigación y el uso de métodos estándares hace posible efectuar comparaciones entre las distintas "unidades de estudio". De esta manera, es posible realizar evaluaciones a nivel regional y nacional. Estas evaluaciones, conocidas como "Síntesis Nacionales", se enfocan sobre temas de prioridad nacional, incluyendo contaminación de fuentes difusas, sedimentación y acidificación.

Aunque en el extranjero, especialmente en naciones desarrolladas como Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea, existe una vasta trayectoria en el diseño e implementación en programas de monitoreo, estas iniciativas no se encuentran orientadas específicamente al seguimiento de parámetros ambientales asociadas con las actividades de acuicultura. Una excepción al respecto lo constituye el actual sistema LENKA-MOM que se encuentra operando en Noruega para el monitoreo de centros de salmonicultura (Ervik *et al.*, 1997). Este país, con una amplia trayectoria en el cultivo de salmones, dispone de extensas bases de datos ya que han realizado mediciones durante un largo tiempo, razón por la cual pueden procesar la información para realizar finalmente modelaciones. En este sentido, Noruega ha implementado un sistema de manejo, conocido como MOM, para regular el impacto ambiental que genera el cultivo intensivo de peces en ambientes marinos con respecto a la capacidad de carga de los lugares en donde se

encuentran ubicados (Ervik *et al.*, 1997). El concepto del MOM (Modelling-Ongrowing fish farms-Monitoring) se basa en la integración de tres aspectos: la evaluación del impacto ambiental, el monitoreo del impacto mismo y los estándares de calidad ambiental (ECAs), que en su conjunto conforman un sistema con características predictivas (Tabla 2.3).

Preferentemente, la evaluación ambiental se efectúa mediante la aplicación de un modelo, el cual debe tener la capacidad de predecir el principal impacto ambiental de la piscicultura sobre el lugar en donde se encuentra ubicada. El grado de precisión de la predicción (*i.e.* buena o mala) será contrastado con los resultados que arroje el programa de monitoreo, de modo de comprobar o rechazar el pronóstico del modelo. Por otra parte, los ECAs establecen un límite máximo permisible, permitiendo distinguir entre diferentes niveles de impacto ambiental. El grado de explotación refleja la magnitud del impacto en comparación con la capacidad de carga del sitio o lugar<sup>1</sup>. Si el impacto productivo de un centro de cultivo es cercano a la capacidad de carga del lugar entonces el grado de explotación es alto; mientras que, el grado de explotación es reducido si el impacto es pequeño en comparación con la capacidad de carga. Eventualmente, el grado de explotación se puede clasificar en dos o más categorías y posteriormente asociar con el nivel de monitoreo, relación que en último caso determina la frecuencia de monitoreo. Mientras mayor sea el grado de explotación, mayor será el nivel de monitoreo y por lo tanto más alta será frecuencia y complejidad del mismo.

Tabla 2.3. Descripción de los elementos y términos utilizados para la aplicación del sistema MOM.

| Elemento                        | Descripción  |
|---------------------------------|--|
| Modelo                          | Corresponde a una descripción matemática de la relación existente entre la cantidad y tipo de materiales residuales generados desde la piscicultura y su consecuente impacto en el sitio de cultivo.                                       |
| Programa de monitoreo           | Mediciones rutinarias de variables estándares que describen el impacto de una piscicultura sobre su entorno. Consiste en distintos enfoques de investigación cuya elaboración y exactitud son de complejidad creciente.                    |
| Estándares de Calidad Ambiental | Corresponden a un grupo de valores umbrales establecidos para las variables en el programa de monitoreo y para el modelo. Cuando las mediciones superan dichos valores umbrales entonces se ha excedido la capacidad de carga del sistema. |
| Grado de explotación            | La relación existente entre el impacto de la piscicultura y la capacidad de carga del lugar. Se considera que el sitio se encuentra sobreexplotado cuando se supera dicha capacidad de carga en el lugar.                                  |
| Nivel de monitoreo              | La frecuencia de ejecución de las investigaciones del programa de monitoreo. Por cada grado de sobreexplotación hay un cierto nivel de monitoreo.  |

Fuente: Ervik *et al.* (1997)

<sup>1</sup> La capacidad de carga fue definida por el ICES como la producción máxima limitada por un recurso de naturaleza no trófica (Rosenthal *et al.*, 1987).

Como se desprende de lo señalado, el MOM es un sistema flexible capaz de acomodarse en sus requerimientos a los cambios naturales del ambiente y a las fluctuaciones de la actividad productiva. Sus distintos componentes, como por ejemplo el programa de monitoreo y los ECAs, se pueden modificar en función de la disponibilidad de nueva información sobre efectos ambientales o de otro tipo de variables (composición faunística, nuevas técnicas y cambios legislativos, entre otros). En el MOM es posible distinguir tres tipos de zonas de impacto con respecto a las descargas procedentes desde la piscicultura:

- zona de impacto local, corresponde al área bajo o alrededor de la instalación de cultivo en donde se deposita la mayoría de los pellets de alimento no consumido.
- zona de impacto intermedio, es el área principal de sedimentación de las partículas orgánicas más pequeñas (i.e. residuos fecales) y de depositación de la materia resuspendida procedente de la zona de impacto local.
- zona de impacto regional, involucra fiordos y cuerpos de agua adyacentes que se hallan principalmente bajo la influencia de los nutrientes provenientes de las pisciculturas, aunque para el caso de las áreas de acumulación, también podrían verse bajo el influjo de partículas orgánicas.

Según las investigaciones llevadas a cabo en Noruega, en este país el principal impacto de los residuos orgánicos es a nivel bentónico. De allí que, un objetivo de calidad ambiental específico que se proponen los noruegos sea evitar la acumulación de materia orgánica en los sedimentos, ya que en caso contrario se produce la extinción de la infauna bentónica. En consideración a lo anterior, para la aplicación del sistema MOM se definió la capacidad de carga como la máxima producción de peces susceptible de manejar, en concomitancia con el desarrollo de macrofauna en los sedimentos ubicados bajo las instalaciones de cultivo. De tal modo, si los sedimentos se tornan azoicos entonces se supone que la capacidad de carga ha sido excedida.

Un aspecto que es importante de destacar del MOM, se refiere al programa de monitoreo propiamente tal y su relación con los ECAs. El programa de monitoreo se estructura en base a tres tipos de investigación de complejidad creciente (A, B y C); cada una de estas clases se ejecuta en cada nivel de monitoreo aunque con frecuencias distintas (Tabla 2.4).

**Tabla 2.4. Características de los tres tipos de investigación (A, B y C) aplicadas en el programa de monitoreo implementado dentro del sistema MOM.**

| Tipo de Investigación | Objetivo   | Método   | Información que aporta   | ECAs  | Observaciones   |
|-----------------------|--|--|--|---|---|
| A                     | Monitorear el aporte orgánico procedente de las instalaciones de cultivo   | Instalación de trampas de sedimentos ubicadas bajo la jaulas, las cuales se retiran y analizan cada 2 meses  | Extensión de la sedimentación bajo la jaula y antecedentes relativos a sobrealimentación   | No se aplican                               | Se emplea a nivel de control interno de las pisciculturas. Supervisado por autoridades locales noruegas |
| B                     | Proporcionar una visión cualitativa y antecedentes cuantitativos relativo al grado de impacto sobre el ambiente bentónico en el lugar de cultivo | <p>Recolección de muestras de sedimentos ("core" o draga) y posterior análisis de tres grupos de variables asociadas con esta matriz.</p> <p>1° Detección de macrofauna en el sedimento retenida por un tamiz (apertura de malla 1 mm). Distingue entre condiciones aceptables e inaceptables del sedimento</p> <p>2° Medición de pH y potencial redox en los primeros 8 cm de los sedimentos. La relación entre ambos valores se compara con una escala en base a 5 categorías. Si el valor se clasifica en la cuarta categoría, entonces indica una condición sedimentaria inaceptable.</p> <p>3° Evaluación de variables cualitativas: espesor del material orgánico acumulado, olor, coloración, consistencia y presencia de burbujas de gas. En base a un sistema de puntaje, estas variables se pueden cuantificar y el resultado se compara con una escala de cuatro categorías. La cuarta categoría representa condiciones sedimentarias inaceptables y deberían corresponder con la ausencia de macrofauna y la cuarta categoría para las mediciones de pH y potencial redox.</p> | <p>Los resultados de estos tres grupos de variables se combinan y el grado de explotación del sitio se determina con respecto a un conjunto de ECAs.</p> <p>Mediante este enfoque de investigación, se estima principalmente la zona de impacto local</p>          | Si se aplican.                              | Constituye el núcleo del programa de monitoreo. Es barato y simple de ejecutar.                         |
| C                     | Evaluar las comunidades de macroinfauna bentónica  | Muestreo cuantitativo en base a la obtención de muestras con draga, a lo largo de una transecta con sedimentos orgánicamente enriquecidos.   | Fluctuaciones a largo plazo de las comunidades macroinfaunales, a lo largo de una gradiente de enriquecimiento orgánico, que se extiende a través de la zona de impacto local, la zona de impacto intermedio y áreas de acumulación en la zona de impacto regional | Si se aplican. Se emplean ECAs modificados. | Es el tipo de investigación menos frecuente.  |

Fuente: Ervik et al. (1997)

Tal como se acaba de plantear, la desventaja del sistema MOM es que se aplica principalmente a nivel de sitio (*i.e.* zona de impacto local) y para estimar los efectos del cultivo de peces. Por lo tanto, no considera los potenciales efectos de otras actividades o usos que también podrán estar coexistiendo en otros

sectores del cuerpo de agua. Para enfrentar esta deficiencia, actualmente el sistema MOM opera en conjunto con el sistema denominado LENKA (Kryvi *et al.*, 1991). En principio este sistema fue desarrollado para identificar áreas adecuadas para el desarrollo de actividades de acuicultura en sistemas marinos y dulceacuícolas, y de esta manera evitar conflictos de intereses con otro tipo de usuarios. Como uno de los resultados del proyecto LENKA, fue posible desarrollar un modelo para calcular los efectos de las pisciculturas a nivel de la zona de impacto regional, el cual ahora fue incorporado al sistema MOM (Aure y Stigebrandt, 1990).

### **Evaluación de las iniciativas de monitoreo ambiental a nivel internacional**

En general, se desprende de los antecedentes revisados que las políticas ambientales en las naciones desarrolladas se orientan más bien a proteger el recurso hidrobiológico, cautelando las condiciones ambientales del recurso acuático. Como se puede apreciar, este enfoque difiere de las iniciativas nacionales que se centran más bien en el entorno, mediante la implementación de medidas tendientes a regular las actividades de acuicultura para así evitar el deterioro de las condiciones ambientales.

#### **2.2.4. Selección de indicadores y variables**

En esta primera etapa se realizó una primera selección de variables ambientales y productivas que aportasen información relevante sobre los efectos que generan las actividades de acuicultura al ambiente acuático, considerando los antecedentes bibliográficos recopilados, sintetizados y analizados en el Capítulo 1 de este informe. Una segunda fuente de información provino del análisis de la normativa legal disponible que regula estas actividades productivas a nivel nacional y extranjero y, finalmente, la comparación de iniciativas de monitoreo ambiental desarrolladas en Chile y en países desarrollados que significasen una transferencia de experiencia susceptible de ser aplicada en esta área.

En la Tabla 2.5 se identifica las variables seleccionadas en forma preliminar, señalando además en qué tipo de ambiente acuático (marino o dulceacuícola) y matriz ambiental (agua, sedimento y biota) se efectuarían las mediciones correspondientes. Las variables ambientales y productivas fueron agrupadas bajo cuatro categorías de indicadores:

##### **a. Indicadores de condición de hábitat**

Este tipo de indicadores describen las características químicas y físicas de los sitios de muestreo y aportan información básica sobre las condiciones naturales del sector en estudio. Los indicadores de hábitat frecuentemente se emplean para normalizar la exposición y respuesta de los indicadores a través de una diversidad de gradientes ambientales (MMRC, 2000).

Los cambios que se detecten en estos parámetros deberían reflejar principalmente las variaciones naturales del sistema (*i.e.* fluctuaciones estacionales, eventos cíclicos o aperiódicos, fenómenos oceanográficos locales o de mayor cobertura, entre otros). Eventualmente, bajo determinadas condiciones que podrían tener su origen en fuentes distintas a las de tipo natural, la variación en estos parámetros podrían reflejar cambios atribuibles a los efectos de las actividades antrópicas.



Tabla 2.5. Variables ambientales y productivas seleccionadas en la etapa de diseño de prueba.

| Variables ambientales             | Ambiente Marino |   |   | Ambiente Dulceacuícola |   | Tipo de indicador              |
|-----------------------------------|-----------------|---|---|------------------------|---|--------------------------------|
|                                   | A               | S | B | A                      | S |                                |
| Temperatura                       | ▲               |   |   | ▲                      |   | <i>De Condición de Hábitat</i> |
| Salinidad                         | ▲               |   |   |                        |   |                                |
| pH                                | ▲               |   |   | ▲                      |   |                                |
| Alcalinidad                       |                 |   |   | ▲                      |   |                                |
| Granulometría                     |                 | ▲ |   |                        | ▲ |                                |
| Profundidad                       | ▲               |   |   | ▲                      |   |                                |
| Turbidez                          | ▲               |   |   | ▲                      |   | <i>De Exposición</i>           |
| Sól. suspendidos                  | ▲               |   |   | ▲                      |   |                                |
| Oxígeno disuelto                  | ▲               |   |   | ▲                      |   |                                |
| DBO <sub>5</sub>                  |                 |   |   | ▲                      |   |                                |
| COT                               | ▲               | ▲ |   |                        | ▲ |                                |
| Fósforo                           | ▲               | ▲ |   | ▲                      | ▲ |                                |
| Nitrógeno                         | ▲               | ▲ |   | ▲                      | ▲ |                                |
| Amonio                            | ▲               |   |   | ▲                      |   |                                |
| Clorofila a                       | ▲               |   |   | ▲                      |   |                                |
| Cobre                             | ▲               | ▲ |   | ▲                      | ▲ |                                |
| Sulfuro                           |                 | ▲ |   |                        |   |                                |
| Quimioterapéuticos <sup>(1)</sup> |                 | ▲ |   |                        |   |                                |
| Macroinfauna sublitoral           |                 |   | ▲ |                        |   | <i>De Condición Biótica</i>    |
| Vibrio spp. <sup>(2)</sup>        |                 | ▲ |   |                        |   |                                |

(1) Cuantificación de antibióticos: oxitetraciclina, flumequina y ácido oxolínico, en muestras de sedimentos recolectadas en la primera campaña

(2) Recuento efectuado para muestras de sedimentos recolectadas en la segunda campaña

| Variables productivas por cuerpo de agua           | Tipo de Indicador |
|--|-------------------|
| Cantidad de centros de cultivo por tipo de especie | <i>De Estrés</i>  |
| Producción por centro de cultivo (ton)             |                   |
| Cantidad de alimento suministrado (ton)            |                   |
| Cantidad de quimioterapéuticos aplicados (kg)      |                   |

### **b. Indicadores de exposición**

Estos indicadores aportan información sobre la magnitud y extensión de la exposición a contaminantes. Este tipo de indicadores incluyen parámetros físicos, químicos y biológicos que cuantifican la exposición a sustancias contaminantes, la degradación del hábitat u otro tipo de causas que se asocian con efectos deletéreos sobre el ecosistema. Este tipo de indicadores incluyen la determinación de sustancias particuladas/disueltas en el agua, concentraciones de analitos en sedimentos, entre otros.

En otras palabras, en esta categoría se agrupan aquellos parámetros que se ven afectados principalmente por cambios atribuibles a actividades antrópicas. Cabe señalar que, con el grado de avance científico disponible y medios técnicos accesibles, hoy en día aún es extremadamente difícil poder identificar uno o más indicadores que reflejen los efectos que se producen sobre el ambiente por una actividad antrópica en particular.

Para el caso particular de la acuicultura, como se ha visto anteriormente los efectos negativos se concentran principalmente sobre las condiciones orgánicas de las aguas y fondos. En el área de estudio (Séptima a Décimo Segunda regiones) existe un gran número de actividades que generan impactos similares a los que derivan de la industria acuicultora (*i.e.* hipernutricación de la columna de agua, enriquecimiento orgánico, disminución de los niveles de oxigenación, entre otros). De allí que no se puede pretender que los parámetros seleccionados por si mismos permitan diferenciar los efectos negativos propios del cultivo de especies hidrobiológicas.

### **c. Indicadores de condición biótica**

Estos indicadores corresponden a aquellas características del ambiente que aportan evidencia cuantitativa sobre el estado de los recursos ecológicos e integridad biótica. Mediante estas mediciones se puede cuantificar la respuesta integral de los recursos naturales a un agente estresor en particular o a una multiplicidad de ellos. En términos muy simples, una de las formas más directas de evaluar el estado de condición de un ecosistema es observar directamente la fauna y flora que vive en un cuerpo de agua. Debido a que los indicadores biológicos o bioindicadores son capaces de integrar en una misma unidad (a diferentes grados de

organización biológica: bioquímico, celular, tisular, poblacional y comunitario) los efectos de distintos estresores, los organismos acuáticos y sus comunidades reflejan las condiciones actuales como así también los cambios temporales en el ambiente y sus efectos acumulativos (USEPA, 1999).

Su importancia fue reconocida formalmente por la USEPA (1998), cuando estableció dentro de sus planes de prioridad ambiental estableció desarrollar dentro de un plazo de 4 años herramientas metodológicas y criterios de calidad de aguas basados sobre la componente biótica de los ecosistemas.

#### **d. Indicadores de estrés**

Corresponden a aquellas variables de origen antrópico o ligadas a la actividad de la acuicultura que aportan información relativa a la presión que realiza el ejercicio de esta actividad sobre la condición ambiental de los cuerpos de agua. Los indicadores de estrés son un componente gravitante dentro de un programa de seguimiento ambiental ya que el análisis de sus fluctuaciones permite explicar en una proporción importante la variabilidad del sistema (*i.e.* cuerpo de agua).

En términos generales, un indicador se puede definir como un parámetro o un valor derivado de múltiples parámetros, el cual aporta información sobre un determinado fenómeno (OECD, 1993). La importancia del indicador radica en que abarca más allá de las propiedades directamente asociadas con el valor del parámetro. Desde esta perspectiva, los indicadores tienen dos funciones importantes:

- a. Permiten reducir el número de mediciones y parámetros que normalmente se requiere para dar una "exacta" representación de una determinada situación. Como consecuencia, el número de indicadores y la cantidad de detalles contenidos en este conjunto debe necesariamente estar bien delimitada. Un número elevado de indicadores propenderá a confundir la visión que se requiere proyectar sobre la condición del sistema. Desde otro punto, una cantidad muy reducida de indicadores, podría ser insuficiente para aportar toda la información relevante que sea necesaria.

- b. Simplifican los procesos de comunicación al usuario, mediante los cuales se comunica información sobre el resultado de mediciones. Debido a esta simplificación y adaptación a las necesidades del usuario, los indicadores no siempre pueden ajustarse a criterios científicos estrictos para demostrar relaciones de causalidad directa, aunque buena parte de ellos tienen una sólida argumentación cimentada tras años de investigación.

Desde un punto de vista de la efectividad ideal de un indicador ambiental, éste debiera proporcionar la información suficiente para discriminar entre efectos antropogénicos y la variabilidad natural del sistema (USEPA, 1996). Además, y en base a lo anterior, el indicador debiera permitir expandir la capacidad de interpretación para identificar aquellos sistemas que evidencien signos de estrés incipiente o crónico.

La selección de indicadores de calidad del agua es fundamental para evaluar el estado de condición de los ecosistemas. Es importante notar que los indicadores aportan una dimensión del ingreso de contaminantes a un sistema y los potenciales impactos asociados que ellos generan (Liston and Maher, 1996). El enfoque aplicado para este proyecto ha sido establecer un conjunto de criterios que permitan evaluar objetivamente aquellos indicadores susceptibles de ser aplicados en el programa de monitoreo. A continuación se enumeran los criterios considerados para seleccionar *indicadores ideales*, agrupados bajo tres premisas fundamentales (OECD, 1993):

## CRITERIOS PARA LA SELECCION DE INDICADORES

### *Relevancia política y utilidad para el usuario*

Un indicador ambiental debe:

- Proveer un panorama representativo de las condiciones ambientales, de las presiones que se ejercen sobre el ambiente o de las respuestas que emanan de la sociedad
- Ser simple, fácil de interpretar y con la capacidad para evidenciar tendencias en el tiempo
- Responder a cambios en el ambiente y actividades humanas relacionadas
- Proveer una base para comparaciones a distintos niveles
- Apuntar a un enfoque nacional o ser aplicable a temas ambientales regionales (locales) de significancia nacional
- Disponer de un umbral o valor de referencia contra el cual compararlo, de manera que los usuarios sean capaces de evaluar la significancia de los valores asociados

### *Solidez analítica*

Un indicador ambiental debe:

- Ser teóricamente bien fundamentado en términos técnicos y científicos
- Estar basado en estándares internacionales y debe existir consenso internacional sobre su validez
- Estar vinculado con modelos económicos y sistemas de información y predicción
- Tener la potencialidad de ser aplicable en distintos tipos de hábitats

### *Mensurabilidad*

Los datos requeridos para sustentar el indicador deben:

- Ser de fácil disponibilidad o su accesibilidad debe tener una razonable relación de costo/beneficio
- Encontrarse adecuadamente documentados y ser de reconocida calidad
- Ser actualizados a intervalos regulares de acuerdo a procedimientos confiables.
- Relacionar distintas condiciones ecológicas de manera que éstas puedan ser cuantificadas e interpretadas

Debido a las limitantes científicas y tecnológicas, actualmente no es posible enfocar este problema desde una perspectiva más holística, como por ejemplo investigar los efectos antropogénicos a nivel de todos los componentes del ecosistema. Como consecuencia de lo anterior, es necesario encarar este problema desde una perspectiva analítica, es decir, recurrir a un enfoque reduccionista en el sentido de reconocer aquellas variables ambientales que reflejen la variabilidad del sistema como consecuencia de la actividad antrópica (*i.e.* estrés ambiental). Precisamente, uno de los aspectos más controversiales en el diseño de un programa de monitoreo ambiental es tal vez la selección de una o más variables ambientales que permitan identificar y cuantificar los efectos de sobre el entorno natural, como consecuencia de un determinado uso o desarrollo de actividad productiva humana.

Como se ha podido apreciar, existe un número importante de variables ambientales que actualmente se emplean para evaluar los efectos de las actividades de acuicultura sobre el ambiente acuático, según se desprende de los antecedentes bibliográficos y normativos examinados. Esta situación, no refleja otra cosa que la ausencia de una variable específica que permita cuantificar de modo inequívoco los efectos ambientales de la acuicultura. Es más, dentro de esta área productiva existe una variada gama de sistemas y estrategias de cultivo, como así también de especies cultivadas bajo distintas condiciones ambientales, por lo que tratar de identificar una o un reducido número de variables indicadoras es una tarea inconducente.

En las reuniones de trabajo sostenidas con la contraparte técnica de este proyecto, se analizaron distintas posibilidades. Por ejemplo, uno de los investigadores sugirió analizar la composición y fluctuaciones de especies indicadoras del fitoplancton, ya que las floraciones algales que se generan pueden ser asociadas con la hipernutrición de la columna de agua, debido al exceso de nutrientes que ingresa a la matriz acuosa procedente del alimento no consumido por los peces confinados y del material fecal que éstos eliminan producto de sus actividades metabólicas. Sin embargo, cabe señalar que no siempre estos "bloom" algales se relacionan con la presencia de cultivos de especies salmonídeas, ya que en muchas ocasiones estos procesos surgen como consecuencia de una fluctuación natural del ecosistema.

También, se analizó la posibilidad de recurrir a los antibióticos como indicadores microbiológicos para detectar los efectos de la acuicultura sobre el entorno. Específicamente, se propuso analizar su disponibilidad biológica en los sedimentos sublitorales. Si bien es cierto, esta opción no se analizó en la forma originalmente propuesta, ya que se cuantificó determinados niveles de antibióticos en la matriz

sedimentaria, los autores consideran que esta herramienta podría aportar valiosa información sobre los efectos ambientales de los tratamientos terapéuticos a nivel de centros de cultivos de especies salmonídeas. De allí que se proponga su inclusión en el programa de monitoreo a nivel de centro de cultivo.

Volviendo al tema de la selección definitiva de variables ambientales, queda claro que no es posible estimar los efectos ambientales de las actividades de la acuicultura con el análisis de una sola variable, sabiendo que esta actividad productiva se desarrolla bajo una multiplicidad de condiciones tecnológicas y ambientales. Por otra parte, si bien es cierto el desarrollo de este tipo de actividades requiere de cuerpos de agua de una buena calidad ambiental (*i.e.* condiciones naturales que permitan y promuevan la propagación de la vida acuática), sobre todo para el caso de los cultivos de peces y moluscos, la continua expansión de los asentamientos humanos hacia zonas que hasta algunas décadas atrás fueron consideradas prístinas, genera actualmente un conflicto de intereses por el uso de determinados recursos naturales, como por ejemplo espacio. Aunque en un mismo cuerpo de agua puedan coexistir diferentes tipos de actividades productivas, algunas de éstas generan residuos de características muy similares entre sí. Por ejemplo, sería muy difícil poder separar los efectos ambientales de una salmicultura, si en el mismo cuerpo de agua (fiordo, lago o bahía) también existen descargas de residuos líquidos de origen orgánico procedentes de fuentes puntuales como podría ser un emisario de aguas servidas o de una planta procesadora de productos alimenticios. Claramente, en este caso tenemos un efecto aditivo a nivel de cuerpo de agua, ya que ambos tipos de descargas (una difusa y otra fija) exacerban condiciones de enriquecimiento orgánico en los fondos sedimentarios.

La pregunta que surge de inmediato es ¿cómo entonces podríamos aislar los efectos de las actividades de acuicultura, de otro tipo de actividades o usos que se desarrollen en un mismo cuerpo de agua y que generan residuos de características similares? La respuesta a esta interrogante necesariamente debe considerar al menos dos aspectos:

- a. incluir no sólo la medición de variables físicas y químicas del sistema afectado, sino también incorporar indicadores estrechamente asociados con la actividad productiva, con la variabilidad natural del sistema y con los efectos que dichas actividades generan sobre la componente biológica del sistema,

- b. reconocer qué compartimiento del sistema natural o matriz ambiental refleja con mayor claridad los efectos de las actividades de cultivo de recursos hidrobiológicos que se desarrollan en el cuerpo de agua (este punto será discutido en el Capítulo 3).

Si bien existe un tercer aspecto que no está directamente relacionado con el problema, las implicancias indirectas que tiene son gravitantes para la implementación de un programa de monitoreo ambiental. Nos referimos a los costos que significa poner en marcha y mantener un programa de seguimiento de esta naturaleza.

Dado que uno de los temas recurrentes en el desarrollo de este proyecto, ha sido cómo ponderar los efectos de otras actividades distintas a la acuicultura y en qué proporción la variabilidad natural del sistema, tanto a nivel espacial como temporal, explica los efectos observados en el medio ambiente, es necesario profundizar más al respecto a objeto de aclarar como este diseño de monitoreo ambiental responde a dichas interrogantes.

La posibilidad que en Chile se pueda disponer de un programa de monitoreo de esta naturaleza es aún remota, considerando que no se dispone de estudios básicos que describan las condiciones oceanográficas de gran parte de las aguas costeras del territorio nacional. Si bien, en este sentido las expediciones CIMAR- Fiordo han aportado valiosa información sobre las características físicas y químicas de las aguas y sedimentos de los canales australes, la cobertura espacial y temporal de estas investigaciones es baja principalmente en la región comprendida al sur de la península de Taitao (Silva *et al.*, 1998). Por otra parte, con el nivel de desarrollo alcanzado en materia ambiental a nivel nacional, es más improbable responder en forma concluyente qué proporción de la variabilidad observada en un sistema natural se debe a los efectos de un determinado uso o actividad antrópica, como es el caso de la acuicultura.

Para los ambientes lacustres la situación no es muy distinta. Si consideramos el catastro elaborado por la DGA sobre los lagos y lagunas, con una superficie de espejo mayor que 3 km<sup>2</sup>, ubicados desde la Quinta a la Décimo Segunda Región (DGA, 1983), se puede apreciar que de los 376 cuerpos acuáticos registrados, sólo 8 de ellos se encuentran ubicados desde la Quinta a la Sexta Región. En el área de cobertura del presente proyecto existen 368 lagos y lagunas catastrados, de los cuales muchos aún no tienen nombre asignado. Si bien es cierto, un reducido número de investigadores nacionales ha hecho un esfuerzo



admirable para caracterizar estos tipos de cuerpos acuáticos, con el nivel de conocimiento científico disponible aún no se dispone de una revisión actualizada que permita establecer un esquema de clasificación aplicable a los sistemas lacustres de Chile.

En una revisión de estudios limnológicos efectuados para lagos y lagunas chilenas ubicados desde la Séptima Región al extremo austral, es posible apreciar que la mayoría de las investigaciones se han centrado en lagos de la IX y X Región, específicamente sobre el Villarrica, Ranco, Llanquihue y Riñihue (Tabla 2.6). Como se puede apreciar, con los antecedentes disponibles aún queda por cubrir un alto número de cuerpos lacustres y lacunares (> 300) en la vasta región sur-austral del territorio nacional, de los cuales sólo se dispone de su ubicación geográfica.

Tabla 2.6. Principales estudios efectuados durante las últimas dos décadas en lagos y lagunas ubicados desde la Séptima Región al extremo austral de Chile.

| Lago o laguna  | Región | Tipo de estudio   | Autor                           |
|--|--------|---|---------------------------------|
| Lago Villarrica  | IX     | Caracterización limnológica   | Campos <i>et al.</i> (1983)     |
| Lagos Villarrica, Riñihue, Ranco y Llanquihue                            | IX y X | Antecedentes físicos y químicos de las aguas  | DGA (1984)                      |
| Laguna Grande de San Pedro y lago Lanalhue                               | VIII   | Caracterización geomorfológica y morfométrica. Caracterización física y química de las aguas. Estudio de algunos componentes biológicos | DGA (1985a)                     |
| Lago Riñihue   | X      | Caracterización limnológica   | Campos <i>et al.</i> (1987a)    |
| Lago Caburgua  | IX     | Caracterización limnológica   | Campos <i>et al.</i> (1987b)    |
| Lagos Riñihue y Ranco  | X      | Condiciones hidrológicas de la cuenca. Caracterización física y química de las aguas. Estudio de algunos componentes biológicos.        | DGA (1987)                      |
| Lagos Villarrica y Llanquihue  | IX y X | Condiciones hidrológicas de la cuenca. Caracterización física y química de las aguas. Estudio de algunos componentes biológicos.        | Campos (1987)                   |
| Lagos Puyehue y Ranco  | X      | Carga de fósforo y nitrógeno  | SUBPESCA (1992)                 |
| Lago Llanquihue  | X      | Impacto de actividades productivas  | Soto (1993)                     |
| Lago Villarrica  | IX     | Capacidad de carga. Balance de fósforo y nitrógeno  | Campos (1994)                   |
| Lago Rupanco   | X      | Capacidad de carga. Balance de fósforo y nitrógeno  | Campos (1995)                   |
| Lagos Calafquén y Panguipulli  | X      | Caracterización limnológica. Condición trófica.   | DGA (1995)                      |
| Lagos Elizalde y Riesco  | XI     | Estudio limnológico   | Campos (1996)                   |
| Lagos Natri, Cucao, Huillinco, Tepuhueico y Tarahuin                     | X      | Capacidad de carga. Balance de fósforo y nitrógeno  | Campos (1997)                   |
| Lago Riñihue   |        | Capacidad de carga. Balance de fósforo y nitrógeno  | Campos (1998)                   |
| Lagos Caburgua y Maihue  |        | Caracterización limnológica. Condición trófica.   | DGA (1998)                      |
| Lagos Los Palos y Riesco; laguna Escondida                               | XI     | Capacidad de carga. Balance de fósforo y nitrógeno  | FIP (1999)                      |
| Lagos Chapo, Yelcho, Popetán; laguna San Antonio                         | X      | Capacidad de carga. Balance de fósforo y nitrógeno  | FIP (1999)                      |
| Lagos Pirihueico y Neltume   |        | Caracterización limnológica. Condición trófica.   | DGA (1999)                      |
| Lagos Budi, Caburgua, Calafquén y Villarrica                             | IX     | Bioindicadores de eutroficación   | Hauenstein <i>et al.</i> (2001) |
| Lagunas Chica y Grande de San Pedro; lagos Quiñenco, Lanalhue y Lleulleu | VIII   | Caracterización geomorfológica, sedimentológica y acuática  | Parra <i>et al.</i> (2001)      |
| Lago Riñihue   | X      | Cambios a largo plazo en las condiciones del epilimnion   | Woelfl <i>et al.</i> (2001)     |
| Lago Villarrica  | IX     | Estado trófico  | Riestra (2001)                  |

Fuente: Distintas fuentes. Compilación propia.

En vista de lo planteado anteriormente, en el ámbito nacional el diseño de un programa de monitoreo ambiental enfrenta serios problemas, por lo que la solución más adecuada en estos instantes es optar por una aproximación. Nuestra enfoque ha sido diseñar dos programas de monitoreo, cada uno cubriendo distintas escalas de tiempo y espacio:

- un programa de monitoreo ambiental que se realice a nivel de áreas geográficas de mayor escala (bahías, fiordos y lagos), de manera que cubra zonas extensas con una baja frecuencia de muestreo. La información proporcionada por este programa de monitoreo servirá para diagnosticar las macrocondiciones ambientales de los cuerpos de agua y, los efectos aditivos y sinérgicos generados por la coexistencia de distintas actividades productivas, incluida la acuicultura.
- un segundo programa de monitoreo ambiental, que si bien no estaba considerado originalmente, se centra en el seguimiento de variables a nivel de centros de cultivo. Mediante la aplicación de esta segunda estrategia, se dispondrá de información sobre la variabilidad espacial y temporal a pequeña escala, ya que las observaciones se efectuarán dentro de áreas afectadas o potencialmente afectadas por la acuicultura.

En la medida en que se desarrollen en forma paralela estas dos estrategias de monitoreo a lo largo del tiempo, se irá acumulando una valiosa información que cubrirá un amplio espectro de las escalas de tiempo y espacio en que se desarrollan tanto las actividades de acuicultura como así también otras.

Una de las inquietudes planteadas durante el desarrollo del proyecto, dice relación sobre la incidencia de la variabilidad natural de factores oceanográficos y climáticos en el diseño del muestreo y costos asociados. Se plantea que en una región tan extensa como la zona sur austral del territorio, bien pudiera darse que por ejemplo las corrientes de marea afecten de manera importante la representatividad de las observaciones efectuadas durante las actividades de monitoreo.

Esta incertidumbre es válida no sólo para la zona sur austral de Chile, sino para las aguas costeras de todo el territorio nacional. En la zona norte y central de nuestro país, ocurren periódicamente fenómenos de meso y macroescala (*i.e.* fenómeno de El Niño, eventos de surgencia, afloramiento de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales, mareas rojas, entre otros) que pueden potenciar o enmascarar procesos oceanográficos costeros de menor escala temporal (diaria, mensual o estacional).

Para enfrentar esta problemática, en el diseño del programa de monitoreo se ha considerado la inclusión de: datos de campo y observaciones de terreno; e información sobre características a nivel ripario y litoral. Además, los indicadores de condición de hábitat también apuntan en esta misma dirección.

La presión que ejercen las actividades antrópicas sobre el sistema acuático, son estimadas a través de las variables del indicador de estrés: cantidad de centros de cultivo por tipo de especie, producción por centro de cultivo, cantidad de alimento suministrado y cantidad de productos terapéuticos aplicados. Esta información deberá ser proporcionada directamente por los usuarios acuicultores a la autoridad fiscalizadora correspondiente.

Para estimar los aportes de residuos que se generan de las actividades de acuicultura, en el diseño de monitoreo se incluyó la medición de variables físicas y químicas, agrupadas bajo el indicador de exposición. Una vez que se disponga de una cantidad de datos suficiente, se podrá analizar esta serie de tiempo y establecer tendencias en cuanto a su variabilidad. En este punto surge una cuestión importante, cómo saber si durante el transcurso del tiempo las condiciones ambientales se han mantenido, mejorado o degradado.

Existen al menos dos enfoques para responder esta interrogante. En primera instancia, el problema se puede abordar desde una perspectiva espacial, es decir, disponiendo dentro de la red de monitoreo de una o más estaciones referenciales, que permitan comparar la condición potencialmente alterada de un sector expuesto a una fuente contaminante, con otro en que las condiciones ambientales varían sólo en función de factores naturales.

Otro enfoque, radica en analizar como evolucionan en el tiempo los valores de los distintos parámetros para un mismo sitio, es decir, si se aprecia un alza, disminución o mantención con respecto a las condiciones originales, o mejor aún si se dispone de criterios o valores máximos permisibles con los cuales contrastar las mediciones u observaciones. Para el caso de la matriz acuosa, se encuentra en revisión un anteproyecto de norma de calidad en aguas marinas, documento en el cual se consigna valores máximos de concentración para mantener o recuperar el estado trófico de fiordos, canales y estuarios. En lo que respecta a la protección de las aguas continentales superficiales, también se encuentra en etapa de revisión el proyecto definitivo que norma la calidad de estos cuerpos acuáticos; en lo específico, este

documento legal incorpora valores máximos y mínimos para la protección del estado trófico de cuerpos lacustres. Actualmente, se encuentra en etapa de desarrollo el proyecto de norma de calidad secundaria para sedimentos marinos y lacustres, esperándose para mediados del próximo año contar con un documento base.

Las variables que se señalan a continuación fueron seleccionadas en función de los efectos que generan los distintos tipos de cultivos acuícolas sobre el ambiente acuático. La mayor parte de los parámetros seleccionados fueron evaluados en terreno, en términos operacionales (*i.e.* facilidad de medición, infraestructura requerida, aplicabilidad de métodos, costo, calidad de la información proporcionada, entre otros). La validación de cada uno de estos parámetros se efectuó considerando un análisis de los resultados obtenidos en base a la ejecución de dos campañas de muestreo efectuadas en la Décima Región del país (Anexo 2).

Básicamente, estos indicadores están orientados a monitorear los efectos de descargas provenientes de fuentes difusas y fijas asociadas principalmente al cultivo de peces, moluscos y algas, tanto en ambientes marinos como dulceacuícolas. Los parámetros que a continuación se proponen y se justifican, se han organizado en base a tres categorías de indicadores. Para cada parámetro seleccionado, en un recuadro adjunto se indica en qué tipo de matriz de los ambientes acuáticos se monitoreará el parámetro.

### **Indicadores de condición de hábitat**

En este grupo de indicadores se consideraron los siguientes parámetros:

- a. Temperatura del agua
- b. Salinidad/Conductividad
- c. pH
- d. Granulometría
- e. Profundidad

## **a. Temperatura**

### ***Fundamento***

Una de las características más importantes del agua para la vida acuática se asocia con sus propiedades térmicas. Por ejemplo tiene un alto calor específico, es decir, el agua no experimenta rápidas fluctuaciones en su temperatura ya que puede absorber o perder grandes cantidades de calor con cambios relativamente pequeños de temperatura. En el caso de los pequeños cuerpos de agua, éstos se verán influenciados por la temperatura atmosférica de manera más rápida que aquellos cuerpos de agua de mayor volumen.

La temperatura y su distribución dentro de lagos y reservorios afecta no sólo la calidad de l agua dentro del lago, sino también el régimen termal y la calidad del sistema fluvial que forma parte del efluente natural de la cubeta lacustre. El régimen termal de un lago es función del balance de calor alrededor del cuerpo de agua. La transferencia de calor hacia y desde el lago se produce a través de la interfase aire-agua, de la conducción a través de la interfase agua-sedimento y de los procesos advectivos de entrada y salida.

La transferencia de calor que se produce a través de la interfase aire-agua es el principal proceso que regula los ciclos anuales de temperatura. El calor se transfiere a través de la interfase aire-agua mediante tres procesos: radiación, evaporación y conducción. El flujo de calor que se genera a nivel de la interfase aire-agua depende de la ubicación geográfica (latitud/longitud y elevación), de la estación, de la hora del día y de las condiciones meteorológicas (cobertura nubosa, temperatura, punto de rocío, presión barométrica y viento)

Los lagos ubicados en latitudes frías y templadas exhiben típicamente una estratificación vertical de su densidad durante ciertos periodos estacionales del año. la estratificación en lagos obedece primariamente a diferencias térmicas, aunque la salinidad y el contenido de sólidos suspendidos también pueden llegar a tener una relativa incidencia. Generalmente, se identifican tres zonas de estratificación termal.

El estrato superior de agua más cálida y de menor densidad se denomina epilimnion, mientras que la capa inferior que se caracteriza por aguas de baja dinámica, más frías y de mayor densidad se conoce como hipolimnion. La zona de transición entre ambos estratos corresponde al metalimnion. En este estrato

intermedio la tasa de disminución térmica es máxima con respecto a la profundidad (termoclina). Durante la estratificación de la columna de agua, la presencia de la termoclina suprime gran parte de los procesos de transporte de masa que son responsables de la transferencia vertical de constituyentes dentro del lago.

### **Efectos**

La temperatura tiene efectos sobre varios procesos importantes en acuicultura. Los procesos fisiológicos en peces tales como tasas de respiración, alimentación, metabolismo, crecimiento, comportamiento, reproducción y tasas de detoxificación y bioacumulación son afectadas por este parámetro. También, la temperatura es un factor asociado con los niveles de oxígeno disuelto en el agua, ya que tiene incidencia sobre la solubilidad del oxígeno y sobre la tasa de oxidación de la materia orgánica.

Cada especie tiene una temperatura óptima a la cual su tasa de crecimiento y estado de salud responden de manera más eficiente. El crecimiento aún ocurrirá a niveles muy cercanos a los límites letales máximos o mínimos de temperatura, sin embargo, condiciones térmicas subóptimas causan estrés lo cual afecta el comportamiento, alimentación, metabolismo, crecimiento e inmunidad ante enfermedades.

La temperatura puede ejercer un alto control sobre las comunidades acuáticas. Un alza en algunos grados en la temperatura de ambientes dulceacuícolas, puede ocasionar que muchos peces de aguas frías, tales como la trucha y el salmón, desaparezcan debido a mortalidades en sus ovas, juveniles o directamente en adultos, o por una disminución en su actividad reproductiva y ser reemplazados por peces de aguas más cálidas. Además, diferentes grupos de plancton aumentan su presencia bajo distintas condiciones térmicas. Por ejemplo, las diatomeas dominan a temperaturas de 20 a 25°C, mientras que las algas verdes son más abundantes entre los 30 y 35°C; en cambio, sobre los 35°C predominan las cianobacterias (USEPA, 1987; Dunne *et al.*, 1978).

La aparición de temperaturas más altas que lo normal en lagos exagera los problemas de hipoxia, debido a que aumenta solubilidad del oxígeno. Así también, temperaturas más altas provocan una mayor degradación microbiana de la materia orgánica, un proceso que requiere de oxígeno para que se realice bajo condiciones aerobias.

La temperatura también incide en patrones conductuales que exhiben ciertos organismos. Los peces anádromos, como por ejemplo el salmón, necesita de temperaturas mínimas para desencadenar su comportamiento reproductivo (USEPA, 1987). La ocurrencia de temperaturas más altas puede tener influencia sobre los períodos reproductivos, de modo que los predadores podrían ser más abundantes durante los primeros estadios de vida de su presa, generando cambios a corto plazo en la estructura comunitaria. En Estados Unidos, el alza térmica natural en un pocos grados causó la reducción en un 50% de la pesquería de la almeja en Maine, ya que su predador, el cangrejo verde, no experimentó mortalidades importantes a fines de invierno como solía ocurrir y por lo tanto su abundancia aumentó (USEPA, 1987).



**Criterios de selección: Temperatura**

| Criterio  | Categoría            | Si✓ No× | Comentario   |
|---|----------------------|---------|--|
| Matriz ambiental  | Agua                 | ✓       | Debido a que el agua es el sustrato que se encuentra en contacto directo con los cultivos y, además, que la estratificación de la columna de agua depende principalmente de esta variable, se recomienda realizar las directamente en la matriz acuosa.  |
|   | Sedimentos           | ×       |  |
|   | Biota                | ×       |  |
| Ambiente acuático   | Marino               | ✓       | No existe impedimento para realizar mediciones de esta variable en ambientes acuáticos salinos, salobres u dulces.   |
|   | Dulceacuícola        | ✓       |  |
| Cuerpo de agua  | Costa abierta        | ✓       | Las mediciones de este parámetro pueden ser efectuadas directamente en cuerpos de aguas bajo distintos regimenes dinámicos. Dependiendo de la profundidad del cuerpo de agua, los registros pueden realizarse a nivel de estrato superficial o en base a perfiles térmicos a través de la columna de agua.   |
|   | Bahía                | ✓       |  |
|   | Canales y esteros    | ✓       |  |
|   | Fiordos              | ✓       |  |
|   | Estuarios            | ✓       |  |
|   | Lagos                | ✓       |  |
|   | Ríos                 | ✓       |  |
| Tipo de cultivo   | Intensivo            | ✓       | Desde una perspectiva ambiental, las mediciones de esta variable pueden ser realizadas independientemente del tipo de cultivo. Desde un enfoque del manejo del cultivo, esta variable se torna vital para aquellos de tipo intensivo.  |
|   | Extensivo            | ✓       |  |
| Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental | POAL- DIRECTEMAR     | ✓       | Este parámetro es considerado dentro de la mayoría de los programas de seguimiento. En los dos programas restantes (SERNAPESCA y CONAMA) no se señala explícitamente que se mida temperatura.  |
|   | RCAS- DGA            | ✓       |  |
|   | RMCL - DGA           | ✓       |  |
|   | PSMB/UE - SERNAP     | ✓       |  |
|   | PSMB/EU - SERNAP     | ×       |  |
|   | RESEIA - CONAMA      | ×       |  |
|   | PMF - INTESAL        | ✓       |  |
| Ejecución de la actividad de muestreo                                 | Simple               | ✓       | Dado que la temperatura es una propiedad física del agua, propia de un tiempo y espacio determinado, las mediciones son directas y se efectúan <i>in situ</i> . El procedimiento de medición de la temperatura a nivel del agua superficial es más simple y rápido, en comparación con el registro para perfiles térmicos el cual requiere de instrumental más específico y una mayor especialización del personal técnico que opera el instrumento. |
|   | Moderada             | ✓       |  |
|   | Compleja             | ×       |  |
| Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio                   | Rutinario            | NA      | Dado que este tipo de mediciones se realiza en terreno, no involucra actividades de laboratorio. Sin embargo, el instrumental empleado como son termómetros y, especialmente CTDs, requieren ser calibrados periódicamente.  |
|   | Requiere experiencia | NA      |  |
|   | Complejo             | NA      |  |

|   |                          |   |   |
|---|--------------------------|---|---|
| <b>Valor económico del análisis por muestra</b> | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓ | Para medir temperatura a nivel superficial de la columna de agua, tradicionalmente se emplea termómetro de columna de mercurio; mientras que para registros de profundidad actualmente el empleo de CTD o teletermómetros es lo más habitual. El costo de termómetros es barato, mientras que su mantención es simple. Los CTD son equipos más caros (millones de pesos) que requieren mayor mantención y calibraciones periódicas, generalmente en los servicios técnicos de la marca proveedora en el extranjero. La medición con termómetro es barata; mientras que la de CTD depende del valor del arriendo y del número de estaciones/día. |
|   | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | ✗ |   |
|   | Alto ( $> 3$ UF)         | ✗ |   |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

## **b. Conductividad/Salinidad**

### ***Fundamento***

La conductividad o salinidad es una medida de la capacidad del agua (u otro medio) para conducir una corriente eléctrica, considerando la concentración total de iones inorgánicos (sales) presentes en el agua.

Existe una considerable confusión sobre cómo se informa acerca de las sustancias disueltas totales en las aguas, siendo común el uso de los siguientes términos: "sales disueltas totales", "sólidos disueltos totales", "salinidad", "conductividad" y "residuo filtrable" (APHA, 1990). La salinidad y la conductividad eléctrica son métodos relativamente simples que pueden aportar una amplia caracterización de la cantidad de material inorgánico disuelto en una muestra de agua en particular. Según la ANZECC (1992), la relación más frecuentemente empleada para convertir una medida de CE a otra equivalente de concentración de residuo filtrable es: residuo filtrable (mg/L) =  $0,68 \times \text{conductividad } (\mu\text{S/cm})$ . Por otra parte, no existe una relación lineal universal entre las sustancias disueltas totales y la conductividad.

Los sólidos disueltos totales en el agua consisten de sales inorgánicas y materiales disueltos. En aguas naturales, las sales son compuestos químicos que comprenden aniones tales como carbonatos, cloruros, sulfatos y nitratos; y cationes como potasio, magnesio, calcio y sodio. En condiciones ambientales, estos compuestos están presentes en proporciones que crean una solución balanceada. Si hay aportes adicionales de sólidos disueltos al sistema acuático, el balance se altera y surgen efectos indeseables.

La concentración natural de sales se encuentra ampliamente influenciada por las formaciones geológicas (James and Evison, 1979). Por ejemplo, en áreas sin fallas geológicas y con formaciones de tipo ígneas es esperable encontrar condiciones de baja salinidad (Perfetti and Terrel, 1989), mientras que en áreas cubiertas por antiguos sedimentos marinos mayor la ocurrencia de altos niveles de sólidos disueltos.

En aguas dulces, los elementos que contribuyen significativamente a la salinidad pueden variar dependiendo de las precipitaciones y geología del área. Comúnmente, el agua dulce contiene relativamente altas concentraciones de carbonato, ácido silícico, calcio, magnesio y sodio (Stumm and Morgan, 1981).

La salinidad se emplea para medir la concentración total de iones (principalmente  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ , aunque también  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ) en aguas estuarinas y marinas cuya salinidad es cercana a las 32 partes por mil (‰). La salinidad varía dependiendo de la naturaleza del cuerpo de agua y de su ubicación en el espectro que va desde aguas de mar a aguas dulces. Los valores típicos de salinidad son menores que 0,5‰ a 30‰ para aguas salobres y 30‰ a 40‰ para aguas marinas.

La conductividad eléctrica (CE), se emplea para medir la concentración total de iones en aguas dulces y salobres, expresándose en microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) a una temperatura de 25°C. Las aguas dulces generalmente tienen una conductividad menor que 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Las mediciones de salinidad y conductividad indican si la naturaleza química de los ecosistemas acuáticos está siendo alterada y proporciona una aleta de la potencial pérdida de biota nativa.

### **Efectos**

Los organismos acuáticos se clasifican en estenohalinos (adaptados a un estrecho rango de salinidad) o eurihalinos (toleran un amplio rango de salinidad, hasta 10.000 a 15.000 mg/L). Dado que la mayoría de los organismos acuáticos son estenohalinos, los cambios en salinidad que se producen en el medio acuático pueden afectarlos de dos maneras:

- toxicidad directa a través de cambios fisiológicos (particularmente en las funciones de osmorregulación); tanto el aumento como la disminución de la salinidad puede generar efectos adversos
- indirectamente modificando la composición específica del ecosistema y afectando a las especies que proporcionan alimentos o refugio

Mientras que la biota de ambientes dulceacuícolas es más vulnerable a un aumento en los niveles de salinidad, las comunidades marinas y estuarinas son igualmente susceptibles frente a una disminución de la salinidad.

En ambientes dulceacuícolas, la presencia de altos niveles de salinidad puede interferir con el crecimiento de la vegetación acuática. El ingreso de sales a la célula disminuye la presión osmótica, causando la pérdida de agua desde su interior.

Por otra parte, en ambientes estuarinos la biota generalmente es más tolerante a las fluctuaciones de salinidad. Bajo condiciones naturales, el agua de un estuario puede variar desde agua dulce a agua salobre, dependiendo del caudal de los ríos que descargan en éste. Las comunidades acuáticas en este tipo de ambientes se ubican de acuerdo con los niveles de salinidad más apropiados a sus condiciones ecofisiológicas. De modo que si el volumen de agua dulce que ingresa al estuario fluctúa en forma importante como para incidir en los patrones isohalinos (áreas de salinidad similar), las especies pueden ser desplazadas y el ecosistema puede verse alterado.

La salinidad es un factor tremendamente importante en los peces, ya que deben mantener en sus cuerpos una concentración de las sales disueltas a un nivel constante. Mediante los procesos de osmorregulación los peces gastan energía para ajustar sus niveles salinos tisulares a niveles normales. Cada organismo tiene un rango de salinidad en el cual crece en forma óptima; cuando se producen desequilibrios que llevan al pez a estar fuera de este rango, éste necesita una mayor proporción de energía para mantener la concentración salina interna.

**Criterios de selección: Conductividad/Salinidad**

| Criterio  | Categoría         | Si✓ No× | Comentario   |
|---|-------------------|---------|--|
| Matriz ambiental  | Agua              | ✓       | Considerando que la medición de esta variable se basa en la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica, no cabe otra posibilidad de selección en la matriz ambiental.  |
|   | Sedimentos        | ×       |  |
|   | Biota             | ×       |  |
| Ambiente acuático   | Marino            | ✓       | De acuerdo a los fundamentos expuestos, la conductividad se mide en aguas dulces, mientras que la salinidad en aguas salobres y salinas.   |
|   | Dulceacuícola     | ✓       |  |
| Cuerpo de agua  | Costa abierta     | ✓       | Por las propiedades que presentan ambas variables, es posible cubrir todo el espectro de cuerpos de agua. De este modo, se recomienda la medición de la conductividad para aguas de ríos y lagos, mientras que para los cuerpos de agua restantes es la salinidad la variable más indicada.  |
|   | Bahía             | ✓       |  |
|   | Canales y esteros | ✓       |  |
|   | Fiordos           | ✓       |  |
|   | Estuarios         | ✓       |  |
|   | Lagos             | ✓       |  |
|   | Ríos              | ✓       |  |
| Tipo de cultivo   | Intensivo         | ✓       | La medición de esta variable puede realizarse en ambientes que alberguen ambos sistemas de cultivo.  |
|   | Extensivo         | ✓       |  |
| Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental | POAL - DIRECTEMAR | ×       | En los programas de seguimiento de la DGA y del SERNAPESCA se mide la conductividad del agua. Sólo en el Programa de Monitoreo de Fitoplancton se efectúan mediciones periódicas de salinidad.   |
|   | RCAS - DGA        | ✓       |  |
|   | RMCL - DGA        | ✓       |  |
|   | PSMB/UE - SERNAP  | ✓       |  |
|   | PSMB/EU - SERNAP  | ×       |  |
|   | RESEIA - CONAMA   | ×       |  |
|   | PMF - INTESAL     | ✓       |  |
| Ejecución de la actividad de muestreo                                 | Simple            | ✓       | Esta variable puede ser medida <i>in situ</i> o en el laboratorio mediante muestras previamente recolectadas. La medición directa se efectúa mediante sondas multiparamétricas o sensores del CTD. En ambos casos se requiere conocimiento sobre la operación de los equipos. En caso que las mediciones se realicen en el laboratorio, los procedimientos de recolección y almacenamiento de las muestras de agua son simples de efectuar. En cuanto a la conductividad, la medición se realiza en terreno mediante sensores específicos. |
|   | Moderada          | ✓       |  |
|   | Compleja          | ×       |  |

|  |                          |   |   |
|--|--------------------------|---|---|
| <b>Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio</b> | Rutinario                | ✓ | El análisis en laboratorio es un procedimiento conocido y de alta demanda en el campo de investigación en ciencias del mar.   |
|  | Requiere experiencia     | ✗ |   |
|  | Complejo                 | ✗ |   |
| <b>Valor económico del análisis por muestra</b>            | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓ | Dado que actualmente se cuenta en los laboratorios con equipos analíticos para la medición de salinidad en forma rutinaria, el costo de estos análisis es bajo y generalmente se reduce con el análisis de un mayor número de muestras. En promedio, el valor de un análisis de salinidad cuesta alrededor de 0,5 UF. |
|  | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | ✗ |   |
|  | Alto ( $> 3$ UF)         | ✗ |   |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

### c. pH

#### **Fundamento**

El pH del agua corresponde a la concentración del ión hidrógeno ( $[H^+]$ ), que se expresa como el logaritmo negativo de la concentración de este ión ( $\log [H^+]$ ). Ya que el pH se basa en una escala de logaritmo base 10, el pH cambia en una unidad por cada potencia de 10 en la concentración de iones de  $H^+$ . Por ejemplo, una muestra de agua con un pH 3 tiene 100 veces la cantidad de  $[H^+]$  en comparación con la que se encuentra en una muestra acuosa de pH 5.

El pH del agua está controlado por el equilibrio de los compuestos disueltos en el sistema. En aguas naturales, el pH es principalmente una función del sistema del carbonato, el cual se compone por dióxido de carbono ( $CO_2$ ), ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ), bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) y carbonato ( $CO_3^{2-}$ ) (AWWA, 1990; EPA, 1986). Este sistema tampón ("buffer") es particularmente estable y efectivo en aguas marinas (Stumm y Morgan, 1996).

Sin embargo, existen aguas continentales que pueden tener una condición naturalmente ácida debido a la presencia de sustancias húmicas en su composición, caracterizándose por un pH que fluctúa en el rango 5,0-6,0 unidades. En este tipo de ambientes, el pH está controlado por la concentración de materia orgánica natural más que por el sistema tampón carbonato-bicarbonato señalado para aguas marinas.

El pH de una solución acuosa está controlado por reacciones químicas interrelacionadas que producen o consumen iones de hidrógeno (Hem, 1985). El pH del agua es un índice que permite conocer el estado de equilibrio de las reacciones en las cuales participa el agua (Hem, 1985). De allí que el pH del agua afecte directamente las funciones fisiológicas de plantas y animales y, en consecuencia sea un importante indicador de las condiciones ambientales de un sistema acuático.

La mayoría de las aguas continentales (*i.e.* ambientes dulceacuícolas) tienen un pH que varía entre 6,5 y 8 unidades, mientras que en la mayoría de las aguas marinas este valor se mantiene cercano a 8,2 unidades.



En aguas con una baja capacidad tampón, el pH puede cambiar dramáticamente durante el día (diurno), particularmente si existe una alta productividad primaria. Durante el horario diurno, la alta producción del fitoplancton utiliza  $\text{CO}_2$  disuelto a una tasa mayor en comparación con la que se reemplaza desde la atmósfera, lo que conduce a un desplazamiento en el equilibrio del sistema  $\text{CO}_2$ - $\text{HCO}_3^-$  generando un aumento del pH. Bajo condiciones nocturnas, el equilibrio se restablece por el intercambio del  $\text{CO}_2$  atmosférico y el pH se reduce a un nivel de aproximadamente 6 unidades.

Finalmente, cabe señalar que existe una serie de factores que pueden comprometer el equilibrio del sistema, generando condiciones ácidas en las aguas continentales: geológicos, agricultura, "lluvia ácida" y lixiviados procedentes de relaves mineros.

### **Efectos**

Cambios en el pH pueden afectar la fisiología de los organismos (*i.e.* enzimas, procesos de intercambio a nivel de membranas, entre otros). Revisiones efectuadas por distintos autores sobre los efectos en comunidades dulceacuícolas debidos a cambios en las condiciones de pH no indican efectos letales agudos en peces dentro de un rango de 5 a 9 unidades (Alabaster y Lloyd, 1982; CCREM, 1991). Por otra parte, se han reportado efectos crónicos deletéreos bajo un pH 5 principalmente sobre huevos y crías (ANZECC, 1992). Además, valores de pH moderados ( $< 6,0$ ) han sido asociados con una disminución en poblaciones de peces debido a fallas durante el período de desove y a un éxito reducido en la etapa de eclosión de las crías.

El pH del agua empleada en acuicultura puede afectar la salud de los peces directamente. Para la mayoría de las especies, un pH entre 6,5 y 9 es ideal. Bajo el límite inferior la especie experimenta un crecimiento lento (Lloyd, 1992). A pH más bajos, los peces ven afectada su capacidad para mantener el equilibrio salino y se detiene su actividad reproductiva. A pH 4 o menor y a pH 11 o superior, la mayoría de las especies muere (Lawson, 1995).

Variaciones en el pH también pueden generar efectos tóxicos indirectos sobre la biota acuática debido a cambios en la toxicidad de varios contaminantes. Por ejemplo, bajos valores de pH pueden aumentar la toxicidad del cianuro y del aluminio, fomentar los procesos de desorción de metales desde los sedimentos y reducir la cantidad de fósforo inorgánico disuelto y de dióxido de carbono disponibles para la fotosíntesis

del fitoplancton. Otro efecto que se asocia con la acidificación de los sistemas acuáticos es la inhibición de la actividad microbiana en la zona bentónica, lo que reduce la descomposición y el reciclaje de nutrientes. Por otra parte, un aumento de este parámetro incrementa la toxicidad del amonio (ANZECC, 1992) y, además, ocasionar un alza en las concentraciones de amonio (USEPA, 1986).

Para aguas marinas se dispone de menor cantidad de antecedentes sobre cómo afectan los cambios de pH a los organismos que viven en este tipo de ambientes. El rango de valores de pH en el mar es consideradamente menor en comparación a las aguas continentales, ya que típicamente oscila entre 8,0 y 8,3 unidades. Sin embargo, la variabilidad puede aumentar en aguas costeras con alta actividad biológica. La USEPA (1986) señala que el plancton marino e invertebrados bentónicos son más sensibles a los cambios de pH en relación a los peces que habitan estas aguas

**Crterios de seleccin: pH**

| Criterion   | Category          | Si ✓ No * | Commentary  |
|---|-------------------|-----------|---|
| Matriz ambiental  | Agua              | ✓         | Dado que un aserie de procesos y reacciones químicas dependen fundamentalmente del pH del agua, se ha seleccionado esta matriz para la medición de esta variable.   |
|   | Sedimentos        | ✗         |   |
|   | Biota             | ✗         |   |
| Ambiente acuático   | Marino            | ✓         | Si bien los cambios de pH tienen un mayor efecto sobre las propiedades del agua dulce, también se recomienda su medición en aguas marinas ya que la ocurrencia de procesos naturales podrían afectar los valores de este parámetro.   |
|   | Dulceacuícola     | ✓         |   |
| Cuerpo de agua  | Costa abierta     | ✓         | Las mediciones de pH pueden ser realizadas en cualquier tipo de ambiente acuático; desde un punto de vista operativo, es recomendable tener en mente que las gradientes de salinidad y temperatura afectan este tipo de mediciones, por lo cual los instrumentos deben ser compensados durante su empleo en terreno.  |
|   | Bahía             | ✓         |   |
|   | Canales y esteros | ✓         |   |
|   | Fiordos           | ✓         |   |
|   | Estuarios         | ✓         |   |
|   | Lagos             | ✓         |   |
|   | Ríos              | ✓         |   |
| Tipo de cultivo   | Intensivo         | ✓         | Los registros de esta variable pueden realizarse en cuerpos de agua que alberguen ambos tipos de sistemas de cultivo. Cabe señalar que en aquellos cuerpos acuáticos que sustentan cultivos intensivos, la medición del pH cobra importancia para el mantenimiento de los ejemplares en cautiverio.   |
|   | Extensivo         | ✓         |   |
| Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental | POAL - DIRECTEMAR | ✗         | Este parámetro se incluye en tres programas de monitoreo. Para condiciones marinas, sólo SERNAPESCA lo considera en su Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos para la Unión Europea.  |
|   | RCAS - DGA        | ✓         |   |
|   | RMCL - DGA        | ✓         |   |
|   | PSMB/UE - SERNAP  | ✓         |   |
|   | PSMB/EU - SERNAP  | ✗         |   |
|   | RESEIA - CONAMA   | ✗         |   |
|   | PMF - INTESAL     | ✗         |   |
| Ejecución de la actividad de muestreo                                 | Simple            | ✓         | Dada la labilidad de este parámetro, las mediciones deben ser realizadas <i>in situ</i> , inmediatamente después de haber recolectado la muestra. La ejecución de la medición es simple y requiere el empleo de un sensor de pH; por lo demás, actualmente la mayoría de estos instrumentos están provistos con sistemas de autocompensación. Debido a su subjetividad, no se recomienda el empleo de papel tornasol para la estimación de los valores de pH. |
|   | Moderada          | ✗         |   |
|   | Compleja          | ✗         |   |

|  |                          |   |   |
|--|--------------------------|---|---|
| <b>Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio</b> | Rutinario                | ✓ | No es recomendable realizar estas mediciones en el laboratorio, a menos que se asegure un lapso menor a una hora entre que se toma la muestra y se realiza la medición.   |
|  | Requiere experiencia     | ✗ |   |
|  | Complejo                 | ✗ |   |
| <b>Valor económico del análisis por muestra</b>            | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓ | Si bien se requiere de una inversión inicial para disponer de un pHmetro y de este modo realizar mediciones en terreno, dado el uso frecuente de este instrumento las mediciones resultan tener un bajo costo a mediano plazo. En todo caso, el valor de una medición de pH en un laboratorio, por lo general varía entre 0,5 y 0,8 UF. |
|  | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | ✗ |   |
|  | Alto ( $> 3$ UF)         | ✗ |   |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

#### **d. Granulometría**

##### ***Fundamento***

El sedimento se compone de partículas orgánicas e inorgánicas de distintos tamaños. El origen de estas partículas tiene principalmente cinco fuentes naturales: terrígena, biógena, piroclástica, autógena y cósmica.

Las características físicas de los sedimentos, entre ellas la granulometría de las partículas, y ciertos aspectos químicos del sedimento (*i.e.* contenido de carbono orgánico total) tienen influencia directa sobre la distribución de la macrofauna bentónica y sobre los procesos de acumulación de contaminantes en los sedimentos. El conocimiento de la distribución del tamaño de las partículas facilita la interpretación de la respuesta que exhiben otros indicadores (*i.e.* metales pesados) y la proporción con que se concentran distintos tipos de sustancias sobre los fondos.

##### ***Efectos***

Diversos estudios demuestran que los niveles de distintos contaminantes presentes en la matriz sedimentaria, son proporcionales al tamaño medio de los granos. Es decir, aquellos fondos que contienen una mayor cantidad de fracciones finas (fangos) adsorben una mayor proporción de contaminantes en comparación a gravas o arenas. La razón radica en una mayor superficie de adsorción que tienen las partículas más pequeñas en relación con el volumen de la misma.

**Criterios de selección: Granulometría**

| Criterio  | Categoría         | Si✓ No* | Comentario   |
|---|-------------------|---------|--|
| Matriz ambiental  | Agua              | ✗       | Por definición la granulometría está intrínsecamente relacionada con la textura de la matriz sedimentaria, considerada como receptáculo natural de sustancias que se forman en la columna de agua o que viajan a través de ésta procedentes desde la superficie.   |
|   | Sedimentos        | ✓       |  |
|   | Biota             | ✗       |  |
| Ambiente acuático   | Marino            | ✓       | Los fondos no consolidados se encuentran presentes en ambos tipos de ambientes acuáticos, aunque la dinámica de los procesos que intervienen pueden manifestar ciertas diferencias.  |
|   | Dulceacuícola     | ✓       |  |
| Cuerpo de agua  | Costa abierta     | ✓       | Los fondos sedimentarios se encuentran presentes en la mayoría de las cuencas acuáticas, difiriendo en su granulometría según la energía cinética propia del cuerpo de agua, según se trate de ambientes sujetos a procesos erosivos, depositacionales o en equilibrio. La composición granulométrica y los procesos que intervienen en la dinámica de esta matriz tienen incidencia directa o potencial sobre el comportamiento de las sustancias contaminantes que alcanzan las partículas de sedimento.   |
|   | Bahía             | ✓       |  |
|   | Canales y esteros | ✓       |  |
|   | Fiordos           | ✓       |  |
|   | Estuarios         | ✓       |  |
|   | Lagos             | ✓       |  |
|   | Ríos              | ✓       |  |
| Tipo de cultivo   | Intensivo         | ✓       | Considerando que los sistemas de cultivo intensivo tienen un efecto directo sobre esta variable, se recomienda el seguimiento de la composición granulométrica como una variable que permite interpretar los valores de los contenidos de otros parámetros ligados a los sedimentos. Si bien los cultivos extensivos no tienen mayor efecto sobre la granulometría de los sedimentos, eventualmente la instalación de cultivos en ambientes depositacionales puede significar una mayor acumulación de sustancias potencialmente nocivas debido a la ocurrencia de sedimentos de granulometría fina. |
|   | Extensivo         | ✓       |  |
| Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental | POAL- DIRECTEMAR  | ✗       | De los programas de seguimiento actualmente vigentes a nivel nacional, sólo en los monitoreos requeridos a titulares de centros de cultivo se exige la caracterización de la granulometría de los sedimentos en base a la proporción de gravas, arenas y fangos.   |
|   | RCAS- DGA         | ✗       |  |
|   | RMCL - DGA        | ✗       |  |
|   | PSMB/UË - SERNAP  | ✗       |  |
|   | PSMB/EU - SERNAP  | ✗       |  |
|   | RESEIA - CONAMA   | ✓       |  |
| PMF - INTESAL   | ✗                 |         |  |
| Ejecución de la actividad de muestreo                                 | Simple            | ✓       | La obtención de las muestras de sedimento es una actividad simple que puede ser ejecutada por un buzo comercial en base a indicaciones previas, sobre cómo extraer la muestra desde el fondo sedimentario. La tarea puede requerir mayor destreza técnica cuando se trata de operar dragas o tomafondos en caso que la profundidad sea mayor a la accesible por buceo.   |
|   | Moderada          | ✓       |  |
|   | Compleja          | ✗       |  |

|  |                          |   |   |
|--|--------------------------|---|---|
| <b>Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio</b> | Rutinario                | x | El análisis de muestras de sedimento para granulometría requiere de entrenamiento previo para la operación de un equipo (tamizador) y para efectuar los cálculos de rigor. Aunque existen en el mercado equipos computadorizados para efectuar el procedimiento completo, esta condición requiere de personal técnico más especializado para su operación.  |
|  | Requiere experiencia     | ✓ |   |
|  | Complejo                 | x |   |
| <b>Valor económico del análisis por muestra</b>            | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓ | Este tipo de análisis no se encuentra disponible en la mayoría de los laboratorios, ya que requiere un tratamiento previo de la muestra (secado) para luego realizar el cernido cuantitativo en un tamizador ("shaker"). Por lo general, un análisis de esta naturaleza bordea el valor de 1 UF por muestra. Sin embargo, y dependiendo de un mejor equipamiento tecnológico del laboratorio, lo cual redundaría en el menor tiempo de respuesta, el costo puede pasar a la categoría siguiente (entre 1 a 3 UF). |
|  | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | ✓ |   |
|  | Alto ( $> 3$ UF)         | x |   |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

## **e. Profundidad**

### ***Fundamento***

La profundidad como parámetro proporciona información sobre la altura de la columna de agua en el punto de muestreo. A cortas escalas de tiempo, la profundidad de los fondos depende entre otros factores de la altura de mareas al momento de efectuar la medición, de procesos tectónicos catastróficos y de la dinámica de la cubierta sedimentaria, ya que los fondos blandos experimentan procesos de acreción y erosión debido a las corrientes de fondo y a los aportes terrestres (*i.e.* embancamiento). De allí que el valor de este parámetro puede variar notablemente en zonas de alta energía. Los cambios en la profundidad pueden tener efectos importantes sobre los procesos de circulación que ocurren en la columna de agua.

### ***Efectos***

En algunos casos, algunos parámetros físicos pueden ser empleados para predecir parámetros biológicos. Por ejemplo, la profundidad promedio ha sido usada como un indicador de productividad. Los lagos someros tienden a ser más productivos, en comparación con aquellos lagos profundos de cubetas con alta pendiente.

Si bien la profundidad de la columna de agua se encuentra asociada con diversos efectos fisiológicos sobre los organismos, que dependen íntimamente de la presión, desde un punto de vista ambiental la profundidad cobra relevancia para la ocurrencia de procesos o fenómenos ligados con la dinámica del cuerpo de agua. Por ejemplo, el desarrollo de una termoclina en cuencas profundas o la dependencia de la condición ambiental de la columna de agua en relación con sedimentos reductores en fondos someros.



**Criterios de selección: Profundidad**

| Criterio   | Categoría         | Si✓ No× | Comentario  |
|--|-------------------|---------|---|
| <b>Matriz ambiental</b>  | Agua              | ✓       | Corresponde a la altura que alcanza la columna de agua, medida desde la interfase aire-agua hasta el límite con la matriz sedimentaria. En este volumen de la matriz acuosa se desarrollan procesos físicos, químicos y biológicos que son relevantes para todo el ecosistema.  |
|  | Sedimentos        | ×       |   |
|  | Biota             | ×       |   |
| <b>Ambiente acuático</b>   | Marino            | ✓       | Esta variable tiene importancia en ambos tipos de ambientes acuáticos, ya que es independiente de la condición salina del cuerpo de agua.   |
|  | Dulceacuícola     | ✓       |   |
| <b>Cuerpo de agua</b>  | Costa abierta     | ✓       | No existe impedimento para medir la profundidad de la columna de agua en los distintos tipos de ambientes acuáticos. En cuerpos de agua marinos, esta variable depende fundamentalmente de la altura de mareas y del oleaje; mientras que en lagos y ríos está sujeta a condiciones de estiaje debido al balance de aportes ( <i>i.e.</i> precipitaciones) y egresos ( <i>i.e.</i> evaporación, infiltración).                  |
|  | Bahía             | ✓       |   |
|  | Canales y esteros | ✓       |   |
|  | Fiordos           | ✓       |   |
|  | Estuarios         | ✓       |   |
|  | Lagos             | ✓       |   |
|  | Ríos              | ✓       |   |
| <b>Tipo de cultivo</b>   | Intensivo         | ✓       | La profundidad de la columna de agua juega un papel importante en aquellos cuerpos de agua que sustentan cultivos de tipo intensivos, debido a procesos de desorción que ocurren en los sedimentos pueden afectar rápidamente la condición de la matriz acuosa. En sectores que albergan cultivos extensivos, los procesos que ocurren en la columna de agua dependen más bien de las condiciones naturales del cuerpo de agua. |
|  | Extensivo         | ✓       |   |
| <b>Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental</b> | POAL- DIRECTEMAR  | ✓       | Sólo en los dos programas de monitoreo indicados se señala explícitamente que se realizan registros de profundidad.   |
|  | RCAS- DGA         | ×       |   |
|  | RMCL - DGA        | ×       |   |
|  | PSMB/UE - SERNAP  | ×       |   |
|  | PSMB/EU - SERNAP  | ×       |   |
|  | RESEIA - CONAMA   | ×       |   |
| PMF - INTESAL  | ✓                 |         |   |
| <b>Ejecución de la actividad de muestreo</b>                                 | Simple            | ✓       | La medición de la profundidad es un procedimiento simple que en fondos someros puede ser efectuado mediante un escandallo. Para mayor precisión, el buzo puede leer la profundidad desde su profundímetro. A profundidades mayores (> 30 m) se hace necesario el empleo de un ecosonda portátil.  |
|  | Moderada          | ×       |   |
|  | Compleja          | ×       |   |

|  |                          |    |   |
|--|--------------------------|----|---|
| <b>Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio</b> | Rutinario                | NA | Esta medición por definición se realiza en terreno.   |
|  | Requiere experiencia     | NA |   |
|  | Complejo                 | NA |   |
| <b>Valor económico del análisis por muestra</b>            | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓  | A menos que se invierta en la adquisición de un equipo ecosonda y se prorratee su valor al período de vida útil de este equipo, no está valorada la medición de la profundidad. Por otra parte, prácticamente todas las embarcaciones de mediana envergadura ( <i>i.e.</i> lanchas) están provista de un sistema de medición de la profundidad. |
|  | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | ×  |   |
|  | Alto ( $> 3$ UF)         | ×  |   |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

**Indicadores de exposición**

A continuación, se señalan los parámetros que a juicio de los autores aportan mayor información sobre los efectos que ejercen las actividades de acuicultura en el ambiente acuático.

Para el presente proyecto, se recomiendan los siguientes indicadores de exposición:

1. Propiedades ópticas (claridad visual y color)
2. Turbidez (sólidos suspendidos y sólidos sedimentables)
3. Oxígeno disuelto
4. Cloro residual
5. DBO<sub>5</sub>
6. Carbono orgánico total
7. Fósforo total
8. Nitrógeno total
9. Clorofila  $\alpha$
10. Sulfuros
11. Coliformes fecales
12. Antibióticos

### a. Propiedades ópticas

#### **Fundamento**

La luz es esencial para que un ecosistema acuático persista en el tiempo. Las plantas requieren luz para crecer (*i.e.* autotrofia), mientras que otros organismos dependen indirectamente de ella (*i.e.* heterótrofos) ya que se alimentan de éstas para su sobrevivencia. De este modo, cuando la calidad (color) y la cantidad (claridad y penetración) de luz cambian en forma significativa, puede ocurrir un "efecto cascada" al interior del ecosistema que involucra a los distintos componente bióticos que lo integran. La atenuación de la luz a través de la columna de agua puede estar influida por fenómenos de dispersión y absorción, cuya expresión depende de la presencia de material particulado suspendido y disuelto (*i.e.* sedimentos, nutrientes, sustancias químicas, entre otros). Así también, la transmisión de la luz a través de la columna de agua influencia la productividad primaria (fitoplancton y macrofitas), la distribución de los organismos y el comportamiento de los peces

Un importante parámetro que depende de la transmisión de la luz es la profundidad a la cual es posible la actividad fotosintética. La intensidad luminosa mínima requerida para que se efectúe la fotosíntesis es aproximadamente el 1% de la luz incidente superficial (Cole, 1979). El tramo de la columna de agua a la cual se registra el 1% de la intensidad luminosa se denomina zona eufótica.

La claridad óptica de un cuerpo de agua es una de sus características físicas fundamentales. La turbidez está determinada por dos grupos de factores: los componentes particulados que incluyen partículas suspendidas y algas; y, los componentes disueltos, los cuales afectan el color del agua, particularmente los ácidos húmico y fúlvico (APHA, 1992).

Los diferentes componentes que integran un ecosistema se encuentran adaptados a distintos niveles de iluminación. La estructura comunitaria y la biomasa vegetal de un ecosistema están determinadas por el régimen de luz, en conjunto con la concentración de nutrientes, temperatura y regímenes de mezcla (Reynolds, 1984). Los cambios en la claridad del agua pueden producir modificaciones en el fitoplancton dominante y en la sucesión estacional de los grupos fitoplanctónicos (Reynolds, 1984).. Además, una disminución de la turbidez reduce la productividad primaria de los sistemas y condiciona un crecimiento ventajoso del fitoplancton por sobre las macrófitas o el perifiton (Davies-Colley, 1991; Vant *et al.*, 1987). El

cambio de los productores primarios tendrá profundos efectos sobre otros componentes tróficos del ecosistema.

También las alteraciones en la claridad del agua pueden generar efectos a niveles tróficos superiores, por ejemplo, en la capacidad de caza de aquellos predadores cuya visión es imprescindible para atrapar sus presas. Sin embargo, la real importancia de este efecto se desconoce ampliamente (Davies-Colley, 1991).

Las mediciones de claridad visual, color y penetración de la luz pueden ser empleadas para indicar en qué grado un ecosistema se encuentra alterado por la presencia de partículas en la matriz acuosa. De estos tres indicadores, los dos primeros son los más sencillos de medir aportando información útil sobre la calidad óptica del cuerpo de agua.

### **Claridad visual**

La claridad es una medida de cuan clara o transparente es el agua. Indica cuanta luz está disponible para la fotosíntesis a diferentes profundidades. La claridad visual puede ser determinada en terreno simplemente utilizando un disco Secchi, un aparato que consiste en un disco de 30 cm de diámetro pintado con segmentos alternos blancos y negros el cual se encuentra sujeto a un cabo graduado. El disco Secchi se sumerge verticalmente en la columna de agua hasta que desaparece de la vista del observador y luego se sube hasta hacerse nuevamente visible a simple vista. El promedio de las dos profundidades es igual a la profundidad del disco Secchi.

### **Color**

El color aparente de un cuerpo de agua resulta de la dispersión de la luz luego de haber viajado a través de la columna de agua y de haber experimentado procesos de atenuación selectiva (reducción en la intensidad por absorción y reflexión) durante su recorrido (Wetzel, 1975). Por lo general, cerca del 3% de la que incide en el agua retorna a la atmósfera como luz difusa, aunque este porcentaje puede variar ampliamente. El color del agua puede obedecer a distintos factores. Una primera causa obedece a la presencia de sustancias húmicas en el agua, cuyo origen se debe a un material de naturaleza coloidal de coloración café oscura que es producido por las plantas en descomposición. Cabe señalar que existen algunos factores que pueden influenciar el color de las sustancias húmicas, como son el tipo de vegetación

y la cantidad de hierro y manganeso acomplejado con estas sustancias. El color también depende de la presencia de fitoplancton, por ejemplo el color verde-azulado depende de la ocurrencia de cianobacterias.

Buscando el desarrollo de métodos objetivos para cuantificar la coloración de aguas, algunos autores recomiendan medir la absorbancia (456 nm) de muestras de agua filtrada y luego calibrar contra estándares de color Pt-Co (Bennett and Drikas, 1993). Actualmente, el método para establecer la intensidad de color de una muestra de agua se basa en técnicas visuales de tipo comparativas.

### **Penetración de la luz**

Un índice-útil para estimar la penetración de la luz solar difusa en un cuerpo de agua es la medición de la profundidad de la capa eufótica, que corresponde a la profundidad a la cual la radiación fotosintéticamente activa o disponible (conocida por la sigla PAR en inglés) se reduce a cerca del 1% del nivel existente en el estrato de agua superficial. La medición de la PAR se determina mediante un sensor. El uso de esta medición como indicador de la turbidez tiene ventajas sobre algunas otras técnicas; es más objetiva en comparación a la que se realiza con la profundidad del disco Secchi y, además, es directa y fácil de realizar. Sin embargo, se reconoce que este parámetro no cuantificará cambios en el régimen de la luz asimilada en los procesos fotosintéticos, de la forma en que se realiza a través de la medición de la PAR.

En vista de la realidad nacional, se recomienda que las propiedades ópticas del agua sean estimadas mediante la técnica de disco Secchi o mediciones de la intensidad de color, o una combinación de ambas. Estas mediciones deberían ser complementadas con observaciones sobre nubosidad y hora del día en que fue realizada la medición.

### **Efectos**

Probablemente, la luz es uno de los componentes más importantes para un ecosistema y cualquier cambio que ocurra en el régimen de iluminación normal afectará potencialmente a todas las especies presentes, ya sea en forma directa o indirecta. Dado que las propiedades ópticas del agua dependen en un alto grado de la presencia de materiales particulados y disueltos, los efectos dependen directamente de la concentración

de estas sustancias. Con el aumento en los niveles de turbidez, se afecta directamente la luz solar disponible para la fotosíntesis que realiza el fitoplancton.

Los requerimientos mínimos de iluminación que necesitan las macrófitas sumergidas (incluyendo macroalgas marinas) dependen de su valor de carbono específico (biomasa de la planta por unidad de área superficial de luz absorbida); o en otras palabras, los requerimientos lumínicos de la vegetación sumergida dependen en gran medida de la capacidad que éstas tengan para captar la luz. Los requerimientos lumínicos aumentan en promedio en un 0,04% de irradiancia superficial en relación a un incremento en un grado de latitud.

El color del agua también puede afectar los ecosistemas acuáticos influenciando la distribución espectral de la luz subacuática disponible para la fotosíntesis. El color no es un factor que se considere tenga un efecto tóxico sobre la mayoría de la biota acuática. Sin embargo, los ojos de algunos peces son espectralmente sensitivos (Lythgoe, 1979) y la ocurrencia de cambios en el espectro lumínico podrían afectar la composición vegetal y en consecuencia a otras especies que dependen de estas plantas como recursos alimentarios o refugio

**Criterios de selección: propiedades ópticas**

| Criterio  | Categoría            | Si✓ No× | Comentario   |
|---|----------------------|---------|--|
| Matriz ambiental  | Agua                 | ✓       | Las propiedades ópticas de la luz están definidas en este caso para un fluido líquido, por lo que las mediciones están diseñadas para ser realizadas en la matriz acuosa   |
|   | Sedimentos           | ×       |  |
|   | Biota                | ×       |  |
| Ambiente acuático   | Marino               | ✓       | Los indicadores seleccionados para estimar las propiedades ópticas del agua son aplicables tanto para ambientes marinos como dulceacuícolas.   |
|   | Dulceacuícola        | ✓       |  |
| Cuerpo de agua  | Costa abierta        | ✓       | No existe dificultad para efectuar mediciones de disco Secchi en cuerpos de agua que presentan diferencias en dinámica y geomorfología. De los cuerpos acuáticos señalados, sólo los ríos podrían presentar algunas inconveniencias de orden práctica para su aplicación, principalmente aquellos de baja profundidad, demasiado correntosos o de muy bajo caudal en época de estiaje. |
|   | Bahía                | ✓       |  |
|   | Canales y esteros    | ✓       |  |
|   | Fiordos              | ✓       |  |
|   | Estuarios            | ✓       |  |
|   | Lagos                | ✓       |  |
|   | Ríos                 | ✓       |  |
| Tipo de cultivo   | Intensivo            | ✓       | Dado que las propiedades ópticas del agua pueden experimentar cambios importantes producto del aumento en la concentración de material particulado en la columna de agua y ambos sistemas de cultivo se constituyen en fuentes generadoras potenciales de este tipo de alteraciones, se recomienda la aplicación de este indicador para ambas modalidades de cultivo.                  |
|   | Extensivo            | ✓       |  |
| Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental | POAL - DIRECTEMAR    | ✓       | De los programas señalados, las propiedades ópticas se estiman mediante la medición con disco Secchi. En el PMF del INTESAL, además se incluye información sobre el color del mar.   |
|   | RCAS - DGA           | ×       |  |
|   | RMCL - DGA           | ✓       |  |
|   | PSMB/UE - SERNAP     | ×       |  |
|   | PSMB/EU - SERNAP     | ×       |  |
|   | RESEIA - CONAMA      | ✓       |  |
|   | PMF - INTESAL        | ✓       |  |
| Ejecución de la actividad de muestreo                                 | Simple               | ✓       | La lectura de disco Secchi no presenta dificultad para su medición en terreno. El procedimiento es simple y el aparato es fácilmente manipulable sin experiencia previa. En caso que se recolecte muestras de agua para estimación del color, el procedimiento de muestreo tiene requerimientos similares a la obtención de muestras para otros parámetros.                            |
|   | Moderada             | ×       |  |
|   | Compleja             | ×       |  |
| Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio                   | Rutinario            | ✓       | Por definición, las mediciones de disco Secchi se efectúan en terreno. Por otra parte, los procedimientos de estimación del color en el laboratorio sólo implican el seguimiento de un protocolo bien establecido y cuya aplicación es rutinaria para un técnico.  |
|   | Requiere experiencia | ×       |  |
|   | Complejo             | ×       |  |



|  |                          |   |   |
|--|--------------------------|---|---|
| Valor económico del análisis por muestra | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓ | La valorización de una medición de disco Secchi no es simple. Sin embargo puede ser estimada por el valor día de arriendo de este aparato o prorrateando el valor del mismo por el tiempo de vida útil. En todo caso, estos discos son de construcción simple y existen esquemas disponibles en Internet para su diseño y armado. Con respecto a las determinaciones de color, el valor varía entre aproximadamente entre 0,1 y 0,3 UF por muestra. |
|  | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | x |   |
|  | Alto ( $> 3$ UF)         | x |   |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

## **b. Turbidez (Sólidos suspendidos y sedimentables)**

### ***Fundamento***

La turbidez del agua es causada por la presencia de material particulado y coloidal suspendido, cuyo origen obedece a la ocurrencia de sedimentos de granulometría fina (limos y arcillas), fitoplancton y detrito en la columna de agua. La turbidez puede ser medida mediante dos métodos. El primero de ellos aplicando una técnica gravimétrica, es decir, determinando la concentración de la materia particulada suspendida (*i.e.* sólidos suspendidos) en función de la masa del material particulado filtrado, secado y pesado por unidad de volumen de agua (mg/L). Una alternativa a este método es la aplicación de una técnica denominada nefelometría, mediante la cual se mide la fracción de la luz dispersada a ángulos de 90° con respecto a la luz que es transmitida por el agua.

La cantidad, tamaño, forma y composición de los sólidos suspendidos afectarán las mediciones de turbidez. Un aumento en la turbidez puede reducir el régimen de luz y afectar en forma significativa la dinámica de un ecosistema. Parte del material suspendido tiene su origen desde fuentes puntuales, tales como descargas de aguas servidas y de aguas lluvias, y vertidos de residuos líquidos industriales desde emisarios submarinos. Sin embargo, una fracción importante responde a la presencia de fuentes difusas. Gran parte del material particulado suspendido que se deposita en estuarios y en áreas costeras proviene de la dinámica de procesos erosivos que se desarrollan dentro de la misma cuenca hidrográfica.

La turbidez en la mayoría de los ríos y en muchos lagos dependen directamente de los caudales, lo que se refleja en un aumento de los valores del contenido de sólidos suspendidos asociados con eventos de crecidas de cursos de agua. En los ríos, las concentraciones de sólidos suspendidos aumentan generalmente en forma considerable durante la fase inicial del evento de crecida a medida que los sedimentos son transferidos desde la cuenca hacia el curso de agua o resuspendidos desde el lecho en donde se encuentra depositados.

En aguas con baja dinámica, los niveles de sólidos suspendidos varían según el grado de turbulencia que se ejerce sobre los sedimentos depositados en los fondos, los cuales por acción de este fenómeno son nuevamente resuspendidos hacia la columna de agua.

La ocurrencia de sólidos suspendidos en la matriz acuosa también es importante desde un punto de vista de la condición ambiental del cuerpo de agua. Muchos contaminantes (*i.e.* metales pesados, nutrientes, compuestos orgánicos tóxicos, entre otros) son transportados adheridos al material en suspensión a través de los sistemas acuáticos; este tipo de contaminantes se encuentran fuertemente asociados con la fracción particulada y coloidal de los sólidos suspendidos (Hart *et al.*, 1997).

### **Efectos**

El material particulado suspendido puede tener influencia sobre los ecosistemas acuáticos ya sea mientras se encuentra suspendido en la matriz acuosa o cuando precipita al fondo de la columna de agua. En suspensión, el principal impacto del material particulado es la reducción de la penetración de la luz y de este modo afecta la producción primaria. También se pueden presentar efectos adversos sobre las branquias de peces debido a daños mecánicos o de origen abrasivo. Cuando el material particulado precipita (*i.e.* sólidos sedimentables), los efectos negativos se pueden reflejar en los organismos bentónicos y sobre los hábitats que estas comunidades ocupan en los fondos acuáticos.

### Vegetales

El efecto más aparente de un aumento de las concentraciones del material particulado suspendido, y consecuente incremento de la turbidez, es una reducción en la penetración de la luz a través de la columna de agua con un potencial efecto adverso sobre la capacidad fotosintética del fitoplancton, macrófitas acuáticas y praderas marinas (Lloyd, 1987). A ello se suma, una disminución de la productividad primaria y modificaciones de la composición específica del fitoplancton (Reynolds, 1984).

También altos contenidos de material particulado en suspensión pueden generar el "blanqueo" de algas asentadas en los lechos de cursos de agua, al tener éstas una baja disponibilidad de luz. En otras situaciones, nutrientes o compuestos tóxicos adsorbidos al material particulado en suspensión podrían alterar tasas de crecimiento y biomásas en comunidades de plantas acuáticas (Newcombe and MacDonald, 1991).

### Peces

Los efectos adversos que han sido observados en peces van desde mortalidad directa a estrés. Esta última condición se relaciona en forma directa con un aumento en la incidencia de enfermedades y una disminución de las tasas de crecimiento, como así también se han registrado cambios en la conducta que afectan los patrones de alimentación y reproductivos. Estos efectos han sido particularmente bien descritos para especies salmonídeas, aunque la relevancia de estos hallazgos debe ser validada para otros lugares del planeta, ya que existirían otras variables que también estarían en juego siendo difícil extrapolar resultados a otras especies de peces (Ryan, 1991).

Se ha observado que niveles de sólidos en suspensión en el rango de 500 – 1.000 mg/L son letales para peces que habitan aguas frías (Alabaster and Lloyd, 1982). No obstante, existen peces mejor adaptados a ambientes con altos niveles de sólidos suspendidos (*i.e.* bagres) que pueden sobrevivir en aguas con concentraciones de 100.000 mg/L, detectándose cambios conductuales a niveles superiores a los 20.000 mg/L de sólidos suspendidos. Según diversas fuentes escritas, para el cultivo de salmónidos se recomienda como rango aceptable de 25 mg/L a 80 mg/L de material suspendido en la columna de agua. Bajo este nivel no se observan efectos perjudiciales, mientras que concentraciones superiores a los 80 mg/L son dañinas para este tipo de peces.

### Bentos

Un impacto que se relaciona con el material particulado está ligado con un aumento en la depositación de material sedimentable sobre el sustrato habitado por comunidades bentónicas (Campbell and Doeg, 1989). Como sucede con otras variables de la columna de agua, los ecosistemas acuáticos están adaptados a un régimen particular de sólidos sedimentables y la ocurrencia de variaciones importantes, que signifiquen un alejamiento significativo de las condiciones originales, podría generar un impacto no deseado sobre el ecosistema acuático. Las partículas que alcanzan los lechos de cuerpos acuáticos pueden afectar negativamente a las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en formas muy distintas:

- sofocación directa de los organismos que habitan los fondos de cuerpos o cursos de agua (Hogg and Norris, 1991)

- oclusión de los sistemas de alimentación en organismos filtradores o suspensívoros causando estrés o mortalidad (Necombe and MacDonald, 1991; Metzeling *et al.*, 1995)
- cambios en respuestas conductuales, tales como un aumento en los patrones de desplazamiento por deriva como respuesta de escape frente a un aumento en los niveles de material particulado en suspensión (Doeg and Milledge, 19991; Richardson, 1985)
- alteraciones del hábitat, por ejemplo colmatando los intersticios del sustrato (Campbell and Doeg, 1989) o generando fondos hipóxicos o anóxicos debido a una gran demanda de oxígeno que tendría su origen en sólidos sedimentables con un alto contenido en materia orgánica
- influenciando tanto la descomposición y disponibilidad del material detrítico, con un consecuente impacto sobre la disponibilidad de alimento para muchos invertebrados (Metzeling *et al.*, 1995)

Otra fuente potencial de sólidos suspendidos está estrechamente relacionada con la resuspensión del material de fondo, tanto de cubiertas sedimentarias marinas como de cubetas lacustres. Al producirse turbulencias cercanas al fondo, tanto el material sedimentario fino como los restos de alimentos y excretas depositadas en estos lechos, pueden retornar a la columna de agua generando potenciales efectos negativos en la columna de agua, y sobre los mismos ejemplares cultivados. De allí que es recomendable incluir este indicador para monitorear los efectos de las actividades de cultivo de especies hidrobiológicas tanto en ambientes marinos como límnicos.

**Criterios de selección: turbidez**

| Criterio   | Categoría         | Si✓ No× | Comentario   |
|--|-------------------|---------|--|
| <b>Matriz ambiental</b>  | Agua              | ✓       | Dado que la turbidez se relaciona con la concentración de partículas en un fluido líquido, esta variable está ligada a la matriz acuosa.   |
|  | Sedimentos        | ×       |  |
|  | Biota             | ×       |  |
| <b>Ambiente acuático</b>   | Marino            | ✓       | Los fenómenos de turbidez se generan en todo el espectro salino de las aguas naturales, por lo cual su medición implica tanto los cuerpos de agua marinos como dulceacuícolas.   |
|  | Dulceacuícola     | ✓       |  |
| <b>Cuerpo de agua</b>  | Costa abierta     | ✓       | Aunque los fenómenos de turbidez pueden tener su origen en la presencia de distintas fracciones de sólidos en el agua, la hidrodinámica y la condición léntica o lótica en los cuerpos de agua dulce también condiciona la manifestación de este fenómeno.   |
|  | Bahía             | ✓       |  |
|  | Canales y esteros | ✓       |  |
|  | Fiordos           | ✓       |  |
|  | Estuarios         | ✓       |  |
|  | Lagos             | ✓       |  |
|  | Ríos              | ✓       |  |
| <b>Tipo de cultivo</b>   | Intensivo         | ✓       | Si bien la turbidez tiene un origen natural, es más probable que esta variable se vea afectada en mayor grado en aquellos cuerpos de agua que sustentan cultivos de tipo intensivos. Los cultivos de tipo extensivos, principalmente de algas, no tiene mayor influencia sobre los fenómenos de turbidez en la columna de agua.  |
|  | Extensivo         | ×       |  |
| <b>Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental</b> | POAL - DIRECTEMAR | ×       | Este parámetro solamente se incluye en dos programas de vigilancia y en ambos se señala que se mide turbidez.  |
|  | RCAS - DGA        | ×       |  |
|  | RMCL - DGA        | ✓       |  |
|  | PSMB/UE - SERNAP  | ×       |  |
|  | PSMB/EU - SERNAP  | ×       |  |
|  | RESEIA - CONAMA   | ×       |  |
|  | PMF - INTESAL     | ✓       |  |
| <b>Ejecución de la actividad de muestreo</b>                                 | Simple            | ×       | La medición de esta variable implica la toma de muestras desde la columna de agua y su ulterior preservación. La recolección de estas muestras requiere la destreza técnica para manipular y operar botellas oceanográficas (i.e. tipo Niskin o Van Dorn). El muestreador debe poseer los conocimientos sobre el armado de la botella, los procedimientos de descenso, uso del mensajero, ascenso de la botella, transferencia de la muestra al envase receptor y condiciones de almacenamiento. |
|  | Moderada          | ✓       |  |
|  | Compleja          | ×       |  |

|  |                          |   |   |
|--|--------------------------|---|---|
| <b>Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio</b> | Rutinario                | ✗ | La cuantificación de sólidos suspendidos y sedimentables implica aplicar técnicas de filtrado, secado y gravimetría en el laboratorio, además de los subsecuentes cálculos. Por tanto, el desarrollo del método requiere de un técnico con experiencia para la ejecución del análisis.    |
|  | Requiere experiencia     | ✓ |   |
|  | Complejo                 | ✗ |   |
| <b>Valor económico del análisis por muestra</b>            | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓ | Debido a que el protocolo de cuantificación de sólidos suspendidos o sedimentables no significa el uso de reactivos o de instrumentación especializada, este tipo de análisis no demanda un alto costo para su ejecución. En promedio, un análisis de este tipo tiene un valor de 0,5 UF. |
|  | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | ✗ |   |
|  | Alto ( $> 3$ UF)         | ✗ |   |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

### c. Oxígeno disuelto

#### **Fundamento**

El oxígeno es uno de los elementos más abundantes que se encuentra presente en las aguas y en la corteza terrestre. Es el componente más importante de las aguas superficiales utilizados en procesos de depuración y mantenimiento de los organismos acuáticos que utilizan respiración aerobia.

La molécula biatómica es la forma más simple de oxígeno. El aire contiene aproximadamente 20,9% de oxígeno gaseoso por volumen, sin embargo, la proporción de oxígeno disuelto en el aire disuelto en el agua es alrededor del 3,5%, ya que el nitrógeno es menos soluble en este medio. El oxígeno es considerado ser moderadamente soluble en el agua. Esta solubilidad se encuentra gobernada por un complejo conjunto de condiciones físicas que incluyen la presión atmosférica e hidrostática, procesos de turbulencia, temperatura y salinidad. En condiciones naturales, el contenido de oxígeno en las aguas marinas es aproximadamente un 20% menor que en los ambientes dulceacuícolas. En los lagos, los niveles de oxígeno dependen primariamente de la variación térmica, profundidad y estado trófico.

El oxígeno disuelto es un parámetro complejo ya que su concentración depende de muchos procesos. Las fuentes generadoras de oxígeno en sistemas acuáticos son la fotosíntesis y el intercambio de gases con la atmósfera. Por otra parte, aquellos procesos que conllevan una disminución de oxígeno disuelto se asocian con respiración y la degradación de la materia orgánica por microorganismos (demanda biológica de oxígeno, DBO). Una característica importante del oxígeno disuelto es su mayor reactividad y variabilidad a corto plazo que la mayoría de los otros constituyentes del agua.

Este gas en su forma disuelta es uno de los parámetros más importantes para la protección y manejo de los ecosistemas acuáticos, ya que todas las formas de vida superiores (*i.e.* vertebrados) son dependientes de niveles mínimos de oxígeno, no sólo para su sobrevivencia, sino que también son críticos para funciones vitales de su ciclo de vida, tales como crecimiento, mantenimiento y reproducción (OEPA, 1996)

El oxígeno disuelto se refiere al volumen de oxígeno que está contenido en la matriz acuosa. El oxígeno ingresa al medio acuático mediante fotosíntesis y por la transferencia que se produce a través de la interfase agua-aire. La cantidad de oxígeno que puede ser incorporado al agua depende de la temperatura



del agua, de la salinidad y la presión. La solubilidad del gas aumenta con la disminución de la temperatura (aguas más frías contienen proporcionalmente más oxígeno) y también con el decremento de la salinidad (las aguas dulces presentan una mayor concentración de oxígeno disuelto que las aguas marinas). Tanto la presión parcial como el grado de saturación del oxígeno variarán según la altitud. Así también, la solubilidad de este gas disminuye a medida que la presión también lo hace. De este modo, la cantidad de oxígeno absorbido por el agua disminuye a medida que la altitud aumenta debido a la disminución en la presión relativa (Smith, 1990).

Una vez que ingresa el oxígeno a la matriz acuosa, éste es incorporado a través de todo el cuerpo de agua o bien escapa del sistema acuático. Las aguas en continuo movimiento contienen mayores niveles de oxígeno disuelto que aquellas que se encuentran encerradas o que presentan escasa circulación. En las aguas que fluyen, el estrato superficial rico en oxígeno está siendo constantemente reemplazado por agua con menor contenido de este gas producto de procesos turbulentos, creando de esta manera un mayor potencial de intercambio de oxígeno a través de la interfase agua-aire. Debido a que las aguas con baja circulación están sujetas a una menor mezcla interna, la capa superior altamente oxigenada tiende a permanecer en la superficie, lo que genera una columna de agua subsuperficial con bajos contenidos de oxígeno disuelto. Las pérdidas de oxígeno en la matriz acuosa se producen por alzas en la temperatura, por procesos respiratorios de plantas y animales y cuando los microorganismos descomponen aeróbicamente la materia orgánica.

En síntesis, este indicador refleja el equilibrio existente entre los procesos que consumen oxígeno disuelto (*i.e.* respiración) y aquellos que lo liberan (*i.e.* fotosíntesis y la transferencia física de oxígeno desde la atmósfera al cuerpo de agua). Las mediciones del contenido de oxígeno disuelto indican si existe una alteración en la relación entre ambos procesos y define las condiciones de vida para los organismos aeróbicos.

### **Efectos**

El oxígeno disuelto podría jugar un gran rol en la sobrevivencia de la biota en lagos templados y reservorios durante el período estival, debido a fenómenos de estratificación. La estratificación estacional ocurre como resultado de la densidad de agua, variable que depende directamente de la temperatura. A medida que la temperatura aumenta la densidad del agua disminuye. De este modo, las aguas más cálidas

permanecerán en la superficie del cuerpo de agua (formando el epilimnion), mientras que las más densas por su menor temperatura se hundirán hasta el fondo de la cubeta (hipolimnion). Entre ambas capas se encuentra un estrato en donde la temperatura presenta una gradiente térmica más acentuada conocida como termoclina (Smith, 1990).

Al comienzo del verano, el hipolimnion contendrá mayor concentración de oxígeno disuelto debido a que las aguas más frías contienen mayores niveles de oxígeno disuelto que las aguas cálidas. Sin embargo, a medida que la estación avanza, se produce un aumento en la cantidad de organismos muertos que precipitan desde el epilimnion hacia el hipolimnion, lo que genera la ocurrencia de aguas hipóxicas en el fondo de la cubeta producto de la descomposición aeróbica de la materia orgánica. Si el lago está eutroficado, este proceso podría exacerbarse y todo el cuerpo de agua podría quedar depletado de oxígeno disuelto al final de la temporada estival.

Concentraciones de oxígeno disuelto cercanas a los niveles de saturación generalmente son más saludables para la biota. Algunos autores señalan que el crecimiento es afectado si las concentraciones de oxígeno disuelto permanecen bajo el 75% de saturación por largos períodos (Romaine, 1985). En el otro extremo, cuando se presentan altas concentraciones de oxígeno, la sobresaturación con este gas puede contribuir a la ocurrencia de traumas por efecto de burbujas. Esta situación ocurre debido a la presencia de embalses y a un aumento en la dinámica de los procesos fotosintéticos.

**Criterios de selección: oxígeno disuelto**

| Criterio   | Categoría         | Si✓ No× | Comentario  |
|--|-------------------|---------|---|
| <b>Matriz ambiental</b>  | Agua              | ✓       | Dado que se mide oxígeno disuelto, este parámetro se cuantifica directamente en la matriz acuosa.   |
|  | Sedimentos        | ×       |   |
|  | Biota             | ×       |   |
| <b>Ambiente acuático</b>   | Marino            | ✓       | La mantención de niveles de oxígeno disuelto normales (normóxicos) son vitales para la mantención de ecosistemas de ambientes acuáticos, tanto marinos como dulceacuícolas.   |
|  | Dulceacuícola     | ✓       |   |
| <b>Cuerpo de agua</b>  | Costa abierta     | ✓       | En todos los cuerpos de agua, la ocurrencia de niveles adecuados de oxígeno disuelto es esencial para el desarrollo y mantención de las comunidades acuáticas. Sin embargo, en aquellos cuerpos acuáticos de lenta renovación de sus aguas, de cuencas cerradas o semicerradas y de baja profundidad, la normoxia es crítica para la mantención de la vida acuática.  |
|  | Bahía             | ✓       |   |
|  | Canales y esteros | ✓       |   |
|  | Fiordos           | ✓       |   |
|  | Estuarios         | ✓       |   |
|  | Lagos             | ✓       |   |
|  | Ríos              | ✓       |   |
| <b>Tipo de cultivo</b>   | Intensivo         | ✓       | La presencia de cultivos intensivos en cuerpos de agua, principalmente en aquellos más vulnerables por su baja estabilidad ecológica, significa un aporte extra de materia orgánica a la columna de agua y a los sedimentos. Esta situación conduce a un mayor requerimiento de oxígeno disuelto para la mineralización de la materia orgánica, generando condiciones subóxicas que potencialmente pueden afectar la componente biótica del ecosistema. |
|  | Extensivo         | ×       |   |
| <b>Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental</b> | POAL - DIRECTEMAR | ×       | En la mayoría de los programas se incluye la medición del contenido de oxígeno disuelto a nivel superficial de la columna de agua. Con respecto al seguimiento que tuiciona la CONAMA, la determinación de los niveles se orienta a las aguas utilizadas en los circuitos de los centros de cultivo ubicados en tierra.   |
|  | RCAS - DGA        | ✓       |   |
|  | RMCL - DGA        | ✓       |   |
|  | PSMB/UE - SERNAP  | ✓       |   |
|  | PSMB/EU - SERNAP  | ×       |   |
|  | RESEIA - CONAMA   | ✓       |   |
|  | PMF - INTESAL     | ✓       |   |
| <b>Ejecución de la actividad de muestreo</b>                                 | Simple            | ×       | Independientemente del método que se emplee para la medición del oxígeno disuelto (electrométrico o titulación química), el procedimiento de envasado y fijación de las muestras requiere personal entrenado que asegure una óptima calidad de las mismas. Por otra parte, la medición directa mediante sensores oximétricos requiere conocer la operación de este tipo de instrumental y los procedimientos de compensación.                           |
|  | Moderada          | ✓       |   |
|  | Compleja          | ✓       |   |

|  |                          |   |   |
|--|--------------------------|---|---|
| <b>Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio</b> | Rutinario                | ✓ | Si bien la determinación del contenido de oxígeno disuelto en el laboratorio requiere conocimiento de la técnica de titulación yodométrica, la aplicación de la misma en forma frecuente ha hecho de éste un procedimiento rutinario.   |
|  | Requiere experiencia     | x |   |
|  | Complejo                 | x |   |
| <b>Valor económico del análisis por muestra</b>            | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓ | El análisis del contenido de oxígeno disuelto por el método de Winkler (titulación yodométrica) lo realizan la mayoría de los laboratorios, tanto estatales como privados. Si bien los valores varían de una entidad a otra, por lo general el costo de este análisis no supera las 0,3 UF por muestra. |
|  | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | x |   |
|  | Alto ( $> 3$ UF)         | x |   |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

#### **d. Cloro residual**

##### ***Fundamento***

El cloro se emplea primariamente en la industria química para la producción de productos orgánicos e inorgánicos. Otro usuario que utiliza cloro en volúmenes importantes es la industria del papel y la celulosa. El cloro se usa en el agua para destruir o desactivar organismos patógenos en sistemas de purificación de agua potable, en el tratamiento de efluentes de aguas servidas procedentes de plantas de tratamiento, aguas de refrigeración en centrales de generación eléctrica y otras industrias. Así también, su capacidad desinfectante y oxidativa, y adaptabilidad como coagulante hacen del cloro una sustancia muy útil en el tratamiento de aguas residuales. El cloro también sirve para controlar las incrustaciones biológicas ("biofouling") en superficies donde se produce intercambio de calor, como es en circuitos de enfriamiento con aguas salinas o dulces

Una vía mediante la cual ingresa cloro al cuerpo de agua proviene de los sistemas de tratamiento de aguas para consumo o residuales. Una fracción del cloro también puede ingresar al agua a través de la atmósfera, mientras que pequeñas cantidades pueden ser generadas por la acción del sol sobre los aerosoles marinos que contienen cloruros (NAS, 1976).

##### ***Efectos***

Generalmente, el no persiste por mucho tiempo en los ambientes acuáticos (Ontario Ministry of the Environment, 1979). Para la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas servidas existe un requerimiento para mantener una concentración de cloro residual máxima de 0,5 a 2,0 mg/L. Cuando se agrega cloro al agua de mar en ausencia de sustancias nitrogenadas, se forma rápidamente ácido hipobromoso, ocasionando que la mayoría del cloro se reduzca a ion cloruro (Pierce, 1978). En caso que estén presentes compuestos nitrogenados en el agua, el cloro reacciona rápidamente con éstos para formar mono-, di- y triaminas, N-cloraminas y N-cloramidas y otros compuestos-clorados (que colectivamente se denominan como cloro disponible combinado). La monocloramina ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ ) se considera el principal componente del cloro disponible combinado en solución acuosa. Se ha visto que es

relativamente estable en el medio acuoso, con niveles detectables después de haber permanecido varios días en los sistemas de distribución de agua potable (Kinman y Layton, 1976).

Tanto las formas combinadas como libres de cloro pueden participar en una variedad de reacciones con compuestos orgánicos y producir productos clorados (Pierce, 1978). El cloro que permanece en el agua después del tratamiento se denomina cloro residual. El contenido total de cloro libre y combinado se conoce como cloro residual total (CRT). La medición del CRT se considera suficiente para definir toxicidad para los organismos dulceacuícolas (Brungs, 1973; Pierce, 1978).

**Crterios de selección: cloro residual**

| Crterio  | Categoría            | Si✓ No x | Comentario  |
|--|----------------------|----------|---|
| <b>Matriz ambiental</b>  | Agua                 | ✓        | La presencia de cloro residual en el ambiente acuático se debe al ingreso de descargas residuales residuales conteniendo esta sustancia. Siendo que las aguas recepcionan este tipo vertimientos, se justifica su medición en este tipo de matriz.                                |
|  | Sedimentos           | x        |   |
|  | Biota                | x        |   |
| <b>Ambiente acuático</b>   | Marino               | x        | Dado que el cloro residual proviene principalmente de las descargas de centros de cultivo que vierten residuos líquidos a un cuerpo receptor dulceacuícola y, por otra parte, la labilidad del cloro es alta en aguas marinas, se recomienda su medición sólo para aguas dulces.  |
|  | Dulceacuícola        | ✓        |   |
| <b>Cuerpo de agua</b>  | Costa abierta        | x        | Considerando lo señalado anteriormente, sólo en los cuerpos de agua lacustres y fluviales la medición de este indicador es apropiada.   |
|  | Bahía                | x        |   |
|  | Canales y esteros    | x        |   |
|  | Fiordos              | x        |   |
|  | Estuarios            | x        |   |
|  | Lagos                | ✓        |   |
|  | Ríos                 | ✓        |   |
| <b>Tipo de cultivo</b>   | Intensivo            | ✓        | El empleo de cloro como desinfectante se aplica en sistemas de cultivo intensivos, exclusivamente en centros instalados en tierra con descargas a aguas continentales.  |
|  | Extensivo            | x        |   |
| <b>Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental</b> | POAL - DIRECTEMAR    | x        | La medición de cloro sólo se contempla para las aguas utilizadas en los sistemas de circulación de los centros de cultivo instalados en tierra y cuyo programa de monitoreo revisa la CONAMA.   |
|  | RCAS - DGA           | x        |   |
|  | RMCL - DGA           | x        |   |
|  | PSMB/UE - SERNAP     | x        |   |
|  | PSMB/EU - SERNAP     | x        |   |
|  | RESEIA - CONAMA      | ✓        |   |
| PMF - INTESAL  | x                    |          |   |
| <b>Ejecución de la actividad de muestreo</b>                                 | Simple               | ✓        | Dado que el cloro residual es una sustancia altamente inestable y que reacciona rápidamente en el ambiente acuoso, se recomienda su medición en terreno mediante algún método colorimétrico. El procedimiento es simple y de fácil lectura por comparación con patrones de color. |
|  | Moderada             | x        |   |
|  | Compleja             | x        |   |
| <b>Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio</b>                   | Rutinario            | ✓        | Aunque existen métodos de medición del cloro en laboratorio, no se recomienda su aplicación debido a su inestabilidad. Sólo en caso que existiera un laboratorio a mano, podría cuantificarse el cloro residual en diferido. El procedimiento analítico es simple y rápido.       |
|  | Requiere experiencia | x        |   |
|  | Complejo             | x        |   |

|   |                          |   |  |
|---|--------------------------|---|--|
| <b>Valor económico del análisis por muestra</b> | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓ | Para medir cloro en terreno se requiere de un test rápido o visual (i.e. Merck®). Un "kit" de este tipo tiene un valor aproximado 1,5 UF y está provisto para realizar 100 mediciones de cloro residual. De este modo el análisis de una sola muestra implica un costo marginal. |
|   | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | x |  |
|   | Alto ( $> 3$ UF)         | x |  |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento



### e. DBO<sub>5</sub>

#### **Fundamento**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es una medida de la cantidad de compuestos orgánicos que pueden ser biológicamente oxidados mediante microorganismos que habitan naturalmente las aguas. Este parámetro es importante en la acuicultura, ya que la degradación microbiológica de materia orgánica repercute directamente en los niveles de oxígeno disuelto.

Una alta proporción de los aportes de carbono que ingresan a los cuerpos de agua provienen de actividades que sustentan los ecosistemas terrestres. Sin embargo, las actividades de acuicultura en cuerpos de agua dulce o en donde se hace uso del recurso agua para luego retornarlo a su fuente, también tiene asociado flujos de carbono que finalmente alcanzan estos cuerpos acuáticos. Sea cual fuere el origen de esta carga orgánica, son básicamente dos los efectos deletéreos que se producen en el medio hídrico.

Una forma práctica para medir la cantidad de carbono susceptible de ser degradado por la microbiota corresponde a la DBO<sub>5</sub> de una muestra de agua. Esta medición aporta una manera empírica de evaluar la disponibilidad biológica de un rango completo de compuestos de carbono presentes en la columna de agua. En consecuencia, es recomendable utilizar este parámetro como un indicador de la carga realmente disponible de carbono en un sistema límnic.

#### **Efectos**

Si la carga orgánica es severa, el agotamiento del oxígeno disuelto en el cuerpo de agua puede ocasionar efectos concomitantes sobre el ecosistema acuático (*i.e.* mortandad de peces). El segundo efecto se presenta de modo más sutil y se relaciona principalmente con el ciclo de nutrientes, con los niveles de oxígeno disuelto en la columna de agua. Cuando el carbono precipita al fondo del cuerpo de agua y es degradado por la microbiota de los sedimentos, este proceso puede consumir el oxígeno de la interfase agua-sedimento y liberar nutrientes adsorbidos a las partículas sedimentarias, particularmente fósforo. Para producir la liberación de este nutriente se necesitan muy pequeñas concentraciones de carbono, en comparación a los niveles que se requieren para depletar el oxígeno disuelto de la columna de agua. De

este modo, es claro que los niveles de carbono afectan directamente las propiedades químicas de los sedimentos.

No es simple estimar si una determinada concentración de carbono producirá alguno de estos dos efectos, ya que durante la ocurrencia de este fenómeno podrían estar presentes distintas especies de carbono. Aunque casi todos los compuestos de carbono finalmente pueden estar disponibles para su degradación microbiológica, la característica más importante de un aporte de carbono que alcanza un cuerpo acuático es la rapidez con que puede ser degradado, es decir, su "accesibilidad biológica". Si el carbono no se degrada por una vía rápida, el consumo de oxígeno será lento y, en definitiva, no ocurrirán fenómenos asociados con el agotamiento del oxígeno disuelto en la columna de agua o en la interfase agua-sedimento. En caso contrario, si el carbono puede ser degradado rápidamente podrían aparecer condiciones hipóxicas en el agua.

**Criterios de selección: DBO<sub>5</sub>**

| criterio  | Categoría            | Si✓ No× | Comentario  |
|---|----------------------|---------|---|
| Matriz ambiental  | Agua                 | ✓       | Si bien existen protocolos para la medición de la DBO <sub>5</sub> en distintas matrices ambientales, se recomienda la ejecución de este ensayo para la matriz acuosa, debido a que existe mayor información para este tipo de ambiente.  |
|   | Sedimentos           | ×       |   |
|   | Biota                | ×       |   |
| Ambiente acuático   | Marino               | ×       | Los ensayos de DBO <sub>5</sub> presentan dificultades con las aguas marinas debido a la presencia de interferentes que pueden alterar los resultados. De allí que se recomiende su aplicación a cuerpos dulceacuícolas solamente.  |
|   | Dulceacuícola        | ✓       |   |
| Cuerpo de agua  | Costa abierta        | ×       | Dada la aplicabilidad a cuerpos de agua dulce, la medición de la DBO <sub>5</sub> sólo se recomienda para lagos y ríos.   |
|   | Bahía                | ×       |   |
|   | Canales y esteros    | ×       |   |
|   | Fiordos              | ×       |   |
|   | Estuarios            | ×       |   |
|   | Lagos                | ✓       |   |
|   | Ríos                 | ✓       |   |
| Tipo de cultivo   | Intensivo            | ✓       | Las mediciones de la DBO <sub>5</sub> se asocian con los sistemas intensivos de cultivo de especies salmonídeas, ya que éstos se encuentran instalados en cuerpos de agua dulce.  |
|   | Extensivo            | ×       |   |
| Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental | POAL - DIRECTEMAR    | ✓       | En el POAL, la DBO <sub>5</sub> se mide para las aguas de los lagos y río contemplados dentro de la red de monitoreo de este programa. En el caso del programa que tuiciona la CONAMA, este parámetro se vigila para las aguas del circuito utilizadas en los cultivos ubicados en tierra.  |
|   | RCAS - DGA           | ×       |   |
|   | RMCL - DGA           | ×       |   |
|   | PSMB/UE - SERNAP     | ×       |   |
|   | PSMB/EU - SERNAP     | ×       |   |
|   | RESEIA - CONAMA      | ✓       |   |
|   | PMF - INTESAL        | ×       |   |
| Ejecución de la actividad de muestreo                                 | Simple               | ×       | El grado de dificultad para la recolección de muestras de agua para análisis de DBO <sub>5</sub> es similar al señalado para el oxígeno disuelto. Se requiere de un técnico experimentado que se aplique a un protocolo en donde algunos detalles son cruciales para la óptima calidad de las muestras. Los procedimientos de preservación de las muestras también requieren condiciones especiales para evitar el deterioro de las mismas. |
|   | Moderada             | ✓       |   |
|   | Compleja             | ×       |   |
| Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio                   | Rutinario            | ×       | Analizar estas muestras requiere un proceso de incubación bajo condiciones controladas. Si se presentan problemas durante esta fase, es necesario contar con un analista experimentado que decida por la mejor opción a seguir que asegure la validez de los resultados.  |
|   | Requiere experiencia | ✓       |   |
|   | Complejo             | ×       |   |

|   |                          |   |  |
|---|--------------------------|---|--|
| <b>Valor económico del análisis por muestra</b> | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓ | En general, los valores de estos análisis por el método de dilución no superan 1 UF por muestra. Con el advenimiento de nuevos procedimientos analíticos que significan un menor tiempo de proceso, como es la medición de la DBO <sub>5</sub> por autocontrol (Oxitop® de la Merck®) el costo de análisis por muestra podría ser levemente mayor. |
|   | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | ✗ |  |
|   | Alto ( $> 3$ UF)         | ✗ |  |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

## f. Carbono orgánico total

### **Fundamento**

El carbono orgánico total (COT) es una forma de medir la cantidad total de compuestos orgánicos no volátiles, volátiles, parcialmente volátiles y particulados contenidos en una muestra. El COT es independiente del estado de oxidación de los compuestos orgánicos y no constituye una medida de los elementos inorgánicos y orgánicamente enlazados que pueden contribuir a la demanda química y bioquímica de oxígeno (PSWQA, 1986).

Operacionalmente, el COT se tiende a separar mediante filtros estándares (0,45  $\mu\text{m}$  de abertura de poro) la fase disuelta (COD) de la particulada (COP). Generalmente, la determinación del COT se realiza mediante la diferencia entre el carbono total (CT) y el carbono inorgánico total (CIT). Los lagos y ríos tienen aproximadamente 10 veces más materia inorgánica disuelta que de tipo orgánica disuelta (Environment Canada, 1992).

Los restos orgánicos procedentes de animales y plantas son los principales aportes de carbono orgánico al medio acuático. Sin embargo, muchos compuestos orgánicos pueden ser sintetizados por procesos fotosintéticos directamente en la matriz acuosa. Otras fuentes de carbono provienen de escorrentías naturales superficiales y subsuperficiales, descargas domésticas e industriales, actividades agrícolas, cultivo de recursos hidrobiológicos, entre otros.

### **Efectos**

Los altos aportes de COT al medio acuático se traducen en un enriquecimiento orgánico de los sedimentos y todos los efectos secundarios que ello significa (*i.e.* aparición de sedimentos reductores, anoxia, formación de sulfuro de hidrógeno, alteración de la estructura comunitaria de la macroinfauna, entre otros). Gowen *et al.* (1991) cita tres estudios del flujo de carbono a través de jaulas de salmónidos. En los tres casos la proporción de carbono retenido por los peces cultivados (cosecha) fue entre el 21% y 23% del total de carbono aportado del alimento, mientras que las pérdidas fluctuaron entre el 75% y 85%, yendo a la columna de agua y luego a los sedimentos.

**Criterios de selección: carbono orgánico total**

| Criterio   | Categoría         | Si✓ No× | Comentario   |
|--|-------------------|---------|--|
| <b>Matriz ambiental</b>  | Agua              | ✓       | El COT se encuentra presente tanto en aguas como en sedimentos, las cuales son dos fases por donde se moviliza carbono a través de su ciclo biogeoquímico.   |
|  | Sedimentos        | ✓       |  |
|  | Biota             | ×       |  |
| <b>Ambiente acuático</b>   | Marino            | ✓       | Tanto en aguas dulces como marinas, producto de las actividades de acuicultura se pueden generar alteraciones en los niveles de COT. De allí que sea recomendable su medición en ambos tipos de ambientes.   |
|  | Dulceacuicola     | ✓       |  |
| <b>Cuerpo de agua</b>  | Costa abierta     | ✓       | La determinación de los niveles de COT puede ser realizada en todos los cuerpos de agua señalados. Sin embargo, dada su condición acumuladora es recomendable enfocar con mayor atención las determinaciones de COT en la matriz sedimentaria de los cuerpos de agua dulce y marinos.  |
|  | Bahía             | ✓       |  |
|  | Canales y esteros | ✓       |  |
|  | Fiordos           | ✓       |  |
|  | Estuarios         | ✓       |  |
|  | Lagos             | ✓       |  |
|  | Ríos              | ✓       |  |
| <b>Tipo de cultivo</b>   | Intensivo         | ✓       | Aunque en ambos sistemas de cultivos se genera COT, en los cultivos de tipo intensivo su producción es mayor debido al alimento suministrado, del cual una proporción se pierde y precipita al fondo, como así también por el aporte en material fecal de los ejemplares en cultivo.   |
|  | Extensivo         | ✓       |  |
| <b>Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental</b> | POAL - DIRECTEMAR | ✓       | En los programas de vigilancia en que se mide este parámetro, la determinación se realiza para la matriz sedimentaria. Además, más bien se cuantifica el contenido de materia orgánica, aunque con este valor se puede estimar mediante una relación el contenido de COT.  |
|  | RCAS - DGA        | ×       |  |
|  | RMCL - DGA        | ×       |  |
|  | PSMB/UE - SERNAP  | ×       |  |
|  | PSMB/EU - SERNAP  | ×       |  |
|  | RESEIA - CONAMA   | ✓       |  |
| PMF - INTESAL  | ×                 |         |  |
| <b>Ejecución de la actividad de muestreo</b>                                 | Simple            | ✓       | La obtención de muestras de agua para el análisis de COT no presenta mayores dificultades en la ejecución del procedimiento. Para el caso de las muestras de sedimentos, el grado de dificultad aumenta ya que es necesario contar con un buzo experimentado que sepa cómo extraer las muestras desde la cubierta sedimentaria. A profundidades mayores que 30 m se hace necesario el empleo de dragas o tomafondos para la recolección de las muestras. |
|  | Moderada          | ✓       |  |
|  | Compleja          | ×       |  |

|   |                          |   |   |
|---|--------------------------|---|---|
| Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio | Rutinario                | ✓ | El análisis de COT en agua no es un procedimiento simple y requiere equipamiento analítico específico no disponible en todo laboratorio. Sin embargo, un analista con experiencia puede obtener resultados confiables con métodos alternativos. Para el caso de las determinaciones en sedimentos, se cuenta al menos tres técnicas distintas para la medición de COT, dos de las cuales (oxidación crómica y calcinación) son de carácter rutinario. |
|   | Requiere experiencia     | ✓ |   |
|   | Complejo                 | ✗ |   |
| Valor económico del análisis por muestra            | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓ | El valor de los análisis de COT en sedimentos es del orden de 0,2 - 0,4 UF aproximadamente. Por otra parte, la determinación de COT en aguas puede tener un costo mayor, aunque no supera 1 UF por muestra.   |
|   | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | ✗ |   |
|   | Alto ( $> 3$ UF)         | ✗ |   |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

## g. Fósforo total

### **Fundamento**

El fósforo (P) es un nutriente esencial para todas las formas de vida. El fósforo está presente en moléculas tan importantes como los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y el adenosín trifosfato (ATP). El fósforo es el undécimo mineral más abundante de la corteza terrestre y no existe en estado gaseoso. Los depósitos de fósforo inorgánico natural se presentan como fosfato en el mineral apatita. La apatita se define como un fosfato fluorado de calcio coloreado ( $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ ); algunas veces el fluor se reemplaza por cloro, iones hidroxilos o carbonato. La apatita se encuentra en rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Cuando se libera al medio ambiente, el fosfato se especiara a ortofosfato según el pH en que se encuentre.

De modo contrario, el ortofosfato es la forma común de fósforo disuelto y es más exacta para indicar aquella fracción fosforada que puede ser asimilada directamente por el fitoplancton. Sin embargo, existen serias dudas sobre la confiabilidad de los resultados obtenidos al aplicar las técnicas analíticas, ya que este tipo de compuestos se caracteriza su naturaleza lábil (*i.e.* inestable) (Lambert *et al.*, 1992).

Entre los factores desencadenantes de procesos de eutroficación en ambientes acuáticos se encuentran los nutrientes. Sin embargo, la relación entre éstos y la eutroficación no es simple, ya que existen otros agentes que también afectan el crecimiento de organismos vegetales, incluyendo la luz, el régimen de mezcla y la temperatura. Además, se suman a estos factores las condiciones previas que ha exhibido el cuerpo de agua.

Aunque los nutrientes son un componente natural de los cuerpos acuáticos, el mayor aporte de estos genera cambios en la estructura comunitaria de la biota. El fósforo es el macronutriente para vegetales que con mayor frecuencia se asocia con procesos de eutroficación. Generalmente, se emplean dos fracciones para cuantificar los niveles de este nutriente: el fósforo total y el ortofosfato. La determinación del primero incluye todos los tipos de fósforo presentes en la columna de agua; formas disueltas, formas particuladas insolubles y fósforo incorporado al fitoplancton. Aunque el fósforo total es una medición robusta, confiable e integral, a veces puede que no refleje la proporción de fósforo disponible en forma inmediata para ser asimilada por el fitoplancton.



La concentración de fósforo total se recomienda como indicador de la condición del ecosistema acuática, no así la del ortofosfato por las razones señaladas anteriormente. Por otra parte, el fósforo total es relativamente fácil de analizar (Lambert and Maher, 1995) y su relación con la eutroficación, aunque es compleja, se encuentra bien comprendida (Harris, 1994).

El fosfato en aguas dulces y marinas existe en fase particulada y disuelta. La materia particulada incluye plancton, precipitados de fósforo, fósforo adsorbido a partículas y fósforo amorfo. La fase disuelta incluye fósforo inorgánico (generalmente en la forma de ortofosfato soluble), fósforo orgánico excretado por organismos y fósforo coloidal. En los lagos, que actúan como reservorios de fósforo, las partículas que contienen fósforo precipitan al sustrato y son rápidamente cubiertas por el sedimento. La acumulación continua de sedimento incorporará algo de fósforo en las capas sedimentarias profundas, de modo que éste ya no retornará a la columna de agua saliendo en forma permanente del ciclo (Smith, 1990; Holtan *et al.*, 1988).

Parte del fósforo que se encuentra en el sustrato podría ser reintroducido a la columna de agua. El fósforo almacenado en las capas más superiores de los sedimentos de fondo de cuerpos de agua está sujeto a procesos de bioturbación por invertebrados bentónicos y a transformaciones químicas asociadas con cambios en las características del agua. Por ejemplo, la presencia de condiciones reductoras en el hipolimnion de un lago a menudo detectadas durante los meses de verano podrían estimular la liberación de fósforo desde el bentos. El reciclaje de fósforo a menudo estimula la generación de blooms de fitoplancton.

El fósforo y el nitrógeno son los principales nutrientes que estimulan el crecimiento de macrófitas y fitoplancton. Son estos nutrientes los que regulan la productividad primaria en lagos y estuarios, en cambio se piensa que en cursos de agua ésta se encuentra regulada por factores físicos, tales como penetración de la luz, características del flujo y tipo de sustrato disponible (McCabe *et al.*, 1985).

Generalmente, en sistemas dulceacuícolas el fósforo (como ortofosfato) es el nutriente limitante, es decir, si todo el fósforo fuese utilizado, el crecimiento vegetal cesará, no importando cuanto nitrógeno se encuentre disponible. Los niveles naturales de fósforo total ("background") generalmente son menores que 0,03 mg/L, mientras que los de ortofosfato habitualmente varían de 0,005 a 0,05 mg/L (Dunne and Leopold, 1978).

Frecuentemente, muchos cuerpos de agua dulce están sujetos a alzas de fósforo y nitrógeno debido a la incorporación desde fuentes alóctonas. La concentración en aumento de fósforo disponible permite a los vegetales asimilar más nitrógeno antes que el fósforo sea depletado del sistema. De este modo, si existe fósforo disponible en cantidades suficientes, las elevadas concentraciones de nitratos generarán eventos de florecimiento algal. Aunque niveles de 0,08 a 0,10 mg/L de ortofosfato pueden desencadenar "blooms" periódicos, es posible prevenir procesos de la eutroficación a largo plazo si las concentraciones de fósforo total y de ortofosfato se mantienen bajo los 0,5 mg/L y 0,05 mg/L, respectivamente (Dunne and Leopold, 1978).

En contraste a los sistemas dulceacuícolas, generalmente en los estuarios el nitrógeno es el nutriente limitante primario en los sectores salinos de estos sistemas acuáticos (Paerl, 1993). En este tipo de ambientes, son los niveles de nitrógeno que controlan la tasa de productividad primaria ya que si el sistema recibe altos aportes de nitrógeno, es muy probable que éstos se asocien con eventos de floración algal.

La mayor producción de plantas acuáticas inducidas por crecientes aportes nutrientes, tanto en ambientes dulceacuícolas como estuarinos, tiene varias consecuencias negativas:

- La mayor concentración de algas, tanto vivas como en descomposición, la emisión de olores y discoloración del agua interfiere con otros usos del cuerpo de agua, como son el estético y el recreacional.
- El extensivo crecimiento de macrófitas acuáticas radiculadas podrían interferir con actividades de navegación.
- Las macrófitas muertas y el fitoplancton precipitan al fondo del cuerpo de agua, estimulando la descomposición bacteriana, proceso que requiere oxígeno. Si el proceso se acrecienta, eventualmente las aguas pueden tornarse anóxicas.
- Debido a un aumento del componente vegetal, la fauna acuática podría verse amenazada debido a las mayores fluctuaciones diarias que experimentan en los niveles de oxígeno disuelto como resultado de los procesos respiratorios que realizan los vegetales durante la noche.
- La aparición de algas tóxicas (ocurrencia de "mareas rojas") ha sido asociada con procesos de eutroficación en regiones costeras (Mueller *et. al.*, 1987).
- Los afloramientos de algas interfieren con los procesos fotosintéticos y productivos de la vegetación acuática sumergida.

Probablemente, el fósforo es el nutriente más estudiado en limnología. A menudo, se le considera como limitante del crecimiento y la biomasa de algas en lagos y reservorios. Aunque en principio se consideraba que este nutriente tenía características de limitante, hoy en día su situación no es tan clara y es materia en debate, si bien hay evidencia sustancial de su importancia en muchos lagos. Numerosas correlaciones y regresiones han sido construidas relacionando fósforo, especialmente el contenido de fósforo total, con variables tales como clorofila algal, biomasa algal y productividad. Debido a su posible importancia como factor limitante del crecimiento y biomasa de algas y ya que numerosos modelos empíricos disponibles para fósforo, se considera un indicador importante para actividades de tipo acuícolas.

Cabe señalar que, para esta primera etapa del Proyecto no se ha seleccionado una fracción en particular de fósforo a cuantificar en alguna de las matrices ambientales. Más bien, durante la primera campaña de muestreo de muestreo se recolectará muestras de agua y sedimentos para el analizar el comportamiento espacial de las distintas fracciones fosforadas (*i.e.* estaciones expuestas *versus* estaciones referenciales), a la luz de los resultados que arrojen los análisis procedentes de distintos laboratorios. En todo caso, y a modo de antecedentes se consideró importante dar a conocer información relativa a las distintas formas de fósforo susceptibles de ser cuantificadas

### **Formas de fósforo**

Según Rigler (1973), el fósforo en aguas naturales se divide en tres componentes: fósforo soluble reactivo (PSR), fósforo soluble orgánico (PSO) o fósforo soluble no reactivo (PSNR) y fósforo particulado (PP). La suma del PSR y PSNR corresponde al fósforo soluble (PS); mientras que la suma de estos tres componentes se conoce como fósforo total (PT). El fósforo soluble se distingue de su fracción particulada, porque ésta última queda retenida en un filtro de membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  de abertura de poro.

#### **a. Fósforo Soluble Reactivo**

Esta fracción de fósforo consiste principalmente de ortofosfato inorgánico ( $\text{PO}_4$ ). El ortofosfato es la forma de fósforo que es asimilada directamente por las algas, y la concentración de esta fracción constituye un índice de la cantidad de fósforo inmediatamente disponible para el crecimiento algal. En situaciones en donde del fósforo se encuentra limitada, la concentración de esta forma debería ser muy baja a indetectable ( $< 5 \mu\text{g/L}$ ). A medida que las concentraciones de ortofosfato aumentan (tal como se refleja en

la fracción de PSR), se puede inferir que el fósforo no está siendo ocupado por el alga, o bien, que está siendo suministrado a una tasa mayor que la que puede asimilar la biota. La medición de PSR puede ser utilizada como indicador del grado de limitación de fósforo para las algas, aunque ciertamente pueden tener asociado un relativo grado de inexactitud.

Antiguamente al PSR se le denominaba "fósforo inorgánico disuelto". Esta terminología fue cambiada a "fósforo soluble reactivo" (Rigler, 1964; Strickland and Parsons, 1965) para reflejar una interpretación más real de qué formas de fósforo se encontraban en esta fracción. Se prefirió los términos "soluble" y "reactivo", ya que realmente esta fracción de fósforo filtrado no se encontraba necesariamente disuelta ni era totalmente inorgánica.

El término "reactivo" se utiliza para indicar que el fósforo en la fracción PSR no es solamente fósforo inorgánico, sino que podría incorporar alguna forma fosfatada, incluyendo las de tipo orgánicas, que si reaccionan con reactivos. Aparentemente, algunas formas orgánicas se hidrolizan y reaccionan bajo las condiciones en que se realiza esta determinación analítica, mientras que algunas fracciones de fósforo inorgánico (polifosfatos) de hecho no reaccionan. Hay un constante debate sobre si la PSR representa solamente la forma ortofosfatada del fósforo o corresponde a la fracción biológicamente disponible (Nürnberg and Peters, 1984). Probablemente, la composición real del PSR varíe con la naturaleza del cuerpo de agua.

La fracción "soluble" no contiene necesariamente sólo formas de fósforo disuelto: el material que contiene fósforo en la fracción soluble depende de la porosidad y características del filtro empleado. Habitualmente, como estándar se usa un filtro de celulosa de 0,45  $\mu\text{m}$  de poro (Millipore®). Este filtro excluye la mayoría del material particulado, sin embargo el fósforo coloidal podría estar presente en la fracción filtrada.

Algunos protocolos usan filtros de fibra de vidrio en vez de filtros de membrana. Emplear filtros con componentes vidriosos incrementa la cantidad de material particulado que pasa a través del filtro y por lo tanto aumenta la proporción de la fracción "soluble". De este modo, es posible detectar pequeñas partículas, incluyendo algas microscópicas y bacterias, presentes en el filtrado de las muestras. El hecho que estas partículas lleguen a formar parte de la PSR, dependerá en último caso de su capacidad para reaccionar con los reactivos utilizados en las determinaciones analíticas. Los filtros de fibra de vidrio son más baratos que los de membrana y, además, se emplean en numerosos otros análisis tales como

clorofila, carbón particulado y sólidos suspendidos. Aún no hay consenso si la necesidad de separar la fracción soluble de todas las posibles formas particuladas es más importante que la consistencia analítica entre las variables.

Algunos investigadores en dinámica de fósforo utilizan filtros Nucleopore en vez de filtros de fibra de vidrio o de membrana. En comparación con estos dos tipos de filtros, el Nucleopore particiona el agua en fracciones de tamaño más exactas y de allí que permiten una mejor separación de tamaño en relación con las formas de fósforo existentes en esta matriz. Además, este tipo de filtros no contiene fósforo, el cual si esta presente en la composición de los filtros de membrana. Sin embargo, los filtros Nucleopore son comparativamente más caros.

#### **b. Fósforo soluble no reactivo**

Esta fracción contiene formas de fósforo filtrable que no reaccionan con aquellos reactivos específicos bajo las condiciones en que se realiza el test analítico. El PSNR se mide como la diferencia entre el fósforo soluble y el fósforo soluble reactivo. Los compuestos presentes en la fracción de PSNR corresponden a formas orgánicas de fósforo y a cadenas de moléculas inorgánicas de fósforo denominadas polifosfatos. El tamaño de esta fracción en relación con las otras fracciones de fósforo es altamente dependiente del tipo de filtro usado para separar la fracción soluble de la particulada.

Un número de moléculas orgánicas de fósforo han sido identificadas, pero dos clases principales parecen predominar en aguas naturales. Los primeros son compuestos de bajo peso molecular, aparentemente derivados del metabolismo de algas y bacterias, las cuales liberan ortofosfato bajo tratamiento con fosfatasa alcalina. Estos compuestos no reaccionan con los reactivos del fósforo sin previa digestión (Franko and Heath, 1979). Los segundos son de naturaleza coloreada y corresponden a compuestos de alto peso molecular que quizás sean complejos húmicos ligados a fósforo, los cuales liberan ortofosfato en presencia de luz ultravioleta.

Estos compuestos deberían (Downes and Paerl, 1978) o no (Franko and Heath, 1979) reaccionar sin previa digestión y podrían ser determinados bajo la forma de PSR. Aparentemente, estas formas orgánicas forman un "pool" de fósforo destinado al crecimiento de algas y bacterias; sin embargo, primero deben ser convertidas a ortofosfato, ya sea mediante acción enzimática o por luz ultravioleta, antes que estén

disponibles para ser asimiladas por la biota. Aunque el fósforo en el "pool" parece ser altamente dinámico, la cantidad total de fósforo en esta fracción permanece estacionalmente estable en lagos con largos tiempos de residencia (Rigler, 1964). Sin embargo, la ocurrencia de cambios en el "pool" podrían indicar desequilibrios en la disponibilidad de este fósforo para algas y bacterias o en la capacidad de la comunidad biótica para usar esta forma, o más probablemente tendría relación con la variabilidad de los aportes que ingresan al lago.

### **c. Fósforo soluble**

Esta forma se cuantifica después de la digestión del filtrado y debe contener formas filtrables de fósforo, tanto orgánicas como inorgánicas que son convertidas a ortofosfato mediante el proceso de digestión. Sin embargo, la cantidad de fósforo en esta fracción filtrable depende en alto grado del tipo de filtro empleado. Mientras mayor sea el tamaño del poro, una mayor cantidad de material particulado atravesará el filtro, posteriormente será digerido y considerado como soluble.

Rigler (1964) estimó el porcentaje de fósforo que podría ser considerado parte del "pool" de fósforo soluble de tres lagos, usando siete técnicas de separación distintas y tamaños de filtros. Las partículas fueron removidas usando una centrífuga Foerst, o filtrando el agua a través de tres capas de filtros de papel Whatman #44, o través de filtros Millipore de 5  $\mu\text{m}$ , 1,2  $\mu\text{m}$ , 0,45  $\mu\text{m}$ , 0,22  $\mu\text{m}$  y 0,1  $\mu\text{m}$ . Los resultados mostraron considerables diferencias en el porcentaje de fósforo soluble en función de la disminución del tamaño del poro. El empleo de un filtro distinto al de tipo estándar de 0,45  $\mu\text{m}$ , tendrá un efecto significativo sobre la concentración de fósforo soluble, además, ya que el fósforo soluble orgánico se calcula como la diferencia entre el fósforo soluble y el fósforo soluble reactivo, éste también se verá afectado.

### **d. Fósforo particulado**

Esta fracción de fósforo contiene todo aquel material, orgánico e inorgánico, particulado y coloidal, que fue retenido por el filtro. Típicamente, la forma particulada contiene bacterias, algas, detrito y partículas inorgánicas tales como arcillas, zooplancton de talla pequeña y, ocasionalmente, plancton de mayor tamaño, sedimentos o materia vegetal.

El fósforo particulado puede ser medido ya sea filtrando un volumen conocido de agua a través de un filtro y luego digiriendo el filtro, o puede ser obtenido por sustracción del fósforo soluble no reactivo de la concentración de fósforo total. El método de filtración permite al analista concentrar las muestras procedentes de aguas con bajo contenido en material particulado, incrementando la sensibilidad del test, aunque también aumenta la probabilidad que sean retenidas partículas mayores, tales como zooplancton. En consecuencia, se debe disponer de un adecuado agente oxidante para digerir completamente la muestra.

Zooplancton de tamaño mayor, sedimentos suspendidos o restos de vegetales podrían ser atrapados en el filtro. Generalmente, estas últimas partículas son consideradas contaminantes más que componentes que aparecen normalmente en esta fracción. La presencia de zooplancton en la muestra presenta un problema de interpretación, especialmente en aquellas situaciones asociadas con bajos contenidos de fósforo. La presencia de estos organismos puede incrementar la concentración de fósforo en la muestra de agua.

#### **e. Fósforo total**

Esta forma incorpora todo el fósforo filtrable y particulado. Probablemente, esta sea la fracción más analizada ya que se emplea en una amplia variedad de modelos empíricos que relacionan el fósforo con una extensa gama de variables limnológicas (Peters, 1986). Considerando el gran espectro de materiales que podrían formar parte del "fósforo total", es notable que el fósforo total correlacione bien con cualquier variable, especialmente con la clorofila.

El fósforo "total" está ampliamente definido sobre la base de cuanto fósforo en sus distintas formas será oxidado a ortofosfato mediante un oxidante específico. El empleo de distintas técnicas analíticas usadas para la digestión y análisis arrojan diferentes contenidos de fósforo. Es importante recordar que todas estas designaciones del fósforo están funcionalmente definidas, por lo tanto cualquier modificación en la técnica analítica empleada puede introducir modificaciones en los resultados.

**Criterios de selección: fósforo total**

| Criterio  | Categoría                | Si✓ No× | Comentario   |
|---|--------------------------|---------|--|
| Matriz ambiental  | Agua                     | ✓       | Idem a COT   |
|   | Sedimentos               | ✓       |  |
|   | Biota                    | ×       |  |
| Ambiente acuático   | Marino                   | ✓       | Idem a COT   |
|   | Dulceacuicola            | ✓       |  |
| Cuerpo de agua  | Costa abierta            | ✓       | Idem a COT   |
|   | Bahía                    | ✓       |  |
|   | Canales y esteros        | ✓       |  |
|   | Fiordos                  | ✓       |  |
|   | Estuarios                | ✓       |  |
|   | Lagos                    | ✓       |  |
|   | Ríos                     | ✓       |  |
| Tipo de cultivo   | Intensivo                | ✓       | Idem a COT   |
|   | Extensivo                | ✓       |  |
| Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental | POAL - DIRECTEMAR        | ✓       | En el POAL se cuantifica el contenido de fósforo total en aguas y sedimentos, mientras que la DGA determina los niveles de este parámetro en aguas superficiales de su red de monitoreo para lagos. Por su parte, la CONAMA requiere la cuantificación de este parámetro para las aguas de circulación de los centros de cultivo intensivos. |
|   | RCAS - DGA               | ×       |  |
|   | RMCL - DGA               | ✓       |  |
|   | PSMB/UE - SERNAP         | ×       |  |
|   | PSMB/EU - SERNAP         | ×       |  |
|   | RESEIA - CONAMA          | ✓       |  |
| PMF - INTESAL   | ×                        |         |  |
| Ejecución de la actividad de muestreo                                 | Simple                   | ✓       | Idem a COT. Debido a que este nutriente se encuentra sujeto a procesos de degradación microbiana es necesario preservar las muestras una vez que han sido recolectadas.  |
|   | Moderada                 | ✓       |  |
|   | Compleja                 | ×       |  |
| Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio                   | Rutinario                | ✓       | El análisis de muestras de agua y sedimentos para la cuantificación de fósforo se basa en procedimientos estandarizados y que han sido tradicionalmente empleados en laboratorios desde hace mucho tiempo, por lo cual no debería presentar inconvenientes en la calidad de los resultados.  |
|   | Requiere experiencia     | ×       |  |
|   | Complejo                 | ×       |  |
| Valor económico del análisis por muestra                              | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓       | Los precios de los análisis de fósforo en aguas y sedimentos tienen un valor inferior a 1 UF, variando principalmente entre 0,3 y 0,6 UF por muestra.  |
|   | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | ×       |  |
|   | Alto ( $> 3$ UF)         | ×       |  |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento



## **h. Nitrógeno total**

### ***Fundamento***

El nitrógeno es uno de los principales nutrientes para los organismos vegetales y en los sistemas acuáticos marinos es el nutriente limitante más frecuente. En aquellos ambientes en donde el nitrógeno abundante y se encuentra biodisponible, y a ello se le suman otros factores ambientales o de tipo geomorfológico es posible que se generen condiciones de eutroficación (Environment Agency, 1998; Richardson and Jørgensen, 1996; Ward *et al.*, 1998)

Independientemente del tipo de ambiente que se trate (estuarios, bahías cerradas, lagunas costeras, entre otros), si los aportes de nitrógeno al sistema son altos se produce un excesivo crecimiento de algas. Bajo situaciones menos severas, en principio el exceso de niveles de nitrógeno causa cambios sutiles en el ambiente acuático, aunque eventualmente pueden hacerse crónicos para la estructura comunitaria de los ecosistemas.

Frecuentemente, los sedimentos actúan como reservorio de los nutrientes que provienen de la columna de agua y de este modo se convierten en una fuente potencial que gatilla un ciclo perenne de afloramientos algales (Ward *et al.*, 1998)

Es vital que en un comienzo se pueda comparar las concentraciones de nitrógeno derivadas del programa de monitoreo con valores de línea base o de sitios referenciales. Este punto es importante, ya que niveles puntuales de este u otros nutrientes presentes en la columna de agua podrían ser atípicos a causa de la influencia de fenómenos de una escala distinta al que se está analizando.

Los niveles de los nutrientes responden a cambios sobre una amplia escala de rangos, quizás desde minutos (*i.e.* procesos de bioturbación por organismos bentónicos en la capa sedimentaria), pasando por meses (*i.e.* variaciones estacionales) como resultado de los ciclos de crecimiento y disminución fitoplanctónicas, a décadas reflejando los cambios en el uso de la tierra que se manifiestan en los ecosistemas costeros.

Desde otra perspectiva, la forma en que se encuentra disponible el nitrógeno en el ambiente es importante para determinar su asimilación biológica. Aunque el nitrógeno total puede ser una determinación importante (especialmente si las fracciones de nitrógeno orgánico o particulado son cuantificables), estas mediciones deberían ser complementadas con la obtención de muestras destinadas a establecer los niveles de las formas disueltas inorgánicas: amonio, nitrito y nitrato, las cuales se sabe que pueden estar disponibles para ser asimiladas por la biota (Ward *et al.*, 1998).

Cabe señalar que de manera similar al fósforo, en una primera etapa no se contempla cuantificar una fracción determinada de nitrógeno en alguna de las matrices ambientales. Más bien, la estrategia de muestreo se centrará en recolectar muestras de agua y sedimentos para el analizar el comportamiento espacial de las distintas fracciones nitrogenadas (*i.e.* estaciones expuestas *versus* estaciones referenciales), a la luz de los resultados que arrojen los análisis procedentes de distintos laboratorios.

A modo tentativo, se ha dado un mayor peso a los niveles de amonio que estarían presentes en la matriz acuosa, de allí que se haya profundizado más sobre este parámetro en el próximo punto.

### **Relación NT:PT**

Un aspecto relacionado con la eutroficación es el aparente aumento en el número de afloramientos algales ("blooms"), particularmente de cianobacterias (algas verde azules). Un afloramiento de esta naturaleza se refiere a una situación en un cuerpo de agua cuando las abundancias de fitoplancton son tan altas que producen un cambio en la coloración de las aguas (discoloración). La Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) formalmente ha definido un "bloom" cuando la concentración de clorofila *a* alcanza los 20  $\mu\text{g/L}$ .

Los blooms de cianobacterias pueden ser aún más notorios que los de otras especies del fitoplancton, ya que por su carácter flotante este tipo de algas forma una película sobre la superficie del agua a modo de "nata". Las condiciones que producen un bloom de cianobacterias corresponden a una combinación de factores primarios, que no sólo conducen a un incremento en la biomasa fitoplanctónica, sino que también ocasionan que las cianobacterias dominen numéricamente sobre otros tipos de fitoplancton. Un rasgo que distingue muchas cianobacterias de otras especies fitoplanctónicas es su capacidad para fijar nitrógeno

atmosférico en los tejidos vegetales. Bajo condiciones en las que el nitrógeno es el nutriente limitante, algunas cianobacterias tienen una ventaja competitiva e incrementan su abundancia a expensas de otros fitoplanctones (Paerl, 1988). Cuando el nitrógeno no es limitante, se presenta una situación inversa.

Este conocimiento ha llevado al supuesto que bajo condiciones que desencadenan la formación de un bloom de algas, la proporción de nitrógeno total a fósforo total (NT:PT) podría ser empleada como un indicador de la tendencia a la formación de blooms de cianobacterias (DWR, 1992; MDBC, 1993). Sin embargo, esta relación debe ser considerada con cautela ya que difiere entre especies de fitoplancton, lo que sugiere que la relación NT:PT a la cual el nitrógeno podría llegar a ser limitante también es distinta a nivel interespecífico. Además, existen dudas si debiera utilizarse las fracciones totales o disueltas de estos nutrientes para el cálculo de la relación. A pesar de estos inconvenientes, la proporción NT:PT es un índice simple y permite estimar el grado en que un cuerpo de agua podría ser susceptible a desarrollar este tipo de fenómenos.

**Crterios de selección: nitrógeno total**

| criterio   | Categoría            | Si✓ No x | Comentario  |
|--|----------------------|----------|---|
| <b>Matriz ambiental</b>  | Agua                 | ✓        | Por su calidad de macronutriente, al igual que el COT, también se encuentra presente en las matrices acuosa y sedimentaria.   |
|  | Sedimentos           | ✓        |   |
|  | Biota                | x        |   |
| <b>Ambiente acuático</b>   | Marino               | ✓        | La presencia de nitrógeno total se encuentra en ambos tipos de ambientes acuáticos, asociada con fuentes naturales o específicamente con actividades de acuicultura.  |
|  | Dulceacuícola        | ✓        |   |
| <b>Cuerpo de agua</b>  | Costa abierta        | ✓        | Considerando que todos estos cuerpos de agua albergan actividades de acuicultura, ya sea en forma intensiva o extensiva, es recomendable la medición de este parámetro en todos ellos.  |
|  | Bahía                | ✓        |   |
|  | Canales y esteros    | ✓        |   |
|  | Fiordos              | ✓        |   |
|  | Estuarios            | ✓        |   |
|  | Lagos                | ✓        |   |
|  | Ríos                 | ✓        |   |
| <b>Tipo de cultivo</b>   | Intensivo            | ✓        | De ambos sistemas de cultivo, la determinación de nitrógeno total tiene mayor relevancia en los de tipo intensivos, por las mismas razones señaladas para el fósforo y COT. Aunque en los sistemas extensivos los aportes de nitrógeno al ambiente son menores, bajo condiciones de baja circulación podría producirse un enriquecimiento, principalmente de los sedimentos, por el ingreso de las deposiciones fecales.  |
|  | Extensivo            | ✓        |   |
| <b>Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental</b> | POAL - DIRECTEMAR    | ✓        | La cuantificación de nitrógeno total se determina en las aguas y sedimentos del programa que realiza DIRECTEMAR. En la red de lagos de la DGA, se efectúan periódicamente mediciones de nitrógeno Kjeldahl para las aguas superficiales, además de otros compuestos nitrogenados (NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> y NH <sub>3</sub> ). Para los centros de cultivo ubicados en tierra, la CONAMA solicita la medición de nitrógeno total en las aguas de circulación. |
|  | RCAS - DGA           | x        |   |
|  | RMCL - DGA           | ✓        |   |
|  | PSMB/UE - SERNAP     | x        |   |
|  | PSMB/EU - SERNAP     | x        |   |
|  | RESEIA - CONAMA      | ✓        |   |
|  | PMF - INTESAL        | x        |   |
| <b>Ejecución de la actividad de muestreo</b>                                 | Simple               | ✓        | Tal como se señaló para los restantes macronutrientes, el mayor grado de dificultad se asocia con la toma de muestras de sedimentos, ya que la recolección de las muestras de agua es un procedimiento relativamente simple.  |
|  | Moderada             | ✓        |   |
|  | Compleja             | x        |   |
| <b>Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio</b>                   | Rutinario            | ✓        | Los procedimientos analíticos para la medición de nitrógeno total en aguas y sedimentos son conocidos dentro de la rutina de un laboratorio. Los métodos son conocidos y ampliamente aplicados.   |
|  | Requiere experiencia | x        |   |
|  | Complejo             | x        |   |

|  |                          |   |   |
|--|--------------------------|---|---|
| Valor económico del análisis por muestra | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓ | El valor por análisis no supera el monto de 1 UF. En general, los costos por muestra son similares a los señalados a los del fósforo. |
|  | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | ✗ |   |
|  | Alto ( $> 3$ UF)         | ✗ |   |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

## i. Clorofila $\alpha$

### **Fundamento**

Frecuentemente, la concentración de clorofila  $\alpha$  se emplea como un indicador sucedáneo de la biomasa fitoplanctónica. El fitoplancton es un componente integral de los ecosistemas acuáticos y de todos los cuerpos de agua, aún de aquellos que se encuentran impactados. La biomasa de una comunidad fitoplanctónica está determinada por un conjunto de factores que incluye tanto naturales como antropogénicos.

En muchos casos, las altas de biomasa fitoplanctónica se originan por el elevado aporte de nutrientes (hipernutricación). La concentración de los pigmentos fotosintéticos de clorofila  $\alpha$  permite tener una estimación de la productividad primaria, aunque no existe necesariamente una relación coherente o rigurosa entre ésta y la biomasa (Ward *et al.*, 1998). No obstante, su medición indica la extensión a la cual un ecosistema ha sido afectado por el ingreso de nutrientes. Generalmente, la biomasa fitoplanctónica se mide mediante la cantidad de clorofila  $\alpha$  presente en el agua. En promedio, el 1,5% de la materia orgánica algal es clorofila  $\alpha$  (Rashke, 1993). De este modo, si los niveles de clorofila  $\alpha$  son conocidos, se puede estimar la biomasa fitoplanctónica en el cuerpo de agua. Altas cantidades de biomasa decoloran el agua. En el cuadro siguiente se indican el grado de decoloración esperable del agua en función de la concentración de clorofila:

| Nivel de clorofila $\alpha$ | Grado de discoloración                                      |
|-----------------------------|---|
| > 10                        | Sin discoloración   |
| 10 - 15                     | Discoloración leve; algún desarrollo de película algal      |
| 20 - 30                     | Discoloración fuerte, formación frecuente de película algal |
| > 30                        | Discoloración profunda; intensa formación de película algal |

Fuente: Raschke (1993)

La productividad algal está correlacionada con los niveles de nitrógeno y fósforo en el agua. Si la relación N:P en un sistema dulceacuícola cae bajo una proporción de 10:1 en peso, por lo general no se presenta un crecimiento algal si el fósforo es limitante. En caso contrario, si la relación es superior a 10:1 en aguas dulces, y sobre 15:1 – 16:1 en sistemas estuarinos o áreas costeras, el sistema probablemente experimentará un florecimiento algal, cuya severidad estará en relación con el exceso de fósforo disponible

(Schindler, 1978; Jaworski, 1981). El fósforo tiende a ser el elemento limitante en los sistemas dulceacuícolas. En aquellos sistemas estuarinos donde el nitrógeno es limitante, si la relación N:P cae bajo 10:1, el sistema probablemente experimentará un bloom cuya magnitud dependerá del exceso de nitrógeno disponible.

Generalmente, una concentración de fosfato de 0,01 mg/L sostendrá una comunidad planctónica, mientras que concentraciones de 0,03 a 0,1 mg/L o mayores probablemente desencadenarán eventos de blooms. (USEPA, 1986; Dunne and Leopold, 1978). Una alta disponibilidad de fósforo no siempre indica una producción continua ya que el sistema podría estar limitado por el nitrógeno. Los sistemas estuarinos tienden a estar limitados por la disponibilidad de nitrógeno.

### **Efectos**

Aunque generalmente los "blooms" de algas no conllevan un riesgo directo para la salud, ciertas especies producen endo o exotoxinas que podrían acumularse en los tejidos comestibles de mariscos y de esta manera ocasionar efectos perjudiciales directos sobre la salud de las personas (Muñoz y Alvial, 1988). Desde la perspectiva ambiental, un aumento de la abundancia de algas aumentará la turbidez del agua, disminuyendo la actividad fotosintética. La disminución de la vegetación subacuática a nivel mundial se considera un efecto de los reducidos niveles de iluminación atribuibles a la alta productividad algal (Dennison *et al.*, 1993). Este tipo de vegetación provee alimento para la vida acuática y hábitat para peces, moluscos y otros organismos de vida acuática, tanto de ambientes estuarinos como costeros.

En todo caso, es necesario diferenciar aquellas concentraciones de clorofila anómalas y consistentemente altas de las que se producen naturalmente por efecto de la latitud y estacionalidad, o que se asocian con características hidrodinámicas propias de zonas costeras (*i.e.* zonas de surgencia) (Muñoz y Alvial, 1988; Ward *et al.*, 1998). Para interpretar correctamente los niveles de clorofila *a*, es indispensable contar con información sobre turbidez y contenidos de nitrógeno presentes en los mismos puntos de muestreo.

**Crterios de seleccin: clorofila  $\alpha$** 

| Criteriono   | Categoría            | Si✓ No* | Comentario   |
|--|----------------------|---------|--|
| <b>Matriz ambiental</b>  | Agua                 | ✓       | Si bien la clorofila $\alpha$ se encuentra en virtualmente todos los organismos vegetales, para este caso se determina su presencia en las comunidades fitoplanctónicas acuáticas  |
|  | Sedimentos           | x       |  |
|  | Biota                | x       |  |
| <b>Ambiente acuático</b>   | Marino               | ✓       | La presencia de clorofila $\alpha$ se detecta tanto en comunidades fitoplanctónicas acuáticas dulceacuícolas como marinas, si bien la composición taxonómica difiere entre ambos ambientes no tiene mayor relevancia para el análisis.   |
|  | Dulceacuícola        | ✓       |  |
| <b>Cuerpo de agua</b>  | Costa abierta        | ✓       | En todos los cuerpos de agua señalados se puede cuantificar la presencia de clorofila $\alpha$ . Aunque su medición podría verse dificultada en ambientes fluviales corrientosos, por lo general los centros de cultivo se ubican en zonas de remanso o en sus desembocaduras.   |
|  | Bahía                | ✓       |  |
|  | Canales y esteros    | ✓       |  |
|  | Fiordos              | ✓       |  |
|  | Estuarios            | ✓       |  |
|  | Lagos                | ✓       |  |
|  | Ríos                 | ✓       |  |
| <b>Tipo de cultivo</b>   | Intensivo            | ✓       | Aunque la determinación de clorofila $\alpha$ es válida para ambos tipos de cultivos, la medición de sus niveles entregaría mayor información desde un punto de vista ambiental para aquellos sistemas de cultivo intensivos, debido al mayor contenido de macronutrientes que estarían presentes en el agua debido a los aportes provenientes de estas actividades. |
|  | Extensivo            | ✓       |  |
| <b>Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental</b> | POAL - DIRECTEMAR    | ✓       | En el POAL, la clorofila $\alpha$ se mide en muestras de agua dulce superficial procedente de los lagos y ríos que forman parte de la red de monitoreo de este programa. Por su parte, la DGA también tiene incorporado el seguimiento de este parámetro en su Red Mínima de Control de Lagos.   |
|  | RCAS - DGA           | x       |  |
|  | RMCL - DGA           | ✓       |  |
|  | PSMB/UE - SERNAP     | x       |  |
|  | PSMB/EU - SERNAP     | x       |  |
|  | RESEIA - CONAMA      | x       |  |
| PMF - INTESAL  | x                    |         |  |
| <b>Ejecución de la actividad de muestreo</b>                                 | Simple               | ✓       | La ejecución de la toma de muestras para análisis de clorofila $\alpha$ es simple, aunque requiere considerar algunos aspectos asociados con la preservación de las mismas que son cruciales para la confiabilidad de los resultados.  |
|  | Moderada             | x       |  |
|  | Compleja             | x       |  |
| <b>Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio</b>                   | Rutinario            | ✓       | En aquellos laboratorios que tienen la infraestructura necesaria (centrífugas y espectrofotómetros) y las técnicas analíticas implementadas, este tipo de análisis es rutinario ya que existen protocolos claramente establecidos.   |
|  | Requiere experiencia | x       |  |
|  | Complejo             | x       |  |



|  |                          |   |   |
|--|--------------------------|---|---|
| Valor económico del análisis por muestra | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓ | El valor de este análisis oscila alrededor de las 0,5 UF por muestra. |
|  | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | x |   |
|  | Alto ( $> 3$ UF)         | x |   |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

## **j. Sulfuros**

### ***Fundamento***

En ambientes bien oxigenados (normóxicos) las formas oxidadas del azufre ( $H_2SO_4$  y  $SO_4^{2-}$ ) son muy comunes en aguas marinas y salobres. Sin embargo, si los niveles de oxígeno disuelto en la columna de agua disminuyen hasta provocar condiciones hipóxicas o anóxicas, la mayor parte del azufre se presenta en su forma reducida, es decir, como ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) lo que genera condiciones reductoras que se manifiestan en la cubierta sedimentaria.

Existen antecedentes que indican que las actividades de acuicultura desarrolladas en pisciculturas y en balsas-jaulas producen cantidades importantes de desechos (Gowen *et al.*, 1991). Una fracción significativa de estos residuos, que proviene del alimento no ingerido y del material fecal, precipita a los fondos sedimentarios generando impactos potenciales sobre el ecosistema bentónico de ambientes marinos y dulceacuícolas. Entre los cambios que ocurren se incluye la formación de sedimentos anóxicos (Brown *et al.*, 1987); aumento del flujo de nutrientes tales como amonio y fosfato reactivo disuelto desde el sedimento hacia la columna de agua (Enell and Lof, 1983; Blackburn *et al.*, 1988) y cambios en la estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica (Brown *et al.*, 1987; Ritz *et al.*, 1989; Weston, 1990).

### ***Efectos***

Los impactos más severos se evidencian principalmente en las cercanías de las estructuras utilizadas para las operaciones de acuicultura (*i.e.* emisarios, balsas-jaulas). En muchos casos, la exacerbada actividad de bacterias sulfato reductoras y metanogénicas dentro de los sedimentos genera la liberación de dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y metano gaseosos (Samuelsen *et al.*, 1988). En algunos centros de cultivo que emplean balsas-jaulas, la presencia de sulfuro de hidrógeno ha sido asociada con pérdida del apetito, daño branquial y aumento en las mortalidad de los peces (Braaten *et al.*, 1983). Además, el estrés inducido por la exposición a este tipo de compuesto y la pobre calidad de agua podrían explicar parcialmente el incremento y la persistencia de enfermedades observadas en algunos centros marinos que emplean esta modalidad de cultivo.

En aquellos sedimentos enriquecidos orgánicamente, el principal proceso anaeróbico que prima es la reducción del sulfato, y como se mencionó anteriormente el producto final de esta reacción es la formación de sulfuro de hidrógeno. Sin embargo, se ha observado que los niveles de este compuesto en el agua suprayacente al fondo son bajos o no detectables (Jorgensen, 1980). Este mismo autor sugiere como una de las causas probables que explica este fenómeno el crecimiento de bacterias sulforreductoras, tales como *Beggiatoa* sp. y *Thiovulum* sp., las cuales forman densas agrupaciones sobre la superficie del sedimento. Se sabe que este tipo de bacterias crece en la interfase donde se produce el encuentro entre la fase oxigenada y la sulfurada de los sedimentos.

Aunque normalmente bajo los primeros centímetros de la cubierta sedimentaria se constata una capa con características reductoras, debido a la baja tasa de difusión del oxígeno en el agua intersticial, cuando la hipoxia persiste esta capa se extiende hasta alcanzar la superficie de los sedimentos.

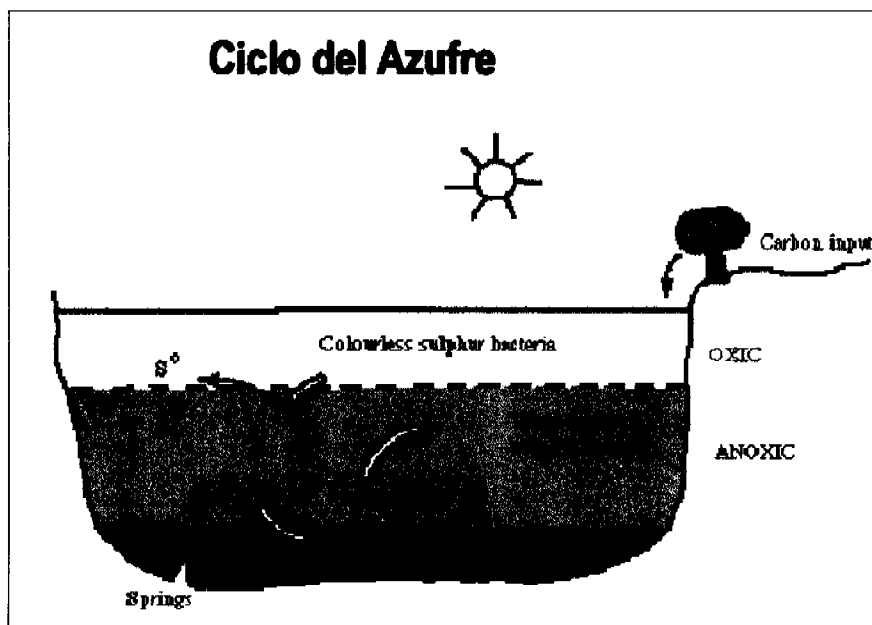


Figura 2.13. Representación esquemática del ciclo del azufre en el ambiente acuático

En caso que los niveles de oxígeno disuelto aumenten nuevamente, en forma inmediata el  $H_2S$  sufre una oxidación y se transforma en  $SO_4^{2-}$ . (Figura 2.13). En cambio, si las condiciones anóxicas perduran el  $H_2S$  o sulfuro ( $S^-$ ) precipita con metales, especialmente con el hierro, formándose sulfuros de hierro que le dan la coloración negruzca característica a los sedimentos reducidos. En algunos casos, el  $H_2S$  también puede

sufrir cambios de origen biológico (mediados por ejemplo por *Thiobacillus*), que se traducen primero en su transformación a azufre elemental (S) y luego a sulfato.

La importancia del sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) radica en que:

- puede ser directamente tóxico para organismos animales y vegetales
- su precipitación con metales potencialmente limita la disponibilidad de azufre
- su precipitación con metales también puede limitar la disponibilidad de metales

Así también, la reducción de los iones disueltos de sulfato a sulfuros es muy importante ya que este proceso disminuye el potencial redox ( $E_h$ ) de los sedimentos (i.e. se torna negativo). Bajo estas condiciones, la diversidad y abundancia de la macroinfauna disminuye debido a la toxicidad del sulfuro. Un efecto colateral se asocia con el ciclo del nitrógeno; cuando existen altas concentraciones de sulfuros en el los sedimentos, el proceso de desnitrificación puede detenerse debido a la presencia de condiciones anóxicas (Figura 2.14).

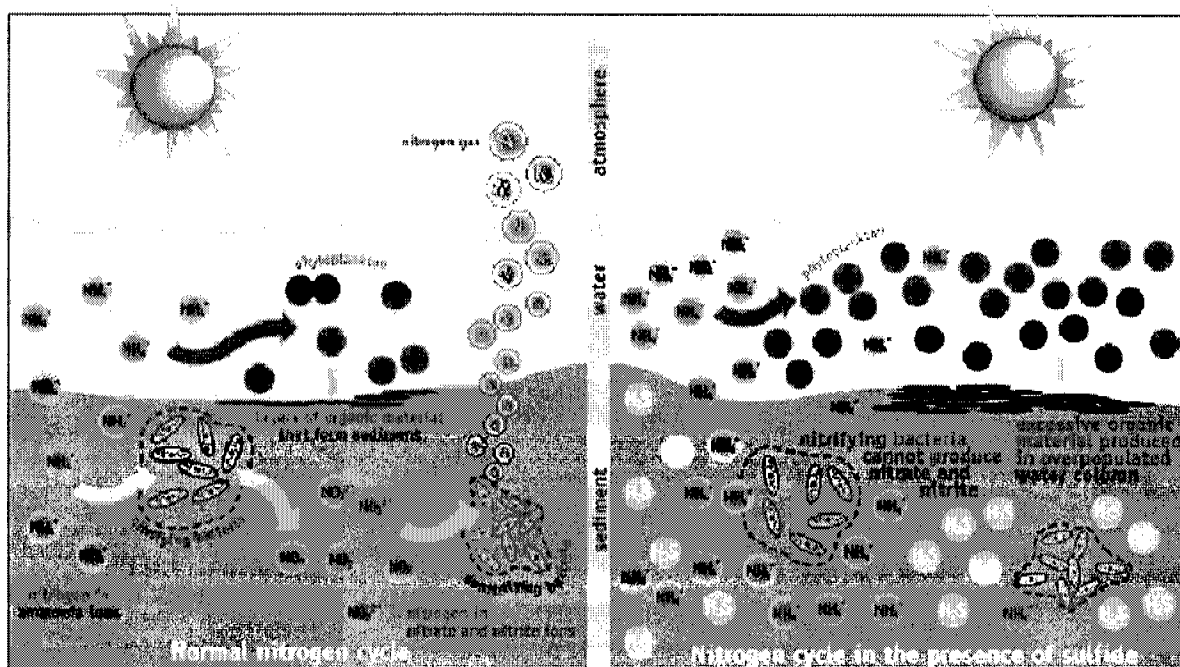


Figura 2.14. Esquema comparativo del ciclo normal del nitrógeno en el ambiente acuático en condiciones normales y en presencia de sulfuros.

**Crterios de seleccin**

| <b>Criterio</b>  | <b>Categoría</b>     | <b>Si ✓ No x</b> | <b>Comentario</b>  |
|--|----------------------|------------------|--|
| <b>Matriz ambiental</b>  | Agua                 | x                | Los sedimentos son el receptáculo de todas aquellas sustancias que provienen de la columna de agua. Una vez en esta matriz sufren una serie de reacciones que determinan su transformación en otras sustancias o enterramiento a mayor profundidad.  |
|  | Sedimentos           | ✓                |  |
|  | Biota                | x                |  |
| <b>Ambiente acuático</b>   | Marino               | ✓                | Los procesos reductores en sedimentos son más conspicuos en ambientes marinos  |
|  | Dulceacuicola        | x                |  |
| <b>Cuerpo de agua</b>  | Costa abierta        | ✓                | Por lo anteriormente señalado, se recomienda la determinación de sulfuros en sedimentos de cuerpos de agua marinos, como un indicador de condiciones reductoras producto de la mineralización de la materia orgánica.  |
|  | Bahía                | ✓                |  |
|  | Canales y esteros    | ✓                |  |
|  | Fiordos              | ✓                |  |
|  | Estuarios            | ✓                |  |
|  | Lagos                | x                |  |
|  | Ríos                 | x                |  |
| <b>Tipo de cultivo</b>   | Intensivo            | ✓                | Las condiciones reductoras en los sedimentos pueden estar asociadas con ambos tipos de sistemas de cultivo. Sin embargo, en los de tipo intensivos la ocurrencia de este fenómeno puede ser más recurrente y producirse con mayor intensidad debido a que los sedimentos reciben una mayor carga de materia orgánica procedente de la columna de agua. |
|  | Extensivo            | ✓                |  |
| <b>Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental</b> | POAL - DIRECTEMAR    | x                | Actualmente, en ninguno de los programas de vigilancia señalados se monitorea los niveles de sulfuros, ya sea en las agua o sedimentos.  |
|  | RCAS - DGA           | x                |  |
|  | RMCL - DGA           | x                |  |
|  | PSMB/UE - SERNAP     | x                |  |
|  | PSMB/EU - SERNAP     | x                |  |
|  | RESEIA - CONAMA      | x                |  |
|  | PMF - INTESAL        | x                |  |
| <b>Ejecución de la actividad de muestreo</b>                                 | Simple               | x                | Dado que la obtención de muestras de sedimentos sublitorales requiere aproximarse mediante buceo o recolectarla en forma indirecta mediante dragas, ambos procedimientos requieren de técnicas operativas que sean ejecutadas por personal con experiencia.  |
|  | Moderada             | ✓                |  |
|  | Compleja             | x                |  |
| <b>Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio</b>                   | Rutinario            | ✓                | Si bien el análisis de sulfuros en sedimentos no es una determinación muy frecuente, el método de cuantificación no presenta dificultades mayores para efectuarlo en el laboratorio.   |
|  | Requiere experiencia | x                |  |
|  | Complejo             | x                |  |

|  |                          |   |   |
|--|--------------------------|---|---|
| Valor económico del análisis por muestra | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓ | Este análisis tiene un costo por muestra que oscila entre 0,3 y 0,5 UF aproximadamente. |
|  | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | ✗ |   |
|  | Alto ( $> 3$ UF)         | ✗ |   |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

## k. Coliformes fecales

### *Fundamento*

Los microorganismos patógenos (incluyendo bacterias, virus y protozoos) están asociados con desechos fecales y pueden causar una variedad de enfermedades incluyendo fiebre tifoidea, cólera, giardiasis y hepatitis, ya sea mediante el consumo de mariscos contaminados o el contacto con aguas insalubres. Ya que por lo general estos organismos patógenos se encuentran en muy bajas concentraciones en el agua, y además existe una amplia variedad de ellos, es complicado establecer programas de monitoreo para el seguimiento de todos ellos. De este modo, el recuento directo de patógenos es caro y en la práctica casi imposible.

Para sobrellevar esta dificultad, el monitoreo de organismos patógenos se basa en el empleo de "especies indicadoras" cuya presencia en el agua podría evidenciar contaminación de origen fecal. Los cuatro indicadores que se utilizan con mayor frecuencia corresponden a: coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y enterococos; todos estos microorganismos son bacterias que normalmente son prevalentes en los intestinos y fecas de animales homeotermos ("de sangre caliente")

Un organismo indicador ideal de contaminación de origen fecal debe cumplir con los siguientes criterios:

- debe estar presente en donde se encuentren los patógenos entéricos
- debe ser útil para todos los tipos de agua
- debe tener un tiempo de sobrevivencia mayor que el microorganismo patógeno más resistente
- no debe crecer en el agua
- debe ser encontrado en los intestinos de animales homeotermos
- el recuento debe ser de simple ejecución
- su densidad debe tener alguna relación directa con respecto al grado de contaminación fecal

Las bacterias coliformes viven en el segmento inferior de los intestinos de los animales homeotermos y pueden constituir hasta el 50% de las materias fecales. Aunque las bacterias coliformes no son por lo general patógenas, su presencia indica contaminación por aguas servidas, con el riesgo que existan organismos causantes de enfermedades. En países extranjeros, desde 1920 las agencias y servicios de salud han recurrido al recuento de coliformes totales y coliformes fecales como indicadores de contaminación microbiológica. Los coliformes totales son bacterias de un grupo taxonómico estrechamente relacionado que comparten una característica diagnóstica en común: la capacidad para metabolizar

(fermentar) la lactosa, generando productos intermediarios como ácido y gas. Existen diversos medios de crecimiento selectivo disponibles que aprovechan estas características metabólicas para aplicar los procedimientos de recuento estándares.

Sin embargo, los coliformes totales no son muy útiles para analizar aguas recreacionales como así tampoco aquéllas que albergan recursos hidrobiológicos, ya que algunas especies de este grupo se encuentran naturalmente en restos vegetales o en el suelo, de modo que su presencia no indica necesariamente contaminación de origen fecal.

### **Efectos**

Un indicador fecal más específico es el grupo de los coliformes fecales. Los coliformes fecales son utilizados ampliamente como indicadores para evaluar la calidad microbiológica de aguas destinadas a contacto directo, como así también para aguas en las que se encuentran mariscos para consumo humano. Sin embargo, aún en este grupo se incluye algunas especies que no necesariamente tienen un origen fecal, por ejemplo *Klebsiella pneumoniae*, también crece asociada con pulpa de papel y en ocasiones se la encuentra en altas concentraciones en efluentes de la industria de la celulosa.

Aún cuando los coliformes fecales presentan algunas deficiencias como "indicadores perfectos", actualmente este grupo se considera como el mejor indicador de contaminación microbiológico disponible. Un gran número de programas de salud ambiental emplean los coliformes fecales para estimar la potencialidad de contaminación bacteriana en distintos tipos de ambientes acuáticos.

Aunque la USEPA ha recomendado al grupo enterococcos o a *E. coli* para evaluar la condición sanitaria de aguas recreacionales, ya que ambas proporcionan una mejor correlación entre enfermedades gastrointestinales y actividades de contacto directo en contraste con los coliformes fecales, e incluso *E. coli* se encuentra sólo en las fecas de animales homeotermos, el seguimiento de coliformes fecales persiste se debe principalmente a dos razones: primero, se dispone históricamente de recuentos de este grupo de bacterias para efectos comparativos y, segundo, los costos de análisis de coliformes fecales son más baratos.



**Criterios de selección**

| Criterio  | Categoría            | Si✓ No* | Comentario  |
|---|----------------------|---------|---|
| Matriz ambiental  | Agua                 | ✓       | Si bien la determinación de coliformes fecales se puede realizar en una variedad de ambientes, las aguas se constituyen en el mejor vehículo para transportar este tipo de bacterias.   |
|   | Sedimentos           | ✗       |   |
|   | Biota                | ✗       |   |
| Ambiente acuático   | Marino               | ✗       | Aunque la presencia de coliformes fecales se verifica en ambos tipos de ambientes, su detección está orientada a aguas dulces receptoras de descargas residuales provenientes de centros de cultivo instalados en tierra.                                       |
|   | Dulceacuícola        | ✓       |   |
| Cuerpo de agua  | Costa abierta        | ✗       | Dadas las condiciones dulceacuícolas señaladas anteriormente, sólo los lagos y ríos cumplen con esta condición previa.  |
|   | Bahía                | ✗       |   |
|   | Canales y esteros    | ✗       |   |
|   | Fiordos              | ✗       |   |
|   | Estuarios            | ✗       |   |
|   | Lagos                | ✓       |   |
|   | Ríos                 | ✓       |   |
| Tipo de cultivo   | Intensivo            | ✓       | En ambientes dulceacuícolas operan sistemas de cultivo intensivos, por lo que la detección de coliformes fecales se asocia con este tipo de cultivos.   |
|   | Extensivo            | ✗       |   |
| Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental | POAL - DIRECTEMAR    | ✓       | De los programas de seguimiento ambiental señalados, en tres de ellos se monitorea la presencia de coliformes fecales, ya sea en el agua de mar o en aguas dulces naturales.  |
|   | RCAS - DGA           | ✗       |   |
|   | RMCL - DGA           | ✓       |   |
|   | PSMB/UE - SERNAP     | ✗       |   |
|   | PSMB/EU - SERNAP     | ✓       |   |
|   | RESEIA - CONAMA      | ✗       |   |
|   | PMF - INTESAL        | ✗       |   |
| Ejecución de la actividad de muestreo                                 | Simple               | ✓       | La recolección de las muestras de agua para el recuento de coliformes fecales es un procedimiento simple, aunque debe ser realizado con prolijidad para evitar la contaminación de la alicuota con microorganismos foráneos.                                    |
|   | Moderada             | ✗       |   |
|   | Compleja             | ✗       |   |
| Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio                   | Rutinario            | ✓       | En aquellos laboratorios que cuentan con análisis bacteriológicos, la incubación de coliformes fecales en medios de cultivo selectivos y su ulterior recuento mediante el método del Número Más Probable (NMP) es un método claramente establecido y rutinario. |
|   | Requiere experiencia | ✗       |   |
|   | Complejo             | ✗       |   |

|   |                          |   |   |
|---|--------------------------|---|---|
| <b>Valor económico del análisis por muestra</b> | Accesible ( $\leq 1$ UF) | ✓ | El costo de un análisis de coliformes fecales no supera el valor de 1 UF, variando por lo general entre 0,4 y 0,6 UF por muestra. |
|   | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | ✗ |   |
|   | Alto ( $> 3$ UF)         | ✗ |   |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

## I. Antibióticos

### *Fundamento*

El empleo de quimioterapéuticos en actividades de acuicultura se encuentra ampliamente difundida a través de todo el mundo. Dado que las enfermedades bacterianas se presentan con más frecuencia y atacan con mayor severidad en sistemas de cultivos intensivos, es precisamente en este tipo de cultivos en donde se aplica una mayor cantidad de antibióticos. De allí que, existe la potencialidad que el uso indiscriminado de este tipo de fármacos pueda inducir efectos a corto y largo plazo, como son (FIP, 1999):

- Aumento en la resistencia bacteriana de las formas entéricas
- Ingreso de bacterias resistentes al tracto digestivo del hombre que causan enfermedades infecciosas
- Generación de reacciones alérgicas o tóxicas en seres humanos por ingesta de residuos antimicrobianos
- Producción de cepas bacteriana resistentes a drogas esenciales para el hombre

En Estados Unidos y en la mayoría de los países europeos el uso de antibióticos se encuentra controlado mediante un sistema de licencias y supervisado por un programa de vigilancia para monitorear que se cumpla con los límites establecidos sobre los niveles aceptables de estos residuos a nivel tisular (GESAMP, 1997). En otros países, las regulaciones son menos restrictivas y aunque algunas drogas se encuentran prohibidas, como por ejemplo el cloramfenicol, el cumplimiento de tales prohibiciones es débil o inexistente. En aquellas regiones en donde estas regulaciones no existen o no se cumplen, la elección del quimioterapéutico queda determinado por el costo, disponibilidad y eficacia del producto.

La mayoría de los productos químicos empleados en acuicultura se degradan rápidamente en los sistemas acuáticos. Por ejemplo, la formalina que es utilizada ampliamente como parasiticida y fungicida, tiene una vida media en el agua de 36 horas (Katz, 1989). La furazolidona, un bactericida, tiene una vida media en los sedimentos menor de un día (Samuelsen *et. al*, 1991). La vida media en el agua de mar del dichlorvos, producto utilizado como parasiticida, fluctúa de 100 a 200 horas dependiendo del pH acuoso (Samuelsen, 1987).

Otro tipo de sustancias químicas pueden persistir por muchos meses en el ambiente, reteniendo sus propiedades biocidas. Compuestos que incluyen metales en su composición, tales como moluscicidas

organoestanosos y alguicidas con base cúprica probablemente tienen una alta persistencia en sedimentos acuáticos. Algunos antibióticos, tales como la oxitetraciclina, el ácido oxolínico y la flumequina, pueden ser detectados en los sedimentos al menos 6 meses después de haberse aplicado el tratamiento.

### **Efectos**

Claramente, la persistencia de residuos químicos es altamente dependiente de la matriz y de las condiciones ambientales. En general, debido a procesos de fotodegradación y de dilución este tipo de residuos en el agua tiene una menor durabilidad y en consecuencia sus niveles se encuentran bajo los umbrales de concentraciones con significancia biológica. Aquellos residuos que son incorporados a los sedimentos tienden a persistir por períodos más largos, particularmente si los sedimentos son anaeróbicos, situación que potencialmente puede suceder bajo las jaulas de cultivo.

Desde la perspectiva del manejo, el transporte microbiológico vertical a través de la columna de agua cobra importancia ya que sedimentos ricos en materia orgánica continuamente desprenden burbujas gaseosas, cuya superficie sirve de medio adhesivo para transferir bacterias hidrofóbicas desde la matriz sedimenta hacia zonas superficiales del agua. De esta manera, la patogenicidad asociada con estas bacterias incorpora un factor de riesgo adicional al enriquecimiento orgánico (Brown, 1997).

Las comunidades de microorganismos asociadas con los sedimentos acuáticos degradan materia orgánica y reciclan nutrientes. En los sedimentos, las tasas de consumo de oxígeno y producción de amonio y sulfuros son altamente dependientes de la actividad microbiana. La acumulación de residuos bactericidas en los sedimentos tiene el potencial para inhibir esta actividad y en consecuencia reducir la tasa de degradación de materia orgánica. Entre los estudios disponibles, Capone *et al.* (1996) señalaron que la presencia de residuos de oxitetraciclina de hasta 7 mg/kg en el sedimento no tenían efecto sobre la densidad o actividad microbiana, aunque estos autores no analizaron el efecto sobre la composición de la comunidad microbiana. Con anterioridad, Hansen *et al.* (1992) habían encontrado una reducción entre el 40 y 50% de la densidad microbiana y una disminución mayor al 90% en la actividad (medida mediante la tasa de reducción del sulfato) con la adición de 100-400 mg/kg de oxitetraciclina, ácido oxolínico y flumequina. De este modo, no es sorprendente que estos resultados estén indicando que la inhibición potencial de la densidad y actividad microbianas dependerían de las concentraciones residuales del antibiótico empleado.

Probablemente, los efectos sean aún más dramáticos a medida que disminuye la salinidad y la biodisponibilidad aumenta.

A nivel nacional, y según los antecedentes contenidos en informe reciente (FIP, 1999) actualmente se estarían empleando cerca de una cincuentena de agentes quimioterapéuticos ya sea en forma habitual o experimental. De estos, los que se aplican con mayor frecuencia en la etapa de mar son: flumequina, ácido oxolínico y oxitetraciclina para el tratamiento de BKD, SRS y otras patologías bacterianas (Aquanoticias, 1998).

**Crterios de selección**

| Criterio   | Categoría                | Si✓ No* | Comentario   |
|--|--------------------------|---------|--|
| <b>Matriz ambiental</b>  | Agua                     | ✓       | Si bien la presencia de antibióticos se puede encontrar en distintas matrices ambientales, es el medio acuoso el primero que entra en contacto con este tipo de sustancias.  |
|  | Sedimentos               | x       |  |
|  | Biota                    | x       |  |
| <b>Ambiente acuático</b>   | Marino                   | x       | Aunque la aplicación de antibióticos se realiza en ambos tipos de ambientes, la búsqueda de este indicador se orienta en aguas dulces que son utilizadas dentro de sistemas de circulación.  |
|  | Dulceacuicola            | ✓       |  |
| <b>Cuerpo de agua</b>  | Costa abierta            | x       | El emplazamiento de centros de cultivo intensivos en aguas dulces, específicamente aquellas pisciculturas ubicadas en tierra que utilizan aguas para sus circuitos y luego las descargan al cuerpo de agua receptor se ubican en lagos y ríos.                                 |
|  | Bahía                    | x       |  |
|  | Canales y esteros        | x       |  |
|  | Fiordos                  | x       |  |
|  | Estuarios                | x       |  |
|  | Lagos                    | ✓       |  |
|  | Ríos                     | ✓       |  |
| <b>Tipo de cultivo</b>   | Intensivo                | ✓       | La medición de antibióticos en aguas asociadas a cultivos intensivos de especies salmonídeas podrían arrojar la presencia de este tipo de compuestos en las descargas residuales debido a su empleo en actividades de sanitización.  |
|  | Extensivo                | x       |  |
| <b>Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental</b> | POAL - DIRECTEMAR        | x       | Actualmente, en ninguno de los programas de seguimiento ambiental señalados se encuentra incluido este parámetro.  |
|  | RCAS - DGA               | x       |  |
|  | RMCL - DGA               | x       |  |
|  | PSMB/UE - SERNAP         | x       |  |
|  | PSMB/EU - SERNAP         | x       |  |
|  | RESEIA - CONAMA          | x       |  |
|  | PMF - INTESAL            | x       |  |
| <b>Ejecución de la actividad de muestreo</b>                                 | Simple                   | ✓       | Aunque la toma de muestras es simple, requiere cuidados mínimos para mantenerla en condiciones óptimas para su ulterior análisis en el laboratorio. Además de evitar introducir interferentes su colecta, es necesario asegurar su calidad mediante una adecuada preservación. |
|  | Moderada                 | x       |  |
|  | Compleja                 | x       |  |
| <b>Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio</b>                   | Rutinario                | x       | La determinación de antibióticos mediante cromatografía gaseosa es un análisis complejo que requiere ser efectuado por un analista con experiencia utilizando instrumental especializado.  |
|  | Requiere experiencia     | x       |  |
|  | Complejo                 | ✓       |  |
| <b>Valor económico del análisis por muestra</b>                              | Accesible ( $\leq 1$ UF) | x       | El valor de análisis tiene un costo entre 1,3 y 1,5 UF por muestra, dependiendo del antibiótico cuantificado.  |
|  | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | ✓       |  |
|  | Alto ( $> 3$ UF)         | x       |  |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

### **Indicadores de condición biótica**

Dentro de este tipo de indicadores se seleccionó el siguiente tipo de comunidad:

#### 1. Macroinfauna de fondos sublitorales

Si bien, se había considerado el fitoplancton como un bioindicador susceptible de ser incorporado a este diseño, en principio los autores creen que no se justifica su inclusión en este Proyecto dada la existencia para la zona de estudio de un programa de monitoreo en marcha que justamente analiza las fluctuaciones temporales de este componente biológico. Sin embargo, y tal como se señaló en párrafos anteriores, las mediciones de clorofila *a* se constituyen en un parámetro alternativo que reemplaza el seguimiento de este tipo de comunidades.

### **a. Macroinfauna sublitoral**

#### ***Fundamento***

Las comunidades de la macroinfauna que habitan fondos sublitorales se componen de una variedad de especies con distintas modalidades reproductivas, estrategias alimentarias y tolerancias fisiológicas a las condiciones ambientales. Como resultado, las poblaciones bentónicas responden a los cambios de una variada forma, ya sea éstos tengan un origen antrópico o natural. Las respuestas de algunos organismos bentónicos evidencian cambios en la calidad de las aguas, mientras que otros reflejan alteraciones en las condiciones sedimentarias.

Debido a que la mayoría de los organismos bentónicos viven en la interfase agua-sedimento o a una profundidad no mayor a 20 cm en la cubierta sedimentaria, tienen una movilidad limitada (sésiles o sedentarios) que les impide evitar su exposición a sustancias contaminantes, a diferencia de otros organismos con mayor capacidad de desplazamiento (*i.e.* peces), se han convertido en muy buenos indicadores frente a distintos tipos de sustancias contaminantes (Dauer *et al.*, 1987).

#### ***Efectos***

Las comunidades de la macroinfauna han probado ser un indicador sumamente valioso y ampliamente utilizado para estimar el estado de condición y la tendencia que exhiben en sus condiciones ecológicas tanto sistemas acuáticos estuarinos como marinos (USEPA, 2000). En este último tiempo, también han ganado gran aceptación entre los limnólogos ya que están siendo utilizadas, aunque con técnicas analíticas distintas, para evaluar la calidad ambiental tanto de cuerpos de agua lóticos como lénticos (Simon and Lyons, 1995; Karr and Chu, 1999).

La macroinfauna responde tanto a perturbaciones de corto plazo, tales como los efectos asociados con exposición a aguas hipóxicas, como así también a otras de largo plazo que se relacionan con la acumulación de sedimentos contaminados que afectan su dinámica poblacional y comunitaria (Rosenberg, 1977; Harper *et al.*, 1981; Rygg 1986). Muchos de los efectos de tales perturbaciones sobre el bentos han sido documentados e incluyen cambios en la diversidad específica, en el equilibrio entre especies de corto y largo ciclo de vida, en los valores de biomasa, en la abundancia de especies oportunistas o de aquéllas



tolerantes a eventos de contaminación y en la estructura funcional o trófica de la comunidad (Pearson and Rosenberg, 1978; Santos and Simon, 1980; Gaston, 1985; Warwick, 1986; Gaston and Nasci, 1988; Gaston and Young, 1992).

Bajo condiciones de enriquecimiento orgánico, la macrofauna responde con un patrón de distribución espacial característico estrechamente asociado con el gradiente orgánico. Bajo condiciones extremas, en sectores conocidos como "puntos calientes" (hot spots), la macroinfauna desaparece completamente debido a las condiciones reductoras que caracterizan este tipo de ambientes, producto de aguas anóxicas intersticiales y suprayacentes al fondo, y de la presencia de sedimentos ricos en compuestos sulfurados.

La búsqueda de un índice que simultáneamente integre parámetros de la estructura comunitaria de la macroinfauna y permita distinguir entre áreas contaminadas y no contaminadas ha sido un tema que se ha venido abordando por más de una década en programas de monitoreo bentónico marinos y estuarinos (Warwick, 1986; Chapman, 1989; McManus and Pauly, 1990). Un indicador ideal de la respuesta de los organismos bentónicos a perturbaciones en el ambiente no sólo tendría que cuantificar la condición actual del ecosistema, sino que además debería integrar en el tiempo los efectos de origen antrópico y de los estresores naturales sobre los organismos (Boesch and Rosenberg, 1981; Messer *et al.*, 1991).

La relevancia de este tipo de comunidades como bioindicador radica en que son un componente vital para la estructura y función del ecosistema, ya que sirven como recurso alimentario para la fauna demersal y operan como vínculo intermedio entre los niveles tróficos superiores e inferiores. Además, estas comunidades participan activamente en la transferencia de carbono en la dinámica energética de estuarios y sistemas marinos, como así también actúan como agentes de bioturbación de los fondos y de regeneración de nutrientes (Flint *et al.*, 1982). Por otra parte, los organismos bentónicos son el primer eslabón en los procesos de bioacumulación de contaminantes en las cadenas alimentarias, especialmente cuando se trata de metales pesados.

**Criterios de selección**

| Criterio   | Categoría         | Si✓ No* | Comentario  |
|--|-------------------|---------|---|
| <b>Matriz ambiental</b>  | Agua              | x       | La macroinfauna sublitoral de fondos blandos corresponde a uno de los componentes bióticos que forma parte de los ecosistemas acuáticos   |
|  | Sedimentos        | x       |   |
|  | Biota             | ✓       |   |
| <b>Ambiente acuático</b>   | Marino            | ✓       | Si bien la macroinfauna se encuentra en ambos tipos de ambientes, para objetivos de un monitoreo actualmente se dispone de mayor información para aquellas comunidades que habitan en ambientes marinos. Por otra parte, existen una serie de métodos que han probado ser de utilidad para la macroinfauna marina, no así para de tipo dulceacuicola.   |
|  | Dulceacuicola     | x       |   |
| <b>Cuerpo de agua</b>  | Costa abierta     | ✓       | La macroinfauna que habita los sedimentos sublitorales se encuentra en prácticamente todo tipo de biotopos marinos, en donde existan condiciones ambientales que permitan su sobrevivencia y desarrollo. En caso de existir condiciones estresantes, éstas se manifiestan claramente en la composición específica y estructura comunitaria de la macroinfauna.  |
|  | Bahía             | ✓       |   |
|  | Canales y esteros | ✓       |   |
|  | Fiordos           | ✓       |   |
|  | Estuarios         | ✓       |   |
|  | Lagos             | x       |   |
|  | Ríos              | x       |   |
| <b>Tipo de cultivo</b>   | Intensivo         | ✓       | Para ambos tipos de cultivos, aunque prioritariamente para los de tipo de intensivos, el seguimiento de índices ecológicos la macroinfauna sublitoral se constituyen en buenos indicadores de la condición biótica del ecosistema.  |
|  | Extensivo         | ✓       |   |
| <b>Considerada como variable en otros programas de seguimiento ambiental</b> | POAL - DIRECTEMAR | x       | El único programa que actualmente incorpora seguimiento de la macroinfauna bentónica es el que cautela la CONAMA. No obstante, aún no existe un procedimiento completamente estandarizado en términos de diseño de muestreo y entrega de resultados esperados.  |
|  | RCAS - DGA        | x       |   |
|  | RMCL - DGA        | x       |   |
|  | PSMB/UE - SERNAP  | x       |   |
|  | PSMB/EU - SERNAP  | x       |   |
|  | RESEIA - CONAMA   | ✓       |   |
|  | PMF - INTESAL     | x       |   |
| <b>Ejecución de la actividad de muestreo</b>                                 | Simple            | x       | Las actividades de muestreo de macroinfauna requieren de bastante experiencia para obtener muestras representativas. Independientemente, si las muestras son obtenidas mediante buceo autónomo o draga, implica seguir un procedimiento que debe ser flexible y se adecúe a las condiciones que se observan en terreno. Para este efecto, se requiere al menos de un equipo de tres técnicos para desarrollar los procedimientos en forma óptima. |
|  | Moderada          | x       |   |
|  | Compleja          | ✓       |   |

|   |                          |   |   |
|---|--------------------------|---|---|
| Ejecución de procedimiento analítico en laboratorio | Rutinario                | x | Una vez recolectadas las muestras, se debe contar con un laboratorio húmedo para realizar las actividades de sorting del material biológico. Debe existir al menos un especialista con experiencia para identificar la fauna y luego contabilizarla y pesarla. En la siguiente etapa, los datos deben ser procesados y analizados a fin de desprender conclusiones. |
|   | Requiere experiencia     | ✓ |   |
|   | Complejo                 | x |   |
| Valor económico del análisis por muestra            | Accesible ( $\leq 1$ UF) | x | El procedimiento de sorting de la macroinfauna implica al menos tres etapas: separación del material biológico del detrito, identificación de la fauna, recuento y pesaje de los organismos. Este procedimiento se efectúa por cada réplica recolectada. El valor de este análisis de laboratorio fluctúa entre 1 y 1,5 UF por muestra.                             |
|   | Moderado ( $>1 - 3$ UF)  | ✓ |   |
|   | Alto ( $> 3$ UF)         | x |   |

NA: No aplicable; UF: Unidad de Fomento

### 2.3. Conclusiones

En base al análisis precedente, en la siguiente tabla se entrega las variables seleccionadas que fueron consideradas en el ejercicio de aplicación del protocolo de monitoreo.

|                  | Matriz ambiental    |                                   |                         |
|------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|
|                  | Agua                | Sedimentos                        | Macroinfauna sublitoral |
| <b>Variables</b> | Temperatura         | Granulometría                     | Número de especies      |
|                  | Salinidad           | COT                               | Número de individuos    |
|                  | Transparencia       | Fósforo total                     | Biomasa húmeda          |
|                  | pH                  | Nitrógeno total                   | Diversidad específica   |
|                  | Oxígeno disuelto    | Cobre total                       | Uniformidad             |
|                  | Sólidos suspendidos | Sulfuros                          |                         |
|                  | COT                 | Quimioterapéuticos <sup>(1)</sup> |                         |
|                  | Fósforo total       | <i>Vibrio</i> spp.                |                         |
|                  | Fosfato             |                                   |                         |
|                  | Nitrógeno total     |                                   |                         |
|                  | Amonio              |                                   |                         |
|                  | Clorofila a         |                                   |                         |
|                  | Cobre total         |                                   |                         |

(1) Flumequina, oxitetraciclina y ácido oxolinico

# Diseñar un protocolo de monitoreo global que evalúe impactos ambientales aditivos y/o sinérgicos de las actividades de acuicultura considerando áreas geográficas de mayor escala (bahías, fiordos, lagos)

Capítulo

# 3

## A. Metodología de desarrollo del objetivo específico

Para este tercer objetivo específico, se propone un diseño de monitoreo ambiental para distintos tipos de cultivos acuícolas desarrollados actualmente en nuestro país, desde la Séptima Región al extremo austral del territorio.

Para enfrentar esta problemática, se contempló una modificación del diseño original basado en el seguimiento de distintas variables sólo a nivel de áreas geográficas mayores (lagos, canales y fiordos). Si bien este esquema cumple con el objetivo del proyecto, se consideró necesario incorporar, además, un tipo de seguimiento ambiental más localizado que estuviera orientado a monitorear las condiciones ambientales por centro de cultivo. De este modo, se dispone de información en base a dos escalas de tiempo y espacio distintas, aunque complementarias entre sí.

El diseño que se presenta a continuación se estructura en base a dos etapas: una fase primaria o de diseño de prueba, que consistió en una aproximación teórica y práctica del diseño de monitoreo; y otra, la fase de diseño final, que consideró la información obtenida en terreno en base a dos campañas de muestreo, la experiencia noruega y la realidad nacional en materia de conocimiento científico del área para proponer un diseño definitivo del programa de monitoreo..

Desde la perspectiva del Consultor, la proposición de un diseño de monitoreo ambiental para las actividades de acuicultura implica necesariamente un seguimiento de indicadores bajo dos enfoques distintos, aunque complementarios entre sí, ya que la información que arroje cada programa de

seguimiento permitirá interpretar de forma más adecuada los cambios que se produzcan en el ambiente y evaluar si las medidas de mitigación aplicadas corresponden a las más apropiadas y eficaces. El diseño de un monitoreo ambiental que incorpore ambos puntos de vista requiere programas de seguimiento que se efectúen a distintas escalas de tiempo y de espacio, y además, que se desarrollen en forma paralela de manera para proporcionar información sobre los efectos de las actividades de acuicultura a nivel de cuerpo de agua y a nivel de centro de cultivo.

El primer enfoque apunta directamente a satisfacer los objetivos planteados en el presente proyecto, que dicen relación con el diseño de un programa de monitoreo ambiental para la acuicultura a fin de evaluar los efectos de esta actividad a nivel de cuerpos de agua dulce y marinos. Las mediciones y análisis seleccionados se presentaron mediante una matriz al final del análisis de tendencias de cada cuerpo de agua.

El diseño del segundo programa de vigilancia se orientó hacia los centros de cultivo, de manera de disponer de información a una menor escala espacial y temporal. Si bien esta segunda estrategia no estaba contemplada originalmente en los objetivos propuestos para el proyecto, constituye un aporte adicional surgido de las discusiones al interior del grupo de trabajo y con la contraparte técnica. De allí que también se plantee una propuesta de diseño de monitoreo ambiental, considerando los distintos tipos y etapas de cultivo de las especies acuáticas.

De este modo y considerando que la ejecución de este proyecto se orienta al diseño de un programa de monitoreo ambiental para las actividades de acuicultura a dos niveles: cuerpos de agua (bahías, canales, fiordos, lagos y ríos) y centros de cultivo (de peces, de moluscos, de algas y de equinodermos), la información contenida en el presente informe se centra fundamentalmente en la selección de parámetros, ubicación de estaciones y frecuencias de monitoreo según las condiciones ambientales imperantes y tipo de cultivo que ampara cada cuerpo de agua, como así también responde a las características del ciclo productivo propias de cada tipo de centro de cultivo.

Para formular un diseño de monitoreo que responda a estas dos estrategias, desde un punto de vista metodológico se realizó la siguiente secuencia de actividades:

- a. Primero se realizó un análisis de los resultados generados de la ejecución de las campañas de muestreo, realizadas en cuatro cuerpos de agua que amparan cultivos de diferentes especies hidrobiológicas bajo distintas condiciones ambientales naturales.
- b. En base al análisis de las tendencias espaciales observadas en los valores de las mediciones y analitos previamente identificados para cada matriz ambiental, según un diseño de muestreo descrito en base a estaciones dispuestas a lo largo de transectas a distancias predeterminadas (0, 40, 70 y 140 m) desde las instalaciones de cultivo, se seleccionó un conjunto de parámetros representativos para cada cuerpo de agua cuyos niveles reflejaran en el ambiente los efectos asociados con las actividades de cultivos acuícolas. A continuación se contrastó esta información con otros antecedentes disponibles a nivel nacional que incorporan la dimensión ambiental a las actividades de acuicultura (informes del FIP, normativas y reglamentos ambientales, guías de evaluación de impacto ambiental, Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental, Resoluciones de Calificación Ambiental, entre otros).
- c. Como resultado de confrontar los indicadores más aptos, identificados en base al diseño de muestreo aplicado en terreno, con los antecedentes señalados en la literatura especializada, se realizó una selección de parámetros por tipo de cuerpo de agua (dulceacuícolas y marinos), por grupo de especies cultivadas (peces, moluscos y algas) y por matriz ambiental (agua, sedimentos y macroinfauna). Esta información se presenta bajo un formato matricial indicándose además la frecuencia de monitoreo para cada tipo de cuerpo de agua. Además se propone criterios y procedimientos de algoritmo que generará la red de monitoreo.
- d. Con respecto al programa de monitoreo a nivel de centro de cultivo, también se propone una serie de parámetros para el seguimiento ambiental atendiendo al grupo de especies cultivadas y a la etapa del ciclo productivo de las mismas. Además, en las matrices de monitoreo se indica la frecuencia y criterios para establecer el número y posición de las estaciones de muestreo en los distintos ambientes acuáticos

## B. Resultados y Discusión

### 3.1. Descripción de las etapas para la formulación de un diseño de monitoreo ambiental

El diseño de monitoreo ambiental propuesto para cuerpos de agua marinos y continentales (dulceacuícolas) en este estudio siguió un orden lógico, fundamentado tanto en antecedentes científicos como en experiencias prácticas desarrolladas por el grupo de trabajo. Las interrogantes básicas que se formularon al inicio de este proyecto fueron las siguientes:

- ¿Qué variables monitorear?
- ¿Dónde monitorear?
- ¿Cómo monitorear?
- ¿Con qué frecuencia monitorear?

Para responder a estas interrogantes, se estructuró un diseño de programa de monitoreo ambiental para las actividades acuícolas en base a dos etapas: "Fase I - Diseño de Prueba" y Fase II - Diseño Final" (Figura 3.1).



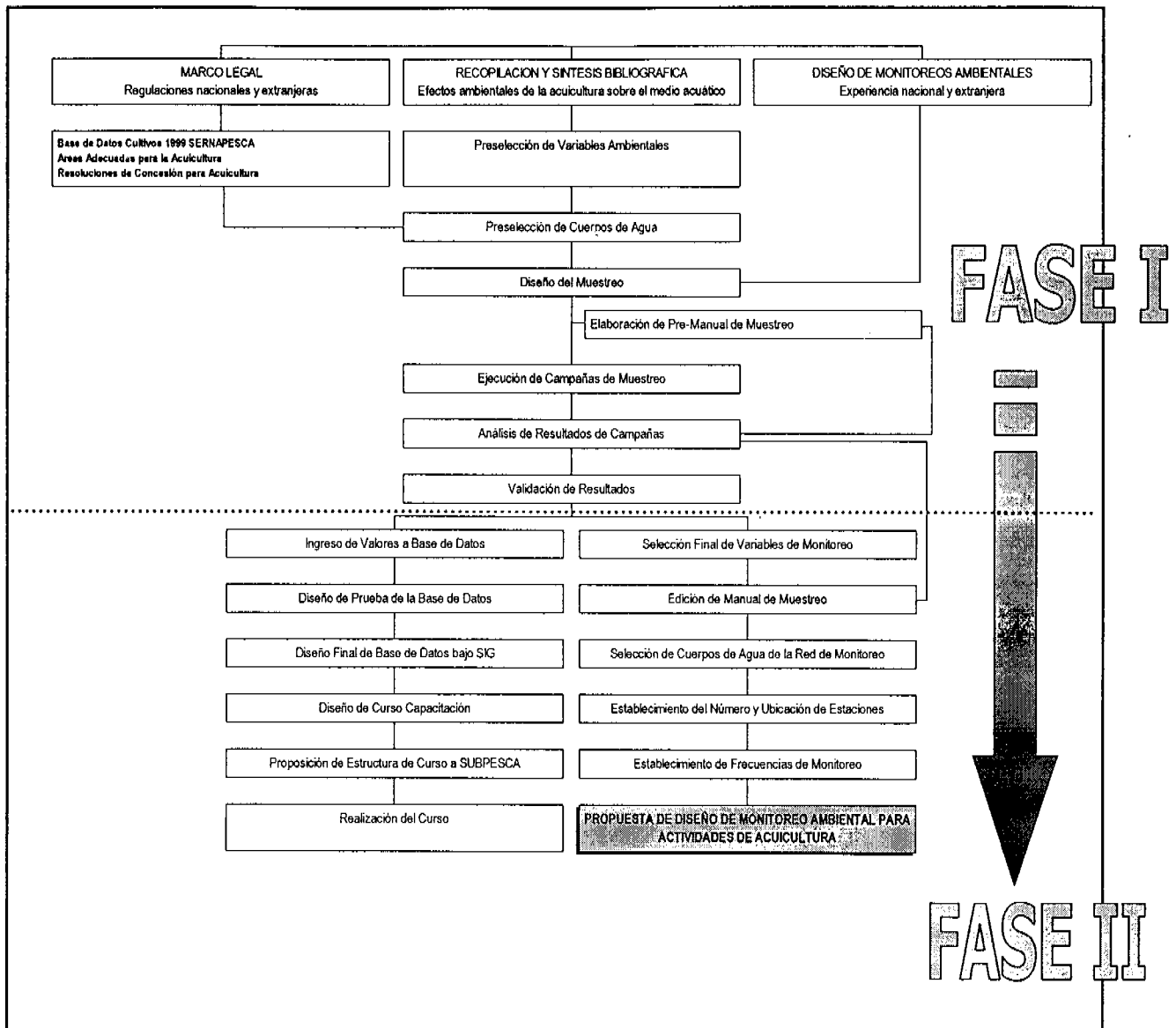


Figura 3.1. Estructuración del diseño del programa de monitoreo ambiental de las actividades acuícolas

### 3.2. Preselección de los cuerpos de agua

Antes de dar a conocer los criterios que se empleó para realizar una primera selección de los cuerpos de agua en los cuales aplicar el diseño de muestreo, se describe los principales tipos señalando aquellos rasgos geomorfológicos que delimitan un volumen de agua y cuya morfología y profundidad inciden sobre su hidrodinámica:

#### a. Marinos

**Litoral:** parte de tierra que bordea el mar u otra porción extensa de agua, experimentando así la influencia directa de las olas (Moore, 1957), vientos y corrientes costeras. Según origen y el desarrollo de procesos tectónicos y orogénicos, el litoral puede ser continuo sin presentar mayores accidentes geográficos o, por el contrario, albergar una variedad de rasgos geomorfológicos.

**Golfo:** corresponde a una gran porción de mar que se interna en tierras continentales entre dos cabos. Cuando el golfo es pequeño recibe el nombre de ensenada, rada o caleta. Debido a su condición de gran apertura, se encuentran expuestos directamente a procesos y fenómenos que ocurren en mar abierto.

**Bahía:** entrada de mar en la costa, de amplia área marítima y dotada de profundidad, protección, buen acceso y mareas bajas (CCPS, 1971). Debido a su naturaleza de cuerpos de agua semicerrados, por lo general poseen una baja capacidad de renovación de sus aguas.

**Canal:** espacio de mar comprendido entre tierras continentales insulares o de ambos tipos a la vez, que forman un eslabón de conexión entre dos cuerpos de agua (CPPS, 1971). Como consecuencia de ser sistemas abiertos en ambos extremos, sus aguas se encuentran sometidas a una fuerte influencia de las mareas. Esta condición genera una circulación permanente de sus aguas, particularmente en los estratos superficiales debido a procesos de mezcla.

**Fiordo:** son cuerpos de aguas costeras semicerrados que conforman un tipo particular de sistema estuarino. Pueden poseer uno o más umbrales submarinos, los que definen las cuencas del fiordo y en definitiva determinan el grado de circulación de sus aguas. La mayor acumulación de material terrígeno se

restringe a la cabeza del fiordo, en donde por lo general existe un curso de agua que desemboca en este sector.

**Estuario:** parte integrante de un río que está en comunicación libre con el mar y experimenta la influencia combinada del agua dulce, del agua de mar y también de las fuerzas de marea (CPPS,1971). En las regiones estuarinas se generan gradientes de salinidad tanto horizontales como verticales, que condicionan la existencia de especies altamente tolerantes.

### **b. Continentales (Dulceacuícolas)**

La clasificación más antigua de las aguas continentales que se atribuye a Pearse (1939), y que aún es empleada por la gran mayoría de la comunidad de limnólogos, distingue los cuerpos de agua estancados (lénticos) de aquellos cuyas aguas mantienen una corriente en movimiento unidireccional (lóticos).

#### **Ambientes lénticos**

Las aguas lénticas son todos aquellos cuerpos de agua "cerrados", con un circuito metabólico que se cierra y se completa en si mismo. Exceptuando la energía solar externa al sistema y los materiales alogénéticos, un cuerpo de agua estancada se autoabastece y no depende de sistemas vecinos. Incluye cuerpos de agua en que la cubeta o lecho no muestra un predominio de una dimensión en particular y, por lo general, no existe un gradiente de las condiciones físicas, químicas y biológicas en una dirección definida (Ringuelet, 1962). Si bien, bajo esta división se incluye una variedad de cuerpos de agua, para efectos de este proyecto se define los siguientes

**Lago:** gran masa de agua permanentemente contenida en una depresión más o menos profunda del suelo y rodeada de tierra en todo su perímetro (RAE, 1992). Estos cuerpos lénticos (*i.e.* sin movilidad aparente de sus aguas) son estables, homohialinos, sin comunicación directa con el mar, que poseen un lecho con plataforma, talud y llanura en profundidad, un perfil térmico definido, una composición y textura sedimentaria característica y un complejo biológico litoral o periférico distinto del complejo bentónico (Ringuelet, 1962). Si bien se han propuesto distintas clasificaciones de los lagos, Hutchinson (1957) estableció una de las más completas al considerar aspectos relativos a la latitud, altura y profundidad para

categorizar estos cuerpos de agua continentales en función de su ciclo térmico y circulación anual. El receptáculo acuoso artificial de características análogas al lago se denomina embalse.

**Laguna:** depósito natural de agua salada, salobre o dulce, separado del mar. De menor extensión que los lagos, poco profundas y poseedoras de vida vegetal y animal. Son cuerpos lénticos permanentes o transitorios que poseen una cubeta y un contorno definido, sin ciclo térmico definido ni estratificación persistente, de circulación continua, con sedimento propio que difiere del suelo emergido circundante y sin diferenciación categórica entre la región litoral y profunda (Ringuelet, 1962). Una acumulación artificial de agua efectuada por el hombre y de características similares a la laguna se denomina estanque.

### **Ambientes lóticos**

En este caso la masa de agua tiene un desplazamiento definido en una dirección predominante a lo largo de un cauce determinado, en donde la longitud es proporcionalmente mucho mayor que su ancho. Todas las condiciones físicas, químicas y biológicas cambian desde las nacientes hacia la desembocadura en un gradiente bien definido. El material en suspensión es transportado continuamente transportado en la dirección de la corriente (Ringuelet, 1962). Aunque dentro del ambiente lótico existe una variada tipificación de cursos de agua (*i.e.* arroyo, arroyuelo, vertiente, canal, acequia, entre otros), a continuación se describe el más importante desde la perspectiva del proyecto.

**Río:** son cursos de agua natural permanente, de más de 5 m de ancho, que desemboca en otro ambiente lótico (curso de agua), en un cuerpo léntico o en el mar. Existen dos tipos básicos de aguas lólicas: los cursos de agua de corriente rápida y fondos estables y los flujos de corriente lentay fondos móviles, los cuales reúnen una serie de características biológicas distintivas (Ringuelet, 1962). Entre las clasificaciones más recientes de ríos y cursos de agua se encuentra la de Montgomery y Buffington (1993), la cual se basa en la relación que existe entre la fuente, transporte y descarga del curso fluvial, y la pendiente y características del lecho del río.

En un informe no publicado (Leighton *et al.*, 1991), los autores presentan una clasificación cualitativa del grado de vulnerabilidad que exhiben distintos tipos de cuerpos de agua (*i.e.* ecosistema receptores) en función de cómo pueden influir distintas variables espaciales en los procesos de dispersión de contaminantes (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Grado de vulnerabilidad de distintos cuerpos de agua en función de variables espaciales.

| Variable espacial    |                                   | Vulnerabilidad |       |      |
|----------------------|-----------------------------------|----------------|-------|------|
|                      |                                   | Alta           | Media | Baja |
| <b>Batimetría</b>    |                                   |                |       |      |
|                      | Aguas someras                     |                | ●     |      |
|                      | Aguas profundas                   |                |       | ●    |
| <b>Geomorfología</b> |                                   |                |       |      |
|                      | Bahías abiertas                   |                |       | ●    |
|                      | Bahías cerradas                   | ●              |       |      |
|                      | Fiordos sin umbral                |                |       | ●    |
|                      | Fiordos con umbral                |                | ●     |      |
|                      | Canales                           |                | ●     |      |
|                      | Estuarios                         | ●              |       |      |
|                      | Litoral continuo                  |                |       | ●    |
|                      | Puntas o Cabos                    |                |       | ●    |
|                      | Islas                             |                |       | ●    |
|                      | Penínsulas                        |                | ●     |      |
|                      | Caletas                           | ●              |       |      |
| <b>Volumen</b>       |                                   |                |       |      |
|                      | Pequeño (< 5 km <sup>3</sup> )    | ●              |       |      |
|                      | Mediano (5 – 50 km <sup>3</sup> ) |                | ●     |      |
|                      | Grande (> 50 km <sup>3</sup> )    |                |       | ●    |

Fuente: Levemente modificada de Leighton *et al.* (1991)

Desde un punto de vista ecosistémico, el grado de vulnerabilidad de un cuerpo de agua dependerá de las condiciones propias asociadas con su morfología y procesos dinámicos que operan a distintas escalas espaciales y temporales, y los cuales determinan en definitiva la persistencia en el tiempo de los componentes abióticos y bióticos de este sistema. Sin embargo, aunque el hombre es uno más de los elementos que forman parte de la componente biótica de este sistema, la capacidad que dispone para modificar las condiciones naturales de su entorno, hacen necesario considerarlo como otro de los factores que potencialmente pueden alterar las propiedades físicas, químicas y biológicas de un cuerpo de agua.

### **3.2.1. Criterios de preselección**

Dentro de la estrategia planteada para preseleccionar los cuerpos de agua en donde se medirían las variables seleccionadas en forma preliminar, se consideró un criterio de variabilidad espacial por sobre uno de variabilidad temporal. Es decir, se privilegió la obtención de información de terreno de cuerpos de agua marinos y continentales sometidos a distintos regímenes ambientales, cuyas cuencas sustentasen sistemas intensivos y extensivos de cultivo de diversos recursos hidrobiológicos.

En el proceso de esta primera selección de cuerpos acuáticos se consideró una serie de criterios, cuya aplicación también es válida de considerar para la segunda fase, a modo de conjugar tanto condiciones ambientales de las masas de agua, niveles de intervención antrópica, aspectos logísticos y optimización de recursos materiales dentro de las provisiones asignadas para el presente proyecto. Los criterios considerados fueron los siguientes:

#### **a. Densidad y diversidad de centros de cultivo.**

El sector pesquero y acuicultor en Chile exhibe un escenario distinto al de hace algunos años atrás. Actualmente, la estructura productiva se proyecta en base a capturas con tendencia a estabilizarse en el tiempo, aunque asociadas con un crecimiento en la diversidad de productos que tienen un mayor valor agregado y comercial (Zuleta y Oliva , 1996).

Este aumento en el desarrollo productivo ha generado un incremento en los riesgos ambientales, como consecuencia de la generación de mayores cantidades y tipos de residuos, el uso cada vez más limitante de espacio y cuerpos de agua, y la interacción con otras actividades productivas o aspectos socio-culturales del área de influencia.

Una proporción importante de estos riesgos ambientales se encuentran ligados con la instalación de infraestructura en tierra o de estructuras flotantes en cuerpos de agua, y por otra parte, con el aporte de residuos orgánicos sólidos o líquidos, y en algunos casos residuos inorgánicos (i.e. antifouling), en cantidades que pueden afectar las condiciones ambientales del cuerpo de agua. En este último caso, los aportes de carga orgánica provenientes de procesos industriales, también alcanzan las aguas del cuerpo

receptor vía uno o más afluentes (planta de proceso), o bien resultan del cultivo intensivo (piscicultura, balsas-jaula) o extensivo (por ejemplo mitilicultura) de los recursos.

Dado que en la cuarta etapa se requiere poner a punto los procedimientos y técnicas de muestreo, diseñados específicamente para ambientes en donde se desarrolla actividades de acuicultura, es lógico aplicar el programa de muestreo en sitios que demuestren claramente este uso. Considerando "a priori" que sitios con alta densidad de centros de cultivo deberían evidenciar los efectos de estas actividades en el ambiente acuático. En base a este supuesto, las muestras tendrían que evidenciar mediante los resultados que arrojen los análisis, valores considerados como característicos de sectores sometidos a altas cargas orgánicas, producto del alimento no ingerido y del material fecal que ingresa a la columna de agua y que luego precipita a los sedimentos.

Por otra parte, también se ha considerado que en los sectores de muestreo existan instalaciones para el cultivo de distintas especies hidrobiológicas. Este aspecto es importante, ya que existen antecedentes que indican que no todos los tipos de cultivos impactan con igual intensidad el medio ambiente acuático. Sin embargo, al operacionalizar este criterio se reveló una realidad difícil que fue superada manejando la información a otro nivel de escala (ver acápite 3.1.1.2.2.)

#### **b. Permanencia de los centros de cultivo.**

Este criterio se relaciona con áreas que alberguen instalaciones destinadas a la acuicultura con una permanencia mínima de cinco años. Con una permanencia de esta magnitud en un mismo lugar, es altamente probable que en sectores de baja tasa de renovación del volumen de aguas, los efectos de la hipernutricación de la columna de agua y del enriquecimiento orgánico de los sedimentos se evidencien en toda su expresión o gradiente. Con un escenario como este, se podrán poner a prueba los indicadores seleccionados para estimar los efectos de las actividades de cultivo sobre el medio acuático. Así también, será posible evaluar para un mismo parámetro (*i.e.* fósforo y nitrógeno) que fracción o fracciones son las más apropiadas para cuantificar, atendiendo a aspectos de recolección y preservación de las muestras, de implementación de técnicas analíticas (en términos operativos y económicos) y de la interpretabilidad de la información que se derive de los resultados obtenidos.

### **c. Accesibilidad a los sectores de muestreo**

Los sectores deben ser accesibles por vía terrestre o marítima la mayor parte del año, considerando la variabilidad climática característica de la zona sur del país. De este modo se pretende que el acceso a los puntos de muestreo no sea impedimento para un libre tránsito del personal que participará en las actividades de muestreo, junto con el equipo e instrumental. Las vías de acceso terrestre deben estar expeditas para el desplazamiento de vehículos terrestres de doble tracción durante la mayor parte del año.

### **d. Cercanía a centros poblados**

La proximidad a centros urbanos que cuenten con infraestructura de transporte y telecomunicaciones desarrollada, permitirá que las muestras sean despachadas en forma expedita, minimizando los tiempos de traslado y de esta manera asegurando que las muestras arriben en óptimas condiciones a los laboratorios de análisis.

### **e. Disponibilidad de laboratorios de análisis**

Dado que una fracción importante de los análisis deben ser realizados bajo condiciones de laboratorio, es imprescindible contar a una distancia prudente del sector de muestreo con infraestructura de esta naturaleza, que cuente con el personal técnico capacitado, salas de recepción y almacenamiento de muestras, equipos e instrumental de medición necesarios para analizar las muestras y generar resultados de alta confiabilidad. En caso que no exista un laboratorio de análisis a nivel local, es necesario el despacho de las muestras vía aérea o terrestre, manteniendo una óptima preservación de las mismas y supervisando su traslado mediante una cadena de custodia segura.

### **3.2.2. La situación actual de la ubicación geográfica de los centros de cultivo**

En la zona sur de Chile, existen cuerpos de agua que soportan una alta concentración de centros de cultivo y pisciculturas, en donde se crían diferentes tipos de recursos hidrobiológicos; mientras en otros sectores más remotos, el número de instalaciones es reducido, por lo que el impacto sobre el ambiente se presume mínimo dependiendo de las condiciones hidrodinámicas del sistema acuático.



Para ubicar la dimensión del proyecto en el plano espacial, se solicitó información reciente en dos oportunidades al Departamento de Administración Pesquera del Servicio Nacional de Pesca Servicio Nacional de Pesca (Sernapesca) sobre la ubicación de los centros de cultivo, especies cultivadas y volúmenes de producción, entre otros antecedentes, que operaron en 1998 y 1999 desde la Séptima a Décimo Segunda regiones del país. Sin embargo, los registros proporcionados por este Servicio no contaban con campos de coordenadas geográficas que permitiera georreferenciar la ubicación de los centros de cultivo; en cambio, la localización geográfica de los centros fue identificada mediante toponimia o con nombres de lugares cercanos al emplazamiento del centro de cultivo. Actualmente, esta situación es una falencia importante si se desea disponer de una base de datos georreferenciada con la ubicación y operación de los centros de cultivo.

Para mitigar esta situación de carencia, se optó por contrastar la base de datos proporcionada por Sernapesca con las resoluciones emitidas por la autoridad marítima que otorgan concesiones de acuicultura dentro del área que cubre el proyecto. Para este efecto, solicitamos por intermedio de su Director, al Departamento de Concesiones Marítimas de DIRECTEMAR el acceso a los archivos conteniendo esta documentación legal. Dado que originalmente toda esta información se encontraba archivada en documentos impresos fue necesario digitalarla a planillas de cálculo. De este modo, se dispone de archivos digitales de las resoluciones emitidas por el Departamento de Concesiones Marítimas para el período 1994-2000.

En forma complementaria, también se tomó contacto con el Jefe del Departamento de Cartografía de la Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA) a objeto de formular consultas sobre la interpretación de los polígonos que delimitan las Areas Adecuadas para la Acuicultura (AAA). Cabe señalar que los vértices geográficos fueron extractados de artículos publicados en el Diario Oficial de la República de Chile. Sin embargo, antes de procesar esta información fue necesario validarla ya que se detectó errores tipográficos en el texto del documento original.

Además, se tomó sostuvo una entrevista con personal del Departamento de Administración Pesquera de Sernapesca de la Décima Región, a objeto de requerir información de primera mano sobre la ubicación de los centros de cultivo. Si bien existe un registro gráfico de la localización de los centros de cultivo (*i.e.* ubicación espacial de las instalaciones de acuicultura mediante alfileres de colores insertados en un mapa mural), el funcionario que elaboró dicha representación nos señaló que no disponía de las coordenadas

geográficas de los centros de cultivo. Consultado sobre la existencia de algún listado o nómina de los centros que se encontraban operando en la Región o de aquellos que específicamente se encontraban dentro de los cuerpos de agua que habían sido seleccionados para efectuar actividades de muestreo, nos proporcionó un listado verbal leído directamente desde la pantalla de su computador.

Debido a la baja calidad resolutive de la información geográfica proporcionada por las distintas fuentes consultadas, no fue posible ubicar con una precisión mayor a la pretendida originalmente los centros de cultivo dentro del área de cobertura del proyecto. En base a los antecedentes disponibles actualmente, se pueden desprender las siguientes situaciones:

- existe un desfase importante entre la emisión de las resoluciones de concesiones de acuicultura y la situación del centro de cultivo que no permite establecer directamente su condición operativa
- existen centros de cultivo que se encuentran operando con anterioridad al período analizado (1994-2000), de los cuales se desconoce su situación actual
- si bien existen áreas que han sido destinadas al ejercicio de la acuicultura, se registran centros que por su antigüedad están fuera de los polígonos demarcatorios
- en aguas continentales aún no hay una claridad con respecto a las áreas destinadas al ejercicio de la acuicultura

Con la situación actual que se presenta en materia de administración de los centros de cultivo, se hace imprescindible que el organismo tutor estatal correspondiente, elabore una base de datos georreferenciada de ubicación de los centros de cultivo, considerando que la información disponible se encuentra dispersa, inconnexa y desactualizada. Este punto es de vital importancia si se pretende realizar un seguimiento de las condiciones ambientales de los cuerpos de agua, que amparan centros de cultivo de recursos hidrobiológicos, en base a la implementación de un Sistema de Información Geográfico (SIG).

### **3.2.3. Buscando soluciones: análisis a nivel comunal**

Aunque no se dispuso de información georreferenciada de los centros de cultivo, se optó como alternativa contrastar las coordenadas geográficas consignadas en las resoluciones de concesiones de acuicultura con la toponimia proporcionada en los registros de la base de datos original. Para ubicar las localidades toponímicas se recurrió al listado oficial de nombres geográficos del territorio nacional (IGM, 1985), sin

embargo en este extenso documento sólo se proporciona coordenadas geográficas con una resolución a nivel de minutos y, además, algunas localidades mencionadas en la base de datos de Sernapesca no están citadas en el listado. Los resultados obtenidos aplicando este enfoque fueron desalentadores, ya que en los primeros intentos de prueba se comprobó que con la información disponible no era factible establecer con seguridad la posición espacial de los centros de cultivo. Seguir en esta dirección no aseguraba un porcentaje importante de éxito en el objetivo propuesto, por lo que se desestimó esta táctica y se analizó otra opción.

Frente a este escenario, la única solución real fue procesar la información bajo un punto de vista político-administrativo. De este modo, los registros fueron agrupados a nivel de comuna y representados mediante un SIG (MapInfo®). Con la información disponible se elaboraron gráficos de concentración por número de centros de cultivo y producción (biomasa), para cada uno de los tipos de recursos hidrobiológicos principales (peces, moluscos y algas). Para este efecto, se seleccionó el año 1999 debido ya que correspondía a la información más actual disponible en ese momento.

#### **a. Distribución de los centros de acuicultura en la zona de cobertura del proyecto**

De acuerdo con el análisis de las estadísticas del sector acuicultor, cuyos resultados fueron presentados en los informes de avance, el mayor número de centros de cultivo se halla concentrado en la Décima Región del país (Tabla 3.2). Según las cifras del SERNAPESCA (2000), en 1999 la cantidad de centros alcanzaba a un total de 725, valor que representa a esa fecha el 90,5% de todos los centros de cultivo existentes desde la Séptima a Décima Segunda regiones.

Del total de estos establecimientos que operan en la Décima Región, la mayoría de ellos están orientados al cultivo de algas (320) y a la crianza de peces (257). Si bien la importancia del cultivo de moluscos ocupa una tercera posición en esta región, así también se constituye en virtualmente la única, considerando desde la Séptima Región al sur, en donde se desarrolla este tipo de prácticas. De las regiones restantes, sólo en la Novena Región existe una actividad incipiente que se refleja en la existencia de 16 centros de cultivo (SERNAPESCA, 2000).

**Tabla 3.2. Distribución de los centros de acuicultura por región y grupo de especies en la zona de estudio en 1999.**

| Grupos de especies | VII | VIII       | IX         | X           | XI         | XII        | Total        | Porcentaje   |
|--------------------|-----|------------|------------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|
| Algas              | --- | 5          | ---        | 320         | ---        | ---        | 325          | 40,6         |
| Peces              | --- | 6          | 7          | 257         | 36         | 6          | 312          | 38,9         |
| Moluscos           | --- | ---        | 16         | 147         | ---        | ---        | 163          | 20,3         |
| Equinodermos       | --- | ---        | ---        | 1           | ---        | ---        | 1            | 0,1          |
| <b>Total</b>       | --- | <b>11</b>  | <b>23</b>  | <b>725</b>  | <b>36</b>  | <b>6</b>   | <b>801</b>   | <b>100,0</b> |
| <b>Porcentaje</b>  | --- | <b>1,3</b> | <b>2,8</b> | <b>90,5</b> | <b>4,4</b> | <b>0,7</b> | <b>100,0</b> |              |

Fuente: SERNAPESCA (2000).

### b. Cosecha de los centros de acuicultura en la zona de cobertura del proyecto

En 1999, los volúmenes de cosecha de los centros de cultivo provinieron mayoritariamente de los centros de cultivo instalados en la Décima Región del país (SERNAPESCA, 2000). En dicho año el volumen cosechado alcanzó las 241.488 ton, lo que significó aproximadamente el 86% del total producido para el segmento comprendido desde la Séptima a Décimo Segunda regiones (Tabla 3.3).

**Tabla 3.3. Cosecha (ton) de los centros de cultivo que operaron en 1999. Desglose por especie y región.**

| Especie           | VII | VIII         | IX          | X              | XI            | XII          | Total          | Porcentaje    |
|-------------------|-----|--------------|-------------|----------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| Algas             | --- | 7.775        | ---         | 20.096         | ---           | ---          | 27.871         | 9,92          |
| Peces             | --- | 47           | 55          | 198.980        | 29.255        | 1.822        | 230.159        | 81,94         |
| Moluscos          | --- | ---          | 486         | 22.410         | ---           | ---          | 22.857         | 8,14          |
| Equinodermos      | --- | ---          | ---         | 2              | ---           | ---          | 2              | 0,00          |
| <b>Total</b>      | --- | <b>7.822</b> | <b>541</b>  | <b>241.488</b> | <b>29.255</b> | <b>1.822</b> | <b>280.889</b> | <b>100,00</b> |
| <b>Porcentaje</b> | --- | <b>27,8</b>  | <b>0,19</b> | <b>85,97</b>   | <b>10,42</b>  | <b>0,65</b>  | <b>100,0</b>   |               |

Fuente: SERNAPESCA (2000).

Del total de especies hidrobiológicas cosechadas en la Décima Región, el aporte proveniente del cultivo de peces salmonídeos fue el más significativo de todos, ya que se tradujo en cerca del 82% en comparación con los otros grupos cultivados en esta región. De igual modo, la cosecha de peces en la Décima Región es sin duda el volumen más importante del tramo comprendido desde la Séptima a Décimo Segunda regiones. Así también, la cosecha de algas que sólo se realiza en dos regiones (Octava y Décima), cobra mayor relevancia en la Décima Región, con volúmenes que casi triplican la cosecha registrada en la Octava Región.

De acuerdo con estos antecedentes, tanto la distribución de los centros de cultivo como los volúmenes de cosecha, indican claramente que la mayor concentración de actividades de acuicultura se focaliza en la Décima Región. Desde un punto de vista productivo, en esta región existen cuerpos de agua, tanto marinos como dulceacuícolas, que sustentan una alta densidad de centros de cultivo.

Esta situación se ha mantenido sin mayores modificaciones desde que se iniciaron las actividades de acuicultura en esta región. En un catastro del espacio marítimo autorizado para la acuicultura en la Décima Región, Gallegos *et al.* (1993) señalaban que en esta región se concentraba el 79% de los centros de cultivo autorizados a nivel nacional, como así también se vislumbraba un sostenido aumento de la evolución de la producción, lo que en definitiva evidencia la importancia de esta región en la acuicultura. Estos autores, además señalan la relevancia de armonizar la actividad acuícola con el entorno ecológico, a objeto de lograr la maximización del espacio sin alterar el equilibrio de los ecosistemas.

Desde una perspectiva geopolítica, la actividad de la acuicultura en la Décima Región se centra principalmente en dos de las cinco provincias que conforman este extenso territorio. Las provincias de Llanquihue y Chiloé concentran tanto los mayores espacios marítimos, como cantidad de centros autorizados (Gallegos *et al.*, 1993). Actualmente, la situación no es muy distinta a la descrita por estos autores. Según las estadísticas proporcionada por SERNAPESCA (2000), la mayor actividad de acuicultura se sigue focalizando en la dos provincias señaladas, ya que ambas engloban cerca del 90% de las instalaciones existentes en la Décima Región (Tabla 3.4).

De los 403 centros de cultivos que se encuentran operando en Llanquihue, la mayor proporción de establecimientos están dedicados principalmente al cultivo de algas y peces. A nivel comunal, aunque Maullín ocupa la primera posición en cantidad de centros de cultivos instalados, su actividad se concentra casi exclusivamente en el cultivo de pelillo. Las comunas de Calbuco y de Puerto Montt tienen una capacidad instalada muy similar, diferenciándose en la distribución del tipo de recursos hidrobiológicos cultivados; Calbuco concentra un mayor número de centros dedicados al cultivo de moluscos, mientras que en la comuna de Puerto Montt las actividades de acuicultura están orientadas tanto al cultivo de algas como a la salmonicultura.

La provincia de Chiloé cuenta actualmente con 350 centros de cultivo, disgregados en un mayor número de comunas por lo que las diferencias en cuanto a la distribución no son tan pronunciadas. A nivel comunal,

Tabla 3.4. Distribución de los centros de cultivos por provincia y comuna de la Décima Región, según el tipo de recurso hidrobiológico.

| Provincia                  | Comuna            | Pelillo    | Mitilidos  | Ostreidos | Pectínidos | Abalones | Salmónidos | Total      |
|----------------------------|-------------------|------------|------------|-----------|------------|----------|------------|------------|
| Llanquihue                 | Puerto Montt      | 31         | 9          | 2         | 1          |          | 31         | 74         |
| Llanquihue                 | Calbuco           | 14         | 32         | 4         | 1          | 2        | 24         | 77         |
| Llanquihue                 | Cochamó           |            |            |           |            |          | 33         | 33         |
| Llanquihue                 | Frutillar         |            |            |           |            |          | 1          | 1          |
| Llanquihue                 | Llanquihue        |            |            |           |            |          | 5          | 5          |
| Llanquihue                 | Mauñín            | 194        | 1          |           |            |          |            | 195        |
| Llanquihue                 | Puerto Varas      |            |            |           |            |          | 18         | 18         |
| <b>Total</b>               | <b>Llanquihue</b> | <b>239</b> | <b>42</b>  | <b>6</b>  | <b>2</b>   | <b>2</b> | <b>112</b> | <b>403</b> |
| Chiloé                     | Castro            | 2          | 7          | 5         |            |          | 22         | 36         |
| Chiloé                     | Ancud             | 34         | 7          | 9         | 1          | 1        | 4          | 56         |
| Chiloé                     | Chonchi           |            | 8          | 6         | 5          |          | 21         | 40         |
| Chiloé                     | C. de Vélez       | 11         |            | 1         |            |          | 10         | 22         |
| Chiloé                     | Dalcahue          | 4          | 11         | 2         |            | 1        | 12         | 30         |
| Chiloé                     | Puqueldón         |            | 3          |           |            |          | 13         | 16         |
| Chiloé                     | Queilén           | 1          | 10         | 1         |            |          | 15         | 27         |
| Chiloé                     | Quellón           | 8          | 18         | 2         | 1          | 2        | 34         | 65         |
| Chiloé                     | Quemchi           | 3          | 3          | 4         | 2          |          | 16         | 28         |
| Chiloé                     | Quinchao          | 7          | 3          | 2         |            |          | 18         | 30         |
| <b>Total</b>               | <b>Chiloé</b>     | <b>70</b>  | <b>70</b>  | <b>32</b> | <b>9</b>   | <b>4</b> | <b>165</b> | <b>350</b> |
| Osorno                     | Osorno            |            |            |           |            |          | 5          | 5          |
| Osorno                     | Puerto Octay      |            |            |           |            |          | 13         | 13         |
| Osorno                     | Purranque         |            |            |           |            |          | 2          | 2          |
| <b>Total</b>               | <b>Osorno</b>     | <b>0</b>   | <b>0</b>   | <b>0</b>  | <b>0</b>   | <b>0</b> | <b>20</b>  | <b>20</b>  |
| Palena                     | Chaitén           |            |            |           |            |          | 8          | 8          |
| Palena                     | Hualihué          |            |            |           |            |          | 20         | 20         |
| Palena                     | Palena            |            |            |           |            |          | 1          | 1          |
| <b>Total</b>               | <b>Palena</b>     | <b>0</b>   | <b>0</b>   | <b>0</b>  | <b>0</b>   | <b>0</b> | <b>29</b>  | <b>29</b>  |
| Valdivia                   | Valdivia          |            | 3          |           |            |          |            | 3          |
| Valdivia                   | Corral            | 2          | 5          | 1         |            |          | 1          | 9          |
| Valdivia                   | Futroneo          |            |            |           |            |          | 1          | 1          |
| Valdivia                   | La Unión          |            |            |           |            |          | 5          | 5          |
| Valdivia                   | Lago Ranco        |            |            |           |            |          | 4          | 4          |
| Valdivia                   | Mariquina         |            | 1          |           |            |          |            | 1          |
| Valdivia                   | Panguipulli       |            |            |           |            |          | 2          | 2          |
| Valdivia                   | Río Bueno         |            |            |           |            |          | 4          | 4          |
| <b>Total</b>               | <b>Valdivia</b>   | <b>2</b>   | <b>9</b>   | <b>1</b>  | <b>0</b>   | <b>0</b> | <b>17</b>  | <b>29</b>  |
| <b>Total Décima Región</b> |                   | <b>311</b> | <b>121</b> | <b>39</b> | <b>11</b>  | <b>6</b> | <b>343</b> | <b>831</b> |

Fuente: Semapesca (2000)

Quellón (65) y Ancud (56) concentran la mayores cantidades de establecimientos dedicados al cultivo de recursos hidrobiológicos. Aunque la salmonicultura posee el mayor número de centros de cultivo en la mayoría de las comunas de Chiloé, la situación en Curaco de Vélez y principalmente en Ancud es distinta, ya que en ambas comunas se concentran centros destinados al cultivo de algas.

En las provincias de Osorno y Palena, se desarrollan exclusivamente actividades de salmonicultura con un número similar de centros de cultivos que no supera la treintena en cada una de estas provincias.

Valdivia es la provincia que cuenta con el menor número de centros de cultivo en la Décima Región. Los establecimientos existentes están orientados al cultivo de mitílidos y salmones, sólo en Corral existen dos centros cultivadores de algas.

Por otra parte, en una publicación reciente sobre compatibilización de normas de calidad acuática con actividades de acuicultura (Soto, 2000), se señala que la situación actual de la salmonicultura puede generar conflictos tanto en sectores de aguas dulces, a modo de ejemplo el lago Llanquihue y lagos de Chiloé, como en el mar en los sitios de alta densidad de cultivo: área de Puerto Montt, Calbuco y estuario de Reloncaví.

La representación gráfica para cada uno de los principales grupos de recursos hidrobiológicos cultivados (peces, moluscos y algas) permitió establecer que las mayores concentraciones, tanto por número de centros como por producción, se distribuían en las comunas de la X y XI Regiones (Figuras 3.2 a 3.8)

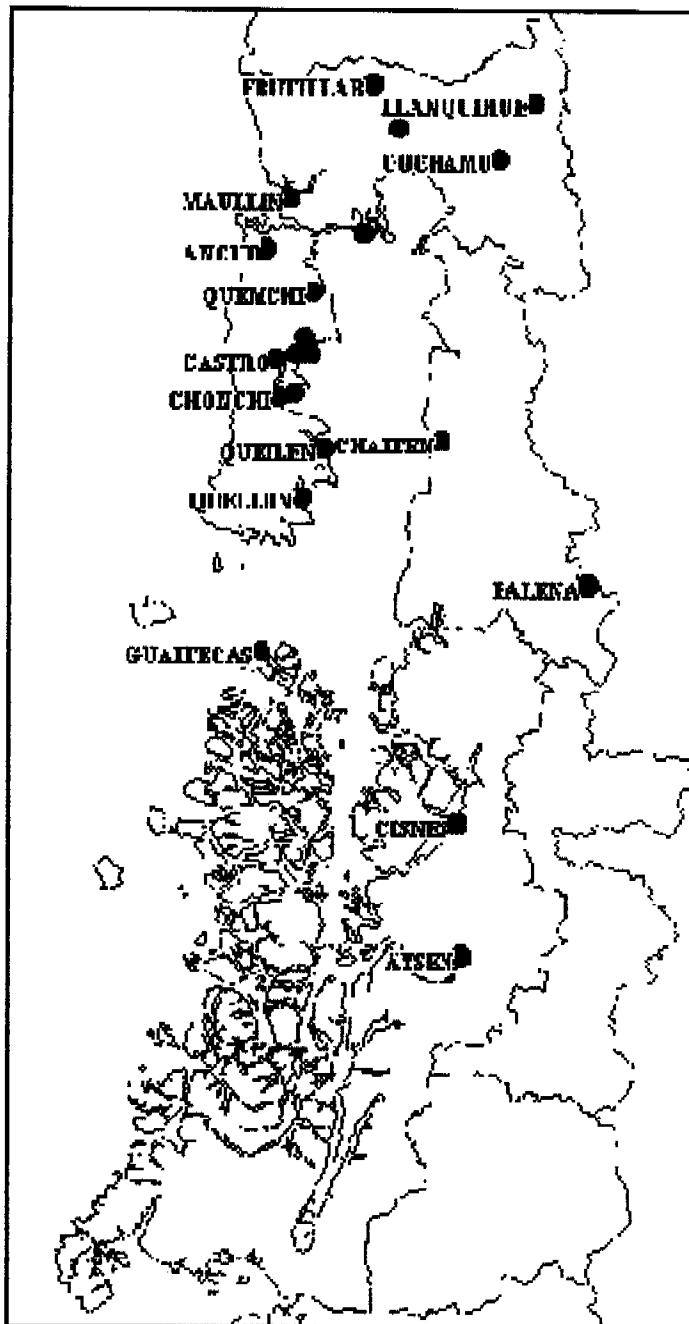


Figura 3.2. Comunas de las Regiones X y XI del territorio nacional.



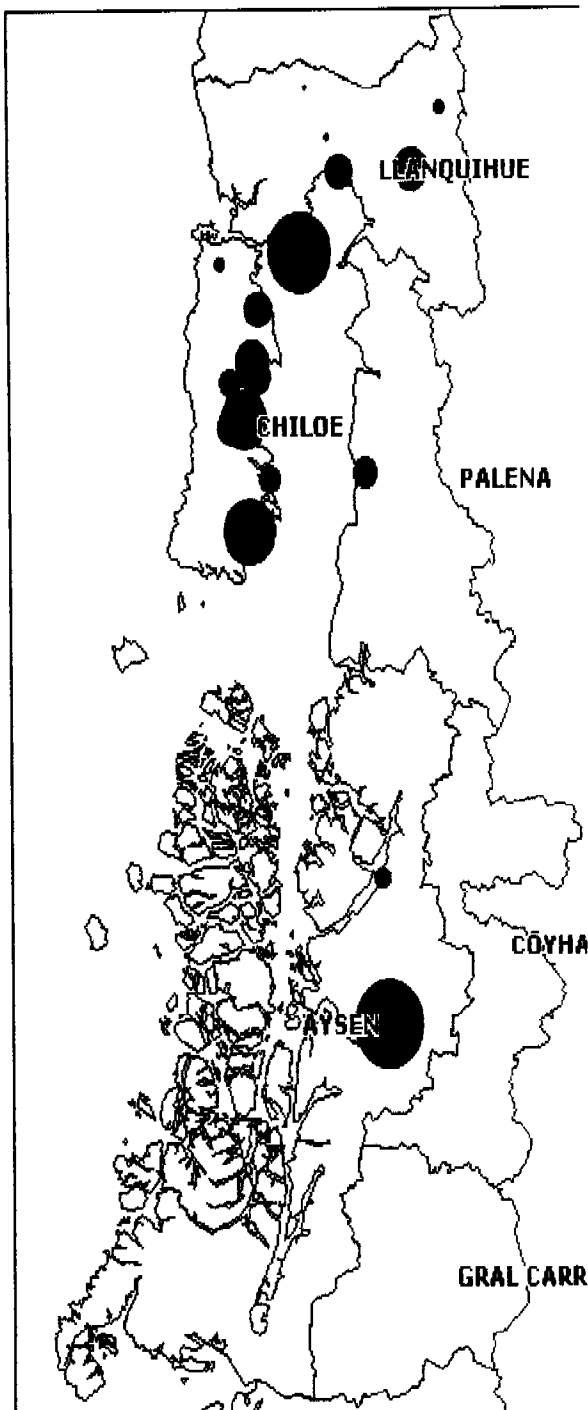


Figura 3.3. Volúmenes de producción de peces por comuna

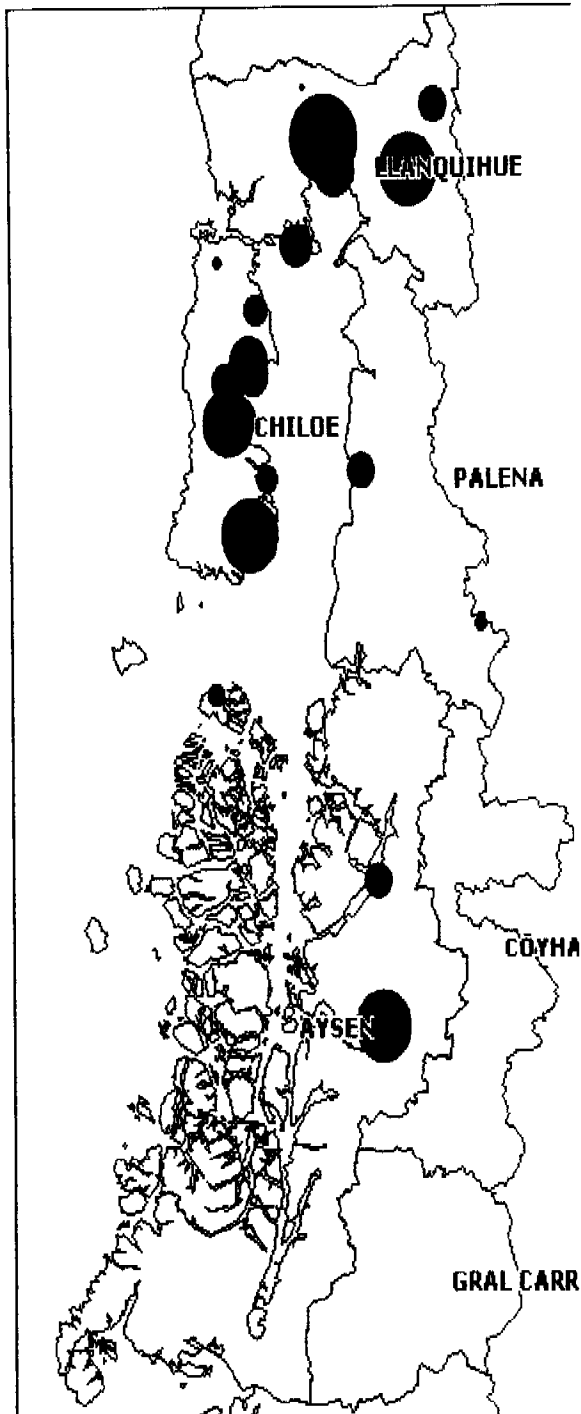


Figura 3.4. Cantidad relativa de centros de cultivos para peces por comuna

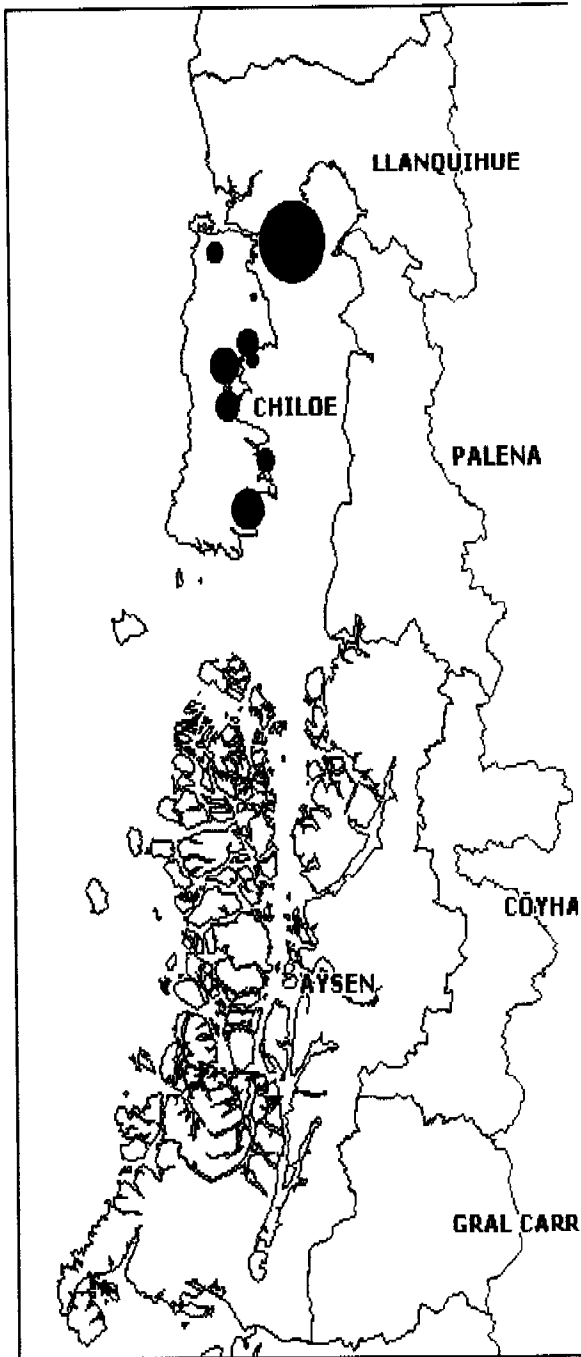


Figura 3.5. Volúmenes de producción de moluscos por comuna

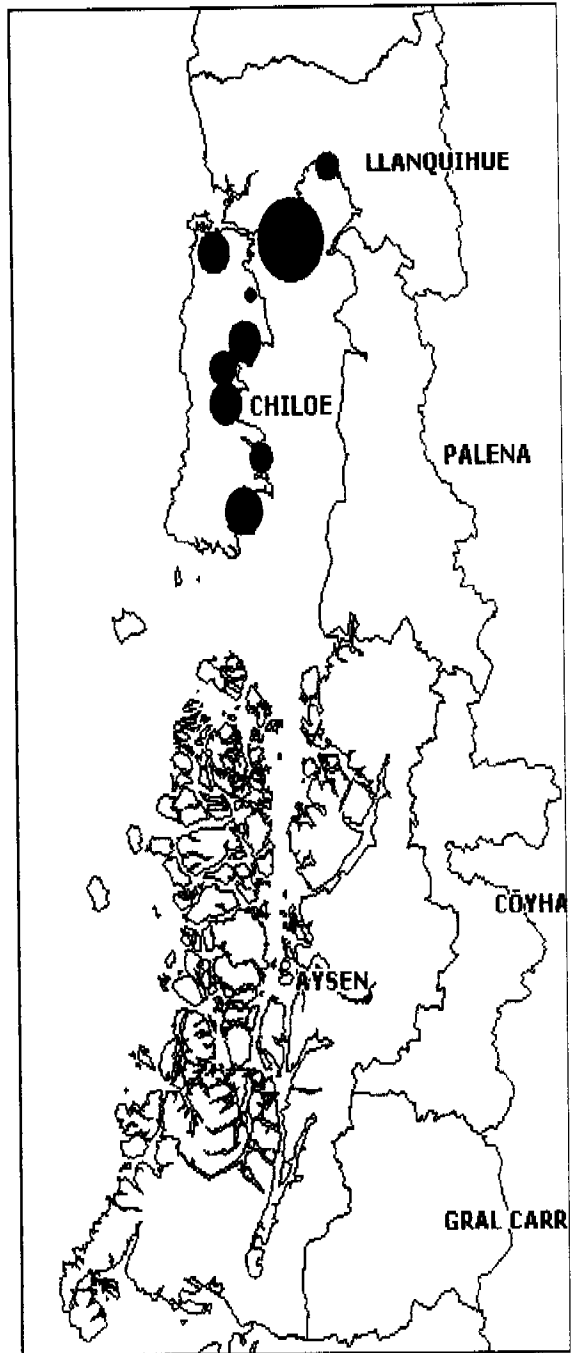


Figura 3.6. Cantidad relativa de centros de cultivos para moluscos por comuna

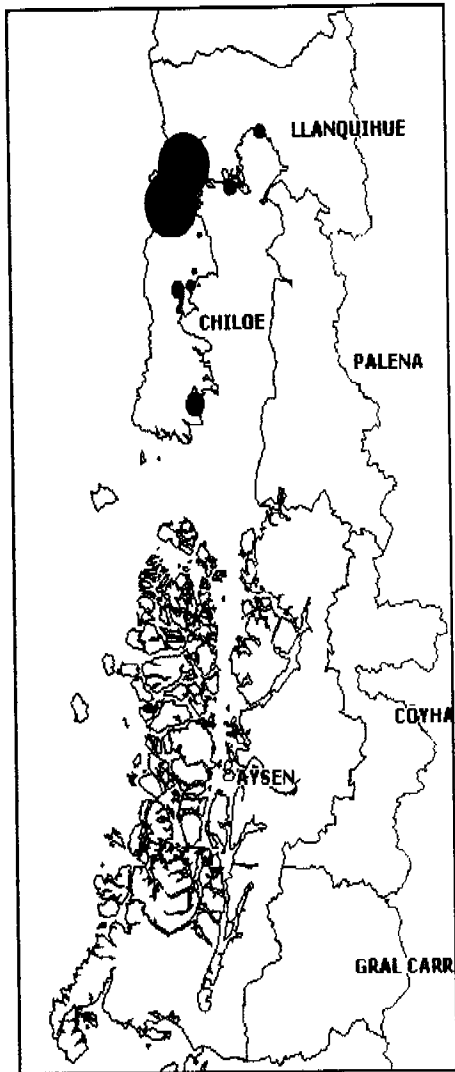


Figura 3.7. Volúmenes de producción de algas por comuna

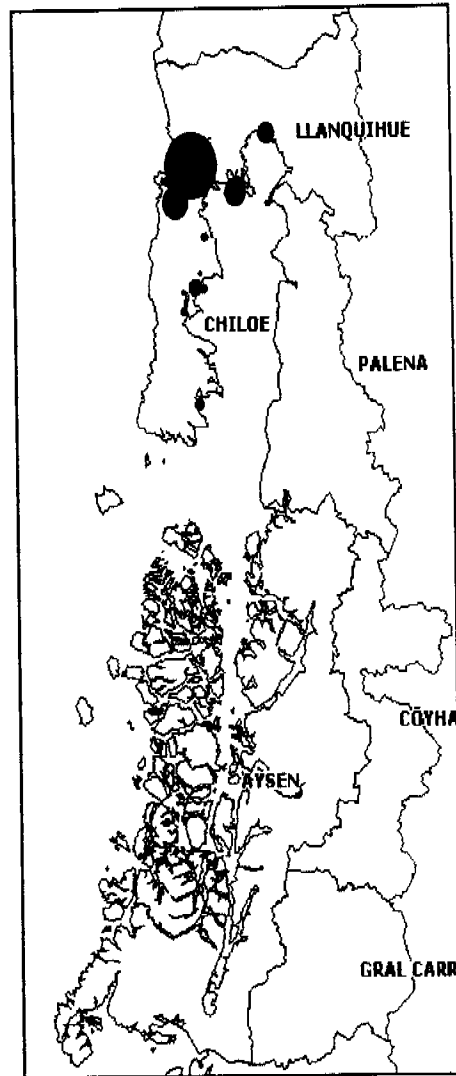


Figura 3.8. Cantidad relativa de centros de cultivos para algas por comuna

### **b. Antecedentes de las condiciones macroambientales del área de estudio**

Desde un punto de vista climático, en el territorio austral de Chile es posible diferenciar tres zonas: Estepárica Fría, Marítima Lluviosa y Tundra. La zona desde Puerto Montt al sur se caracteriza por un clima del tipo Marítimo Lluvioso, que abarca tanto las islas como la franja marítima continental y cuyas temperaturas son bajas, con un aumento en la pluviosidad, que varía en promedio anual entre los 2.342 y los 3.000 mm.

Desde el punto de vista de la acuicultura, el área ofrece excelentes sitios, aguas protegidas y limpiadas. El cultivo de especies hidrobiológicas ha sido una actividad ampliamente desarrollada en la última década, centrándose principalmente en áreas costeras de la Décima Región y secundariamente en la Undécima Región. Estos cultivos se basan en la instalación de estructuras flotantes (balsas jaulas), las cuales se ubican en canales, fiordos, bahías y lagos (FIP, 1993 y 1997). En general, los primeros problemas derivados de la instalación de estos centros se asocian con la aparición de estructuras ajenas al entorno natural, cuya presencia no sólo tiene efecto sobre el uso turístico de estas áreas, sino que además afecta la red de navegación de estos cuerpos de agua.

Desde una óptica de la presión antrópica, la densidad poblacional en la Décima Región alcanza los 12,5 hab/km<sup>2</sup>, valor comparativamente mayor que la registrada en la Décimo Primera y Décimo Segunda Regiones, ya que por ejemplo en Aysén ésta es de 0,6 hab/km<sup>2</sup>, mientras que en Magallanes llega a sólo 1 hab/km<sup>2</sup>. Los valores reflejan que los cuerpos de agua de la Décima Región que albergan diversos tipos de actividades, tendrían una mayor presión de uso y en consecuencia la condición ambiental de sus aguas se encontraría más afectada, en comparación con sectores menos poblados de la XI y XII regiones.

#### **a. Aguas marinas**

Dentro del área de cobertura del presente proyecto, las aguas superficiales marinas forman parte del Mar Chileno, en su porción continental pertenecen al Sistema del Océano Pacífico Suroriental, dominado por el Giro Anticiclónico Subtropical. Cañón y Morales (1985) reconocen la existencia de cinco zonas oceanográficas distribuidas a lo largo del territorio nacional.

Las aguas de la X Región se hallan incorporadas a dos zonas oceanográficas distintas. Desde Chiloé al norte se encuentran tipificadas dentro una subzona de la Zona Central Transicional, que alcanza hasta Talcahuano y que se caracteriza por la influencia del aporte de ríos y lluvias que se traducen en bajas salinidades costeras. Sin embargo, en verano debido a que los aportes dulceacuícolas no son tan intensos como los que se registran en sectores más australes, no alcanzan a tener la influencia que caracterizan a la Zona Sur-Subantártica. Bajo condiciones de otoño, se comienza a observar una disminución de la temperatura superficial y un aumento de la salinidad costera, como así también la surgencia costera tiende a disminuir, prevaleciendo condiciones más homogéneas. Así también, el aporte de aguas subantárticas superficiales genera la desaparición de la termoclina superficial. En invierno las condiciones oceanográficas se asemejan bastante a las condiciones prevalecientes en la Zona Sur-Subantártica. Finalmente en primavera se presenta un claro predominio del régimen anticiclónico. Si bien al disminuir las lluvias el aporte de agua dulce en la costa es menor, el aumento en el caudal de los ríos por procesos de deshielo compensa el balance. En el sector sur de esta zona, se comienza a evidenciar un aumento del proceso de surgencia costera.

Desde el sur de la isla Chiloé (43°S) hasta los 63°S, es decir el área de influencia de la corriente del Cabo de Hornos hasta la Convergencia Antártica, las aguas de la X Región se hallan incorporadas a la Zona Sur-Subantártica. Los rasgos más característicos de esta zona son:

- predominio del Agua Subantártica durante todo el año
- pronunciada influencia de las aguas continentales en la franja costera
- un flujo permanente de aguas en dirección sur

Las temperaturas disminuyen hacia el sur de esta zona, mientras que las salinidades aumentan en la misma dirección. Los procesos de surgencia en esta zona prácticamente no existen, por lo que los nutrientes ingresan casi exclusivamente por los aportes provenientes de las aguas interiores.

La zona de fiordos y canales de la región austral de Chile, que se extiende desde los 41°30'S a los 55°S, es la que aloja la mayor actividad asociada con el cultivo de peces, algas y moluscos. Dentro de esta zona se puede reconocer tres grandes sectores separados por características geográficas notables.

El primer sector (norte), comprende el tramo ubicado desde Puerto Montt a Península de Taitao; mientras que el segundo sector (central) abarca desde el Golfo de Penas hasta el Estrecho de Magallanes. Por último, el sector más austral se extiende desde el Estrecho de Magallanes hasta el Cabo de Hornos (Pickard, 1971).

Desde una perspectiva oceanográfica, esta zona se caracteriza por condiciones extremas, donde confluye la influencia de aguas oceánicas de la Corriente de Deriva de los Vientos del Oeste, que penetran hacia la zona interior de canales y fiordos, además del efecto de aguas frías y de baja salinidad producto de la alta pluviosidad de la zona, del aporte fluvial y del constante deshielo de glaciales que existen en la cabeza de algunos fiordos.

En la zona sur del país las mareas tienen una influencia dominante sobre los procesos oceanográficos. Dentro del seno de Reloncaví y golfos de Ancud y Corcovado, las amplitudes tienen un notorio aumento fluctuando entre 5 y 8 m. Las corrientes de marea están fuertemente gobernadas por la marea, en forma predominante por los constituyentes semidiurnos.

La marea en los archipiélagos de Chiloé y de los Chonos, debido a la conformación geológica de estos y a lo estrecho y profundo de los canales, se encuentra notablemente reforzada; alcanza su valor máximo en el canal Chacao, en el golfo de Reloncaví y en el golfo de Corcovado.

Generalmente, en la costa de la X y XI Región se observan dos pleamares y dos bajamares, aunque con una gran desigualdad diurna, que afecta principalmente la altura de las pleamares. Durante el verano es común que la pleamar diurna sea mucho más alta que la pleamar nocturna; durante condiciones invernales sucede el fenómeno inverso.

La amplitud de marea en el canal Chacao y en varios lugares de los golfos de Reloncaví y de Ancud, en la vecindad de las costas de los archipiélagos y entre las islas varía entre 5 y 8 m. En el canal Chacao, los golfos del mar interior y en Chiloé insular y costero, las corrientes de marea se encuentran considerablemente reforzadas. En la parte más estrecha del canal Chacao, durante las sicigias se observa corrientes de una intensidad de 6 a 9 nudos. En la parte central de los golfos de Ancud y Corcovado, la corriente de marea es en general poco sensible. Con vientos fuertes de dirección contraria a las corrientes de marea, se produce gran agitación de las aguas del mar, fenómeno llamado localmente "rayas de

mareas", las cuales son particularmente peligrosas para las goletas y embarcaciones menores que no tengan propulsión motorizada.

Por su parte, en el golfo de Ancud, debido al variado curso de los canales que se forman en la costa occidental, la dirección de la corriente de marea es variada e irregular. Su intensidad varía comúnmente con el ancho y profundidad de los canales, siendo en los más anchos de sólo 2 millas/hora en aguas vivas y en los más angostos de 3,5 a 4 millas/hora.

Estos antecedentes permiten señalar que la dinámica de las aguas de la Décima Región, como así también de las regiones más australes, presenta un amplio espectro de condiciones oceanográficas en donde las mareas, la batimetría y la topografía costera, además de los fenómenos climáticos, juegan un rol importante en la dinámica de las aguas. De este modo, es posible encontrar distintos escenarios dentro de una gradiente hidrodinámica, desde cuerpos de agua con una alta tasa de renovación a otros cuyos tiempos de residencia más prolongados inciden directamente sobre las propiedades físicas y químicas de la columna de agua y sedimentos.

Dadas las características geográficas y oceanográficas particulares de estas zonas (bahías protegidas, aguas oxigenadas, temperaturas bajas y relativamente estables, muy baja o baja contaminación de las aguas, entre otros), éstas son potencialmente adecuadas para el desarrollo de cultivos de especies marinas.

La actividad de cultivo de especies salmonídeas en balsas jaula se desarrolla mayoritariamente en ambientes marinos. El origen glacial de las costas insulares del sur de Chile, ha permitido la formación de lugares muy protegidos y de buena profundidad, ambos factores importantes para la instalación de centros de engorda.

#### **b. Aguas continentales**

En las aguas continentales el efecto de múltiples actividades sobre los lagos, especialmente el cultivo de salmones y truchas en balsas jaulas, ha surgido la interrogante si estos cuerpos de agua dulce están en fase de eutroficación o su capacidad de carga de nutrientes está en un estado crítico (Campos, 1993). La

eutroficación se define como el incremento de la productividad biológica de un lago como consecuencia del incremento de nutrientes. Los nutrientes fundamentales de este proceso son el fósforo y nitrógeno.

Mediante una serie de estudios efectuados en distintos lagos de la zona sur se han efectuado progresos importantes tendientes a conocer la dinámica de estos cuerpos de agua cerrados (Campos *et al.*, 1985; FIP 1995 y 1997). En una primera fase, las investigaciones se han orientado a describir las condiciones imperantes asociados con los niveles de nutrientes, determinando las concentraciones de nitrógeno y de fósforo en las aguas, tanto en su estado natural como en aquéllas sujetas a la influencia antropogénica. Este primer paso, ha servido como base para el estudio y cálculo del llamado balance nutrientes de fósforo y nitrógeno (Vollenweider, 1969; 1979; Dillon and Rigler, 1972; Golterman, 1975; Prairie, 1988).

En un estudio sobre la capacidad de carga y balance de fósforo y nitrógeno en el Lago Rupanco, FIP (1995) señaló como conclusión final que este cuerpo de agua dulce estaba en su límite máximo, es decir, sobrecargado de fósforo y nitrógeno total. Agregan que de persistir el aporte de nutrientes a la cubeta, este lago exhibirá condiciones mesotróficas. Como consecuencia de lo anterior, estos autores proponen realizar un plan de recuperación para minimizar el ingreso de nutrientes y no autorizar la ampliación de los centros existentes o el establecimiento de nuevas instalaciones.

Según un catastro de lagos y lagunas publicado por la DGA, existen registrados 325 receptáculos naturales de agua ubicados desde la VII a la XII Región del país (Tabla 3.5). Para la Décima Región se han catalogado 51 cuerpos de agua lacustres, de los cuales 50 no tienen uso y 40 de ellos carecen de todo tipo de información. Según este organismos, sólo el lago Puyehue presenta el uso de sus aguas para fines hidroeléctricos. Aquellos cuerpos dulceacuícolas que poseen información, ésta se relaciona con niveles y caudales de efluentes. Sin embargo, cabe señalar que actualmente la mayoría de los lagos están siendo utilizados para actividades de acuicultura, de turismo y de pesca deportiva.



**Tabla 3.5. Distribución regional de lagos y lagunas desde la Quinta a Décimo Segunda Región.**

| Región | Número de lagos y lagunas |
|--------|---------------------------|
| V      | 1                         |
| RM     | 4                         |
| VI     | 2                         |
| VII    | 4                         |
| VIII   | 8                         |
| IX     | 6                         |
| X      | 51                        |
| XI     | 125                       |
| XII    | 131                       |

Fuente: Dirección General de Aguas

### 3.2.5. Cuerpos de agua preseleccionados

Considerando los criterios expuestos precedentemente y dado que las actividades de acuicultura se realizan fundamentalmente en dos tipos de ambientes acuáticos bien definidos: marino (incluyendo aguas estuarinas) y dulceacuícola, se preseleccionó una lista de cuerpos y cursos de agua en los cuales se aplicaría el diseño de muestreo descrito más adelante, considerando la ejecución de dos campañas de muestreo (diciembre del 2000 y abril del 2001) programadas para coincidir con el período de cosecha dentro del ciclo productivo de los cultivos. Para la primera campaña de muestreo se seleccionó los siguientes cuerpos de agua:

- Estero Chauquiar, Calbuco
- Canal Lemuy, Castro
- Lago Llanquihue, Puerto Montt

En esta primera oportunidad sólo fue factible ejecutar actividades de muestreo en los cuerpos de agua marinos, ya que el titular del centro de cultivo ubicado en el lago Llanquihue negó el acceso a las instalaciones de crianza de salmonídeos emplazadas en el sector previamente establecido para obtener muestras de agua y sedimentos en este cuerpo de agua continental.

Dados los inconvenientes que se presentaron para la ejecución de las actividades de terreno en el lago Llanquihue, para la segunda campaña de muestreo la selección de los cuerpos de agua fue realizada en

conjunto con el Departamento de Acuicultura de la Subsecretaría de Pesca. En esta oportunidad, los alcances estas actividades fueron dadas a conocer a cada uno de los titulares mediante una carta enviada por el Jefe de Gabinete de esta Subsecretaría. Los cuerpos y cursos de agua seleccionados para efectuar la campaña de muestreo de abril del 2001 fueron los siguientes:

- Farellones de Marimeli, Estero Reloncaví
- Desembocadura del río Maullín, Maullín
- Río Tornagaleones, Valdivia
- Lago Llanquihue, Puerto Montt

Cabe señalar que no obstante las gestiones previas mencionadas a nivel del organismo estatal, como así también las entrevistas sostenidas por nuestra Consultora con algunos de los titulares de los centros de cultivo de especies salmonídeas en una visita de avanzada realizada con anterioridad a la ejecución de la segunda campaña, nuevamente no se concedió el acceso a las instalaciones del lago Llanquihue, como así tampoco a las existentes en las aguas del estero Reloncaví.

Frente a este escenario, que refleja la desconfianza del sector salmonicultor frente a las iniciativas que se generan al interior de los organismos estatales facultados para administrar y supervisar el ejercicio de la acuicultura a nivel nacional, sólo fue posible tener acceso a cuatro de los seis cuerpos acuáticos contemplados originalmente para aplicar el diseño de muestreo (Tabla 3.6).

Tabla 3.6. Cuerpos de agua preseleccionados en donde se aplicó el diseño de muestreo.

| Nombre del cuerpo de agua | Ubicación          | Tipo de ambiente   |
|---------------------------|--------------------|--------------------|
| Estero Chauquiar          | Calbuco, X Región  | Marino             |
| Canal Lemuy               | Castro, X Región   | Marino             |
| Río Maullín               | Maullín, X Región  | Marino (Estuarino) |
| Río Tornagaleones         | Valdivia, X Región | Marino (Estuarino) |

### a. Lago Llanquihue

Si bien este cuerpo de agua continental fue preseleccionado para aplicar el diseño de muestreo, por los motivos anteriormente expuestos no fue posible materializar esta actividad. No obstante, se considera relevante para el proyecto incluir antecedentes sobre este lago por dos razones fundamentales: primero, dentro de los resultados esperados del proyecto se contempló proponer un diseño de monitoreo ambiental que incluyese cuerpos de agua lénticos y, segundo, los lagos son reservorios acuáticos naturales en donde se desarrolla un porcentaje importante de la actividad salmonicultora en aguas continentales.

Este reservorio natural de agua dulce, cerrado, corresponde a un lago ubicado en la provincia de Llanquihue. Este lago pertenece a las cuencas e islas entre río Bueno y río Puelo (15.340 m<sup>2</sup>), está ubicado a 50 msnm, ocupa una superficie de 850 km<sup>2</sup>, la superficie de la hoya aportante es de 1.721 km<sup>2</sup> y alcanza una profundidad máxima de 350 m aproximadamente. Después del Lago General Carrera, este lago es el segundo más extenso de Chile.



El lago Llanquihue está inserto en una zona de clima de transición de templado a frío. Estas condiciones originan una diversidad de ambientes y heterogeneidad geográfica, lo que determina una notable variedad de recursos naturales.

Dentro de los cuatro tipos de clima que se identifican para esta región, el lago Llanquihue está dominado por uno de tipo templado cálido con menos de 4 meses secos. Este tipo de clima impera desde el sector de sotavento de la Cordillera de la Costa, en la Depresión Intermedia, hasta la latitud de Frutillar. Las precipitaciones no sobrepasan los 1.800 m. La temperatura media mensual en el mes más cálido fluctúa entre 16° y 17°C, mientras que en el mes más frío entre 6,5° y 9,6°C. La estacionalidad está bien manifestada a través de la variación de las horas de luz. En verano las jornadas se extienden hasta

alrededor de 16 horas diarias, en cambio durante el invierno se dispone de sólo 10 horas de luz. Las condiciones climáticas del período comprendido entre diciembre y marzo, son más favorables para el desarrollo de actividades humanas y durante el invierno no ocurren situaciones extremas.

El principal acceso al lago se realiza por Puerto Varas, localidad ubicada en la orilla sur y distante a 20 km por la Panamericana Sur de la ciudad de Puerto Montt. El lago está circunvalado en todo su perímetro por un camino de tierra con cortos segmentos pavimentados, que conecta las localidades ubicadas en sus orillas. Los principales centros urbanos y turísticos del lago son Puerto Varas, Llanquihue, Frutillar y Puerto Octay. En las orillas del lago existe infraestructura turística como hosterías y camping para alojar turistas principalmente durante la época veraniega. En la Tabla 3.7 se señalan los principales atractivos turísticos ubicados a lo largo de la circunvalación al lago Llanquihue.

**Tabla 3.7. Atractivos turísticos del lago Llanquihue.**

| Kilómetro | Localidad                     | Rasgo característico  |
|-----------|-------------------------------|---|
| 0         | Ciudad de Puerto Varas        | Centro turístico  |
| 10        | Playas Niklitscheck y Hermosa | Balneario   |
| 15        | La Poza                       | Laguna enclavada entre acantilados. Se practica pesca deportiva   |
| 19        | Camping Playa Venado          | Cuenta con instalaciones de luz, agua y primeros auxilios.  |
| 21        | Río Pescado                   | Lugar de pesca  |
| 45        | Villa Ensenada                | Pequeño centro poblado enclavado en los faldeos del volcán Osorno, cuenta con servicios de hospedaje y alimentación |
| 47        | Acceso a volcán Osorno        | Se accede a las canchas de esquí del volcán Osorno  |
| 62        | Camping Cañitas               | Cuenta con instalaciones de mesones, fogones, hostería y cabañas. Posee playas.                                     |
| 65        | Las Cascadas                  | Centro poblado con equipamiento básico. Casa de veraneo. Servicios de alojamiento y alimentación                    |
| 71        | Puerto Klocker                | Acceso a canchas de esquí   |
| 80        | Puerto Fonck                  | Playa de arena fina y lugar de picnic   |
| 90        | Playa Maitén                  | Instalaciones para picnic, cuenta con mesones y zonas arboladas   |
| 100       | Puerto Octay                  | Centro poblado con equipamiento básico, servicio de alojamiento y alimentación                                      |
| 105       | Península de Centinela        | Lugar atractivo, cuenta con playas y servicios de alojamiento y alimentación  |
| 117       | Poblado Los Bajos             | Antiguo caserío con vestigios de grandes construcciones antiguas  |
| 124       | Camping Playa Los Maquis      | Cuenta con luz, agua y fogones. Lugar apto para deportes acuáticos.   |
| 130       | Ciudad de Frutillar           | Ciudad de gran atractivo turístico, cuenta con servicios de alojamiento y alimentación.                             |
| 142       | Totoral                       | Lugar con vista panorámica  |
| 148       | Ciudad de Llanquihue          | Núcleo urbano de carácter industrial. Posee playas y lugares de picnic.   |

Fuente: SERNATUR, Dirección Regional X Región

En las aguas del lago Llanquihue se practican distintas actividades recreativas y deportes náuticos: velerismo, esquí acuático y pesca deportiva. Esta última se efectúa mediante las modalidades de arrastre y mosca; las especies que se capturan son la trucha fario, la trucha arcoiris y distintas especies de salmón. En las orillas del lago existen embarcaderos para embarcaciones menores que se ubican en los sectores de Península Centinela, Sector La Poza, Puerto Varas y Puerto Montt.

Según la SISS (1993), existe un total de 10 emisarios identificados que evacuan residuos líquidos a la cubeta de este lago. De este total, 4 de ellos son de origen industrial mientras que los 6 restantes corresponden a emisarios de tipo sanitarios. La descarga promedio de residuos líquidos evacuada a este cuerpo de agua totaliza un volumen de 84.634 m<sup>3</sup>/mes, siendo el mayor aporte de origen sanitario (81,9%).

Además de la infraestructura turística, el entorno del lago sustenta actividad de tipo agrícola y acuicultura. Actualmente, las aguas de este lago alojan alrededor de 14 centros, dedicados al cultivo de distintas especies salmonídeas (Tabla 3.8).

Tabla 3.8. Identificación de los centros de cultivo ubicados en el lago Llanquihue (diciembre del 2000).

| Empresa <sup>1</sup>                         | Lugar              | Nº de centros <sup>2</sup> |
|--|--------------------|----------------------------|
| Aquacultivos S.A. (Salmones Mainstream S.A.) | Puerto Philippi    | 2                          |
| Pesquera Mares Australes S.A.                | Puerto Domeyko     | 2                          |
| Cía. Pesquera Camanchaca S.A.                | Playa Los Maquis   | 1                          |
| Marine Harvest Chile S.A.                    | Bahía Rincones     | 1                          |
| Aquachile S.A.                               | Bahía Maitén       | 1                          |
| Aquachile S.A.                               | Puerto Fonck       | 1                          |
| Chisal S.A. (Prosmolt S.A.)                  | Puerto Fonck       | 1                          |
| Chisal S.A. (Prosmolt S.A.)                  | Bahía Cox          | 1                          |
| Pesquera Antares S.A.                        | Las Cascadas       | 2                          |
| Transantartic                                | Bahía Volcán       | 1                          |
| Salmones Llanquihue S.A.                     | Pto. Pérez Rosales | 1                          |

Fuente: Servicio Regional de Pesca X Región.

<sup>1</sup> Entre paréntesis actual empresa propietaria

<sup>2</sup> Según información proporcionada en el Depto. de Estadística Pesquera del Sernapesca de Puerto Montt, cada concesión ampara un centro de cultivo. Por lo tanto, si en un mismo lugar existen dos concesiones contiguas entonces debe considerarse que hay dos centros de cultivo.

Según estadísticas proporcionadas por SERNAPESCA (2000), durante 1999 en las aguas del lago Llanquihue se cosecharon 4.848 ton de especies salmonídeas. De este total, 2.314 ton correspondieron a salmón del Atlántico, 669 ton a salmón plateado y 1.865 a trucha arco iris. En la Tabla 3.9 se indica la distribución de la cosecha por estadio de desarrollo.

**Tabla 3.9. Distribución de la cosecha de especies salmonídeas por estadio de desarrollo. Lago Llanquihue (1999).**

| Estadio       | Cosecha (ton) |
|---------------|---------------|
| Adultos       | 1.236         |
| Alevines      | 631           |
| Ovas          | 2             |
| Reproductores | 54            |
| Smolt         | 2.925         |
| <b>Total</b>  | <b>4.848</b>  |

Fuente: SERNAPESCA (2000). Valores originales en kilogramos.

Debido a su cercanía a centros poblados importantes, como la ciudad de Puerto Montt, el lago Llanquihue presenta ventajas logísticas en cuanto a servicios de alimentación, alojamiento, telecomunicaciones y transporte. Las principales rutas de acceso al lago (vía Puerto Varas, Llanquihue y Frutillar) se encuentran pavimentadas, señalizadas y son expeditas para el tráfico vehicular.

### **Sector Ensenada playa Los Maquis**

Para el Lago Llanquihue se seleccionó el sector de Playa Los Maquis, ubicado en ensenada Playa Los Maquis, en la ribera oriental del lago. El centro poblado más próximo a esta localidad se encuentra a 6 km al sur y corresponde a Frutillar, poblado de 13.107 habitantes (Censo, 1992). Hacia el norte y bordeando la orilla del lago se encuentra Puerto Octay (11.051 habitantes).

En este sector se localiza un único centro de cultivo, propiedad de Compañía Pesquera Camanchaca S.A., que se dedica al cultivo de salmón plateado (smolts y alevines), salmón del Atlántico (smolts y alevines) y trucha arco iris (smolts). El destino de las cosechas es hacia plantas y centros de cultivo. Los trenes de balsas-jaulas se encuentran localizados dentro de una ensenada, en veriles de profundidad que van de los 30 m bajo las jaulas hasta los 50 m en el sector más exterior de esta ensenada.

En este sector, también existe el camping Playa Maquis que cuenta con las siguientes instalaciones: recepción, luz eléctrica, agua potable, ducha caliente, lavadero vajilla, lavadero de ropa, parrilla, juegos infantiles, multicancha, área de picnic, equipo acuático, servicio de lavado de ropa, minimarket y servicio de primeros auxilios. El camping de temporada anual, dispone de 31 sitios y 8 baños ([http://www.chile-outdoors.cl/Lugares/lanqui\\_maqui.htm](http://www.chile-outdoors.cl/Lugares/lanqui_maqui.htm)). El entorno se caracteriza por la ocurrencia de vegetación autóctona con cierto grado de intervención.

Además de las actividades turísticas en el camping señalado, en el sector no se observa otro tipo de actividades recreativas o productivas. No se registran otros usos del borde lacustre en el sector, como así tampoco fuentes generadoras de residuos líquidos que pudieran ejercer efectos negativos sobre el desarrollo de las actividades acuícolas. Salvo la condición original de las aguas del lago, para el sector circundante no se encuentran registrados hábitats de relevancia ecológica (sitios de nidificación, condición relicta u otras).

Si bien en el lago existen recursos acuáticos (peces y crustáceos), no existen registros de pesca extractiva comercial para este lago. La única pesca que se realiza es la de tipo deportiva.

El sector está afecto a las condiciones climáticas imperantes en esta región de Chile, caracterizado por la alta pluviosidad y eventos de vientos moderados a fuertes ("puelche") que suelen durar de tres a cuatro días. Debido a que este sector está expuesto a vientos procedentes del SE, cuando éstos soplan con alta intensidad, se forman verdaderas olas en el lago que obligan a evacuar por seguridad el personal ubicado sobre las estructuras flotantes del centro de cultivo.

De acuerdo con antecedentes disponibles, existen estudios de calidad ambiental efectuados para las aguas y sedimentos del lago Llanquihue. Dentro de la red de monitoreo ambiental del Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL) de DIRECTEMAR, se han establecido estaciones al interior de este cuerpo de agua, sin embargo las más próximas al sector de playa Los Maquis se ubican frente a Frutillar y a Puerto Octay.

## b. Calbuco



Actualmente, Calbuco tiene una población urbana de 8.757 habitantes, mientras que la población rural alcanza a 18.270 habitantes. Calbuco es un archipiélago integrado por 14 islas: Calbuco, Puluqui, Quihua, Huar, Queullin, Quenu, Huapi Abtao, Tabón, Nao, Polmallehue, Chidguapi, Tautil, Lin y Llanquihue.

**Isla Puluqui.** Isla del archipiélago de Calbuco, es la más grande con una superficie de 7.000 hectáreas. Posee varios puertos pequeños, bahías y ensenadas muy ricas en mariscos, criaderos de salmones. Las tierras son fértiles, aportando con abastecimiento de diferentes hortalizas a los mercados locales. En el sector de Puluqui se desarrollan actividades de agroturismo, en donde se pueden conocer esteros como Puluqui, Quinched, Cauquear, Chope, Laguna San Ramón, Laguna Chechil y Llaicha.

**Quenu.** Se caracteriza por la fertilidad de sus tierras y sus habitantes viven de la agricultura. Posee una hermosa playa por el lado noreste, muy apta para el camping.

**Chaulín o Helvecia.** Isla ubicada frente a Calbuco, famosa por su reserva de arrayanes, única en la zona. Posee hermosas playas, apta para la práctica de deportes náuticos y picnic.

**Tabón.** Tiene una superficie de 330 hectáreas con una longitud de 2 kilómetros, no posee bosque y sus habitantes se dedican a la agricultura y crianza de animales. Sus playas son ricas en mariscos. En el sector de Pumol se encuentran las mejores playas del archipiélago, especiales para camping.

Para acceder por mar a la ciudad de Calbuco, ubicada en la isla homónima, es necesario navegar por una serie de canales que circundan estas islas. El acceso terrestre a Calbuco se realiza mediante un camino pavimentado de 25 km de longitud que conecta con la Carretera Puerto Montt – Parga a la altura del kilómetro 26. Para acceder a la isla Calbuco se debe cruzar un pedraplén dotado de dos vías vehiculares y veredas peatonales, protegidas con barandales.



La localidad de Calbuco cuenta con servicios básicos de una ciudad, es decir, alojamiento, alimentación, transporte terrestre y marítimo, comercio, comunicaciones, servicios de urgencia y servicios públicos. La economía está basada fundamentalmente en la extracción de los productos del mar, el cultivo de moluscos y la salmonicultura. En la actualidad existen numerosas fábricas conserveras, centros de cultivos de salmones, algas, mitilicultura, etc. También se destaca la pesca artesanal, en especial la de la merluza, jurel y sardinas. Además existe una gran cantidad de embarcaciones de buceo que se dedican a la extracción de mariscos.

Según registros de SERNAPESCA (2000), en 1999 un total 61 titulares declararon sus volúmenes de cosecha en Calbuco. Los recursos hidrobiológicos cultivados son variados e incluyen todo el espectro de grupos que actualmente se cultivan: algas (pelillo), equinodermos (erizo), moluscos (abalón rojo, cholga, chorito, choro, ostión del norte y ostra chilena) y peces (salmón del Atlántico, salmón plateado y trucha arco iris). De los cuatro grupos anteriormente señalados, peces y moluscos se constituyeron en 1999 en los cultivos con mayores volúmenes de cosecha en Calbuco (Tabla 3.10).

Tabla 3.10. Distribución de la cosecha por grupo de especies cultivadas. Calbuco (1999).

| Grupo        | Cosecha (ton) |
|--------------|---------------|
| Algas        | 716           |
| Equinodermos | 2             |
| Moluscos     | 18.056        |
| Peces        | 63.864        |
| <b>Total</b> | <b>63.864</b> |

Fuente: SERNAPESCA (2000). Valores originales en kilogramos.

A nivel de especies, el salmón del Atlántico alcanza los mayores volúmenes de cosecha, con un aporte del 66,8% al total de especies cultivadas en Calbuco (Tabla 3.11). Las cosechas de erizo, abalón rojo y ostión del Norte aún son incipientes en Calbuco, ya que muestran valores marginales en comparación con las especies restantes cultivadas en esta zona. Dentro del grupo moluscos, la principal actividad acuícola se centra en el cultivo de choritos, que incluso es superior a los volúmenes cosechados independientemente de salmón plateado y trucha arcoiris.

**Tabla 3.11. Distribución de la cosecha por tipo de especie cultivada. Calbuco (1999).**

| <b>Especie</b>       | <b>Cosecha (ton)</b> |
|----------------------|----------------------|
| Pelillo              | 716                  |
| Erizo                | 2                    |
| Abalón rojo          | 1                    |
| Cholga               | 432                  |
| Chorito              | 17.246               |
| Choro                | 308                  |
| Ostra chilena        | 65                   |
| Ostión del Norte     | 3                    |
| Salmón del Atlántico | 42.714               |
| Salmón plateado      | 11.915               |
| Trucha arcoiris      | 9.235                |
| <b>Total</b>         | <b>63.864</b>        |

Fuente: SERNAPESCA (2000). Valores originales en kilogramos.

### **Sector Estero Chauquiar, isla Puluqui**



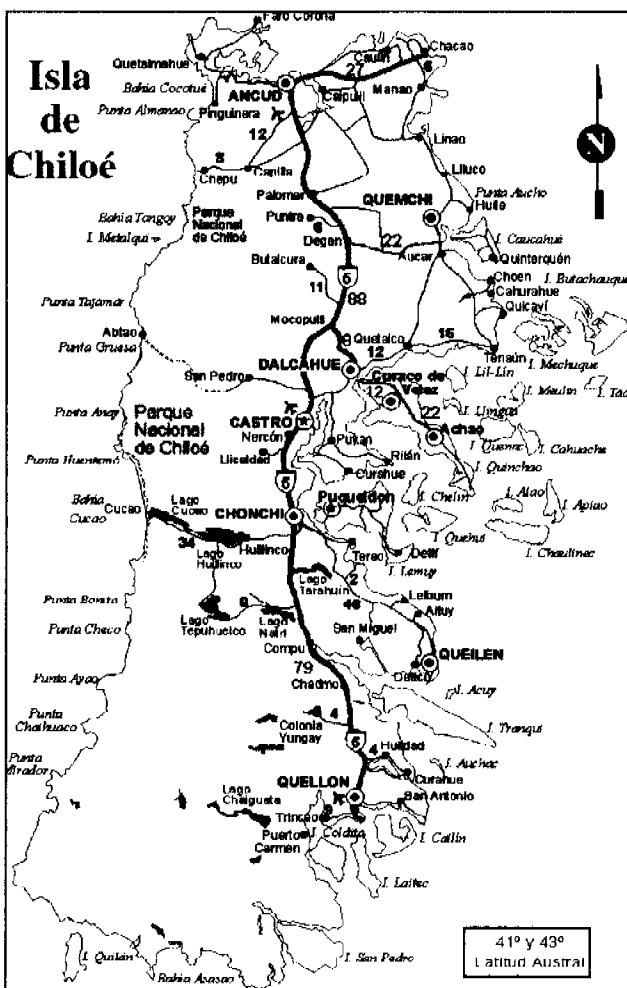
El estero Chauquiar ubicado en la isla Puluqui, frente a la ciudad de Calbuco, corresponde a un cuerpo de agua semicerrado, protegido de la influencia de los vientos, con profundidades cercanas a los 30 m en la boca que lo conecta con el canal Calbuco. Ampara un total de 14 centros de cultivo destinados preferentemente al crecimiento de mitílidos; según registros del

SERNAPESCA X Región en las aguas de este estero sólo existen dos instalaciones dedicadas a la salmonicultura (Tabla 3.12).

Tabla 3.12. Identificación de los centros de cultivo ubicados en el estero Chauquiar (diciembre del 2000).

| Propietario                | Recursos hidrobiológicos cultivados | Nº de Centros |
|----------------------------|-------------------------------------|---------------|
| Juan Zamorano Velázquez    | Moluscos                            | 1             |
| Almonacid Vargas           | Moluscos                            | 1             |
| Ganadera del Mar (GANAMAR) | Salmones y moluscos                 | 1             |
| Granja Marina Chauquear    | Moluscos y peces                    | 4             |
| Pedro Arismendi            | Moluscos                            | 1             |
| Oscar Muñoz Aguilante      | Moluscos                            | 1             |
| Luis Marin Pulgar          | Moluscos                            | 1             |
| Conservera Fitz Roy        | Chorito                             | 1             |
| Sonia Miranda Velázquez    | Chorito                             | 1             |
| Enrique Chávez Montiel     | Moluscos                            | 1             |
| Fanny Mansilla Soto        | Moluscos                            | 1             |

Fuente: Depto. de Estadística Pesquera, Dirección Regional de SERNAPESCA X Región.



### c. Castro

Castro es el principal centro urbano de la provincia de Chiloé. Para arribar a Castro vía terrestre, es necesario cruzar el canal Chacao mediante traspasador (30 minutos de navegación) desde Parga a Chacao, y luego proseguir por una ruta pavimentada en un trayecto de 115 km. La ciudad de Castro está emplazada en la ribera de un fiordo de aguas protegidas. Dispone de todos los servicios básicos de una ciudad que bordea los 7.221 habitantes (Censo 1992). La infraestructura turística está dada principalmente por cabañas; los camping se concentran a orillas del estero Castro.

Dado que el sector seleccionado (Canal Lemuy) para la aplicación del diseño de monitoreo se encuentra situado entre dos comunas (Castro y Puqueldón), se consideró necesario incluir ambas en el análisis de la actividad acuícola para este cuerpo

de agua. En consecuencia, cuando se habla de Castro debe entenderse que en los valores de las estadísticas entregadas se refleja los aportes de estas dos comunas.

Durante 1999, para Castro declararon sus volúmenes de cosecha un total de 25 titulares (SERNAPESCA, 2000). La cosecha anual para ese mismo año alcanzó las 52.456 ton, distribuidas según se señala en la Tabla 3.13. De los valores señalados en esta tabla, es claro que para Castro el principal esfuerzo productivo está orientado a la actividad de salmonicultura.

**Tabla 3.13. Distribución de la cosecha por grupo de especies cultivadas. Castro (1999).**

| Grupo        | Cosecha (ton) |
|--------------|---------------|
| Algas        | 673           |
| Moluscos     | 4.788         |
| Peces        | 46.996        |
| <b>Total</b> | <b>52.457</b> |

Fuente: Sernapesca (2000). Valores originales en kilogramos.

A nivel de especies cultivadas (Tabla 3.14), el salmón del Atlántico alcanza el mayor volumen de cosecha en Castro (67,3%). Dentro del grupo moluscos, los volúmenes de cosecha de cholga, chorito y ostra chilena son marginales en comparación con el del chorito, y más aún con la ostra del Pacífico, que alcanza un aporte del 73,8% con respecto al total de moluscos cosechados en Castro.

**Tabla 3.14. Distribución de la cosecha por tipo de especie cultivada. Castro (1999).**

| Especie              | Cosecha (ton) |
|----------------------|---------------|
| Pelillo              | 673           |
| Cholga               | 4             |
| Chorito              | 747           |
| Choro                | 1             |
| Ostra chilena        | 1             |
| Ostra del Pacífico   | 4.035         |
| Salmón del Atlántico | 35.307        |
| Salmón plateado      | 9.917         |
| Trucha arcoiris      | 1.772         |
| <b>Total</b>         | <b>52.457</b> |

Fuente: Sernapesca (2000). Valores originales en kilogramos.

### **Sector Canal Lemuy**

El canal Lemuy ubicado al norte de la isla homónima, entre punta Yolqui y punta Chalihue, limita al oriente con la conjunción de la desembocadura del estero Castro y del canal Yal, mientras que su extremo occidental se encuentra flanqueado por la isla Chelín. La profundidad de este canal en su curso medio aumenta desde aproximadamente 70 m a 100 m de oriente a occidente. Si bien este cuerpo de agua se encuentra rodeado por porciones de tierra, presenta una mayor exposición al viento y a los efectos de corrientes de marea, por lo que la tasa de renovación de sus aguas sería mayor en comparación al estero Chauquiar.

Según se desprende de la base de datos proporcionada por SERNAPESCA (2000), durante 1999 operaron al menos 8 centros de cultivo, ubicados tanto a lo largo de la orilla norte como sur del canal Lemuy. Los recursos hidrobiológicos cultivados corresponden tanto a peces (salmón plateado y salmón del Atlántico) como a moluscos bivalvos (chorito y ostra del Pacífico).

El sector elegido dentro del canal Lemuy para las actividades de muestreo, se ubicó aproximadamente a unos 800 m al este de punta Tutil. En este lugar existen actualmente dos centros de cultivo contiguos. En el más próximo a punta Tutil, se cultiva chorito mediante el sistema de trenes de cuelgas dispuestas paralelas al borde costa; mientras que, en el otro centro existen instalaciones en el agua destinadas al cultivo de salmones. Las profundidades del sector oscilaron entre los 13 y 15 m aproximadamente.

#### **d. Valdivia**

Valdivia comprende un área en torno a los ríos Calle-Calle, Cruces, Tornagaleones y Futa. Posee una población de 112.712 habitantes y es la capital provincial de la Provincia que lleva su nombre.

Dadas las condiciones naturales del área de Valdivia, principalmente sus características geográficas, originó que desde el período de la conquista de Chile, esta ciudad haya sido establecida como un puerto fluvial.

Este factor ha permitido que en la actualidad exista un desarrollo del transporte marítimo en torno al medio fluvial, encontrándose desde pequeñas embarcaciones destinadas al uso recreacional a barcos transportadores de madera destinados al uso productivo.

Este sector posee un clima típico, llamado "clima valdiviano", el que se caracteriza por ser lluvioso, y frío; con precipitaciones durante prácticamente todo el año.

Otro elemento natural a considerar es la formación del sector con material metamórfico, cuyos procesos de afloramiento han dejado marcado ciertos sectores. Aun se observan algunos rasgos de estos procesos de formación, tal como es la sismicidad en este sector y rocas en proceso de diagénesis.

En la Figura 3.9 se observa (en color azul) la red hídrica del área de Valdivia. La característica geográfica predominante es la de los ríos, lo que ha significado que se genere un elemento base, estableciéndose en una red. Esta red ha servido como elemento estructurante en el desarrollo de este centro regional urbano. El sector de estudio aparece marcado en rojo y corresponde a un sector del río Tornagaleones. Se aprecia (en color gris) la concentración poco extendido del núcleo urbano en la ciudad de Valdivia.



Figura 3.9. Imagen del área de Valdivia y sector de estudio.

El uso del borde costero en este sector se encuentra asociado al uso de viviendas urbanas, puerto y feria fluvial, parques y museos, balneario, educacional y turístico. De esta forma la red fluvial ha sido el eje que ha marcado la expansión y crecimiento de esta área siendo el río el principal agente regulador del borde costero.

Esta relación entre la población y el borde de río ha hecho que ciertas localidades crezcan de forma espontánea, tal como las caletas de pescadores, restaurantes y viviendas, estos en sectores alejados de la ciudad de Valdivia.

### **Sector confluencia río Tornagaleones y río Valdivia**

En el sector del río Tornagaleones, aparecen nuevas actividades asociadas a la explotación de los recursos existentes en este sector, tal como son la actividad acuícola y la forestal (Figura 3.10).

La población de este sector (río Tornagaleones) está en relación con las actividades que se dan en el río o bien con el océano. Siendo la principal actividad de este sector la pesca artesanal. Si bien existen otras actividades, tal como el turismo y la acuicultura, esta es la que reúne la mayor mano de obra del sector.



Figura 3.10. Transporte de madera a través del río Valdivia.



Figura 3.11. Centro de cultivo de salmones en el sector de Tornagaleones.

En la imagen anterior (Figura 3.11) se observa un centro de cultivos que se encuentra en el sector del Río Tornagaleones, este centro de cultivo contrata mano de obra del sector.

La actividad de explotación del salmón ha permitido que exista una buena infraestructura caminera, y dotación de servicios como la electricidad.

En este sector, enmarcado en el "Plan Maestro de Desarrollo Turístico Región de los Lagos", una oportunidad que se vislumbra para desarrollar la economía del sector es la construcción de un hotel de categoría 4-5 estrellas en el sector del Río Tornagaleones - Futa, junto con la instalación de un acuario, centro de investigación marina con juegos recreativos acuáticos de un centro de educación costera. Es por lo anterior, que se deberá aplicar una inversión para mejorar la dotación de servicios básicos y servicios en general.

#### **d. Maullín**

Es una comuna que posee una población de 17.185 habitantes, de la cual el 65% es rural y que administrativamente pertenece a la provincia de Puerto Montt. Comprende el área de la desembocadura del río Maullín. A través de este curso fluvial, el lago Llanquihue, segundo lago más grande de Chile, desagua hacia el océano Pacífico.



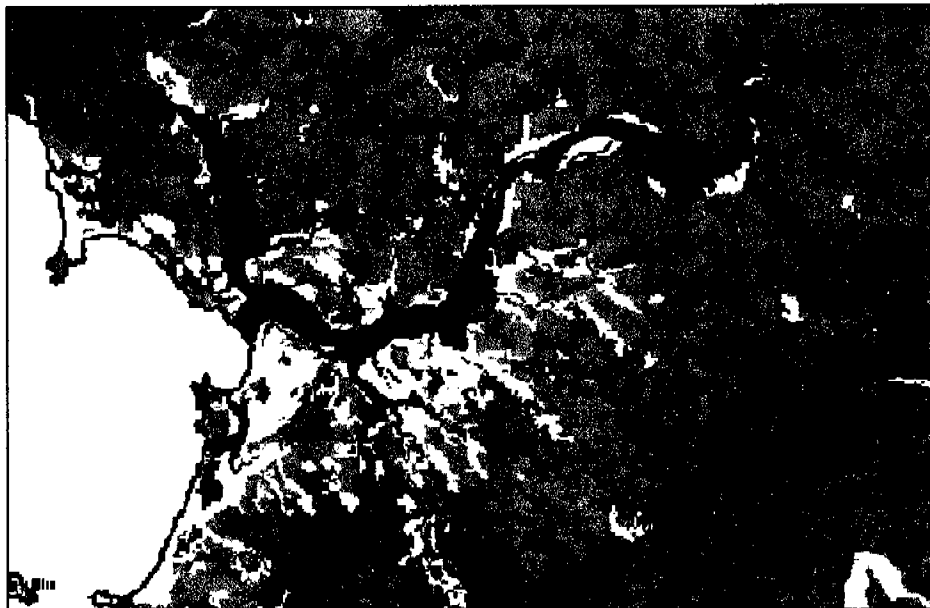


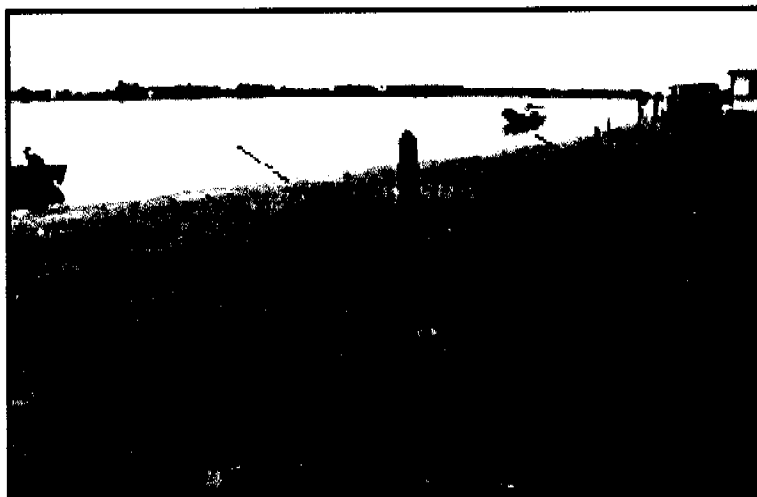
Figura 3.12. Río Maullín y sector de estudio.

En la imagen anterior (Figura 3.12) se observa el río Maullín, señalándose en la misma imagen el sector de estudio. Se puede apreciar la inexistencia de un núcleo urbano, dado que el análisis ráster no lo representa.

Las actividades económicas más representativas son la pesca, la agricultura y la prestación de servicios. La actividad pesquera es la más importante y reúne al 36,3% de fuerza laboral.

Las condiciones naturales de Maullín, han originado que la pesca se desarrolle principalmente en torno al río Maullín, donde los recursos hidrobiológicos explotados son principalmente moluscos, crustáceos y peces. Sin embargo, existe un número de pescadores dueños de parcelas de algas, los que cultivan pelillo. Esta actividad ha generado que ciertas caletas y lugares se hayan establecido como sitios de desembarque; entre estos sitios se encuentran Maullín y La Pasada.

### **Sector La Pasada**

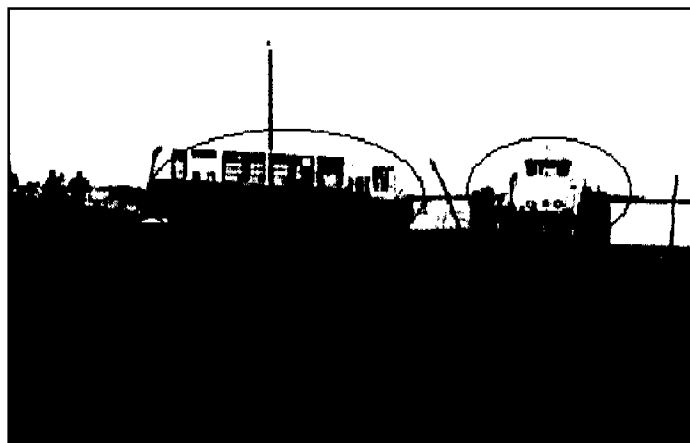


**Figura 3.13. Sector La Pasada.**

En la imagen anterior (Figura 3.13) se observa el pelillo como se dispone una vez extraído a orilla de playa. La fotografía fue obtenida en el sector de La Pasada en la localidad de Maullín.

El sector de La Pasada está formado por arenas de origen fluvial, donde se aprecia la cantidad de material orgánico producto del aporte de la sedimentación llevada por la erosión de otros sectores.

Este sector posee un clima similar al de Puerto Montt, el que se caracteriza por ser lluvioso y frío, con precipitaciones a lo largo del año, pero con la excepción que en este sector los vientos del sureste soplan sin obstáculos, lo que origina que su frecuencia e intensidad sea mayor.



**Figura 3.14. Medios de transportes en Maullín.**

En la Figura 3.47 se destaca el principal medio de locomoción terrestre, un vehículo de locomoción pública utilizada por la población de La Pasada que se dirige a Los Muermos y desde allí a Puerto Montt. Así también se indica un transbordador, que es el principal medio para cruzar personas y vehículos a través del río Maullín, entre las localidades de Maullín y La Pasada.

El borde costero en este sector es usado principalmente para vivienda, casas que en su mayoría poseen animales (gallinas, cerdos, caballos) y que son usados para la subsistencia. En ciertos sectores de la costa se encuentran explotaciones forestales con plantaciones de pino, así como también se encuentran sectores destinados al secado de pelillo. La falta de recursos internos como externos ha hecho que el borde costa en el sector de Maullín se encuentre subexplotado. El cultivo y recolección de pelillo constituye la principal actividad económica del sector y es la que se relaciona directamente con el uso del borde costero.

### 3.3. Diseño de muestreo

#### 3.3.1. Objetivos

La disposición espacial de los puntos de muestreo, que se describe más adelante, se estableció en función de tres objetivos específicos que a continuación se señalan:

- establecer qué variables ambientales de las previamente seleccionadas evidencian con mayor claridad los efectos de las actividades de acuicultura sobre el ambiente acuático
- determinar en base a los valores de respuesta de estas variables ambientales, qué matriz ambiental revela de manera más clara los efectos de la acuicultura sobre el entorno
- precisar la extensión espacial de los efectos de la acuicultura sobre el entorno acuático, en base a los valores de respuesta de las variables preseleccionadas

#### 3.3.2. Criterios

Para establecer el diseño de muestreo que se aplicó en terreno, previamente se consideró un conjunto de criterios sobre los cuales *a posteriori* se organizó el arreglo espacial definitivo de las estaciones de muestreo y las matrices ambientales que deberían ser caracterizadas. Los criterios analizados se encuentran estrechamente relacionados con el número y tipo de estaciones necesarias de incluir en el diseño, relación de distancias entre las mismas y disposición espacial de los puntos de muestreo en la relación con la fuente potencial generadora de los efectos sobre el ambiente acuático.

##### a. Estaciones

Los antecedentes disponibles sobre la cobertura espacial que alcanzan los residuos generados por las actividades de cultivo de recursos hidrobiológicos y que generan efectos perceptibles sobre el ambiente acuático, se han restringido principalmente a analizar las modificaciones que experimenta la composición específica y estructura comunitaria de la macrofauna que habita los fondos blandos, debido a su estrecha relación con la matriz sedimentaria la cual refleja más claramente dichos efectos.

Investigadores como Aure *et al.* (1988), Weston and Gowen (1988) y Lumb (1989) han señalado que para pisciculturas de tamaño pequeño a moderado, se pueden apreciar cambios en la estructura comunitaria a distancias de 15 a 50 m desde el perímetro de las instalaciones, mientras que a mayores distancias los efectos son débiles. Así también, Brown *et al.* (1987) indicó la presencia de especies oportunistas asociadas con sectores de enriquecimiento orgánico a distancias de 15 m de las instalaciones de cultivo, aunque a 120 m de las mismas ya se aprecian condiciones consideradas como no perturbadas. En salmoniculturas de mayor envergadura con producciones anuales cercanas a las 600 ton, los efectos más dramáticos se extiende hasta 45 a 90 m del centro de cultivo; fuera de este tramo y hasta los 150 m de distancia se aprecian sutiles cambios en la estructura comunitaria (Weston, 1990). Por otra parte, distintos autores han señalado que si bien los efectos generados de un solo centro de cultivo podrían ser localizados, se debe reconocer que las comunidades bentónicas que habitan en grandes bahías puede ser alterada si amplios sectores del cuerpo de agua son utilizados para actividades de acuicultura (Arawaka, 1971; Tenore *et al.*, 1982; O'Connor *et al.*, 1989).

En base a lo anterior, se considera los siguientes criterios para ubicar las estaciones de muestreo en función de niveles de enriquecimiento orgánico, de niveles de producción, características hidrodinámicas y profundidad de los fondos.

#### Niveles de enriquecimiento orgánico

Considerando el gradiente ambiental que se genera en zonas afectadas por enriquecimiento orgánico (Pearson and Rosenberg, 1978), se tipificaron tres tipos de niveles según la distancia a las instalaciones:

**Altamente expuesto.** Corresponde al sector ubicado muy próximo a las instalaciones de cultivos (*i.e.* balsas-jaula, parrillas con cuelgas, entre otras) o a descargas procedentes de pisciculturas. Generalmente, esta mayor exposición se refleja en altos niveles de sustancias generadas desde las instalaciones y que son detectables en las matrices ambientales. La alteración de las condiciones físicas y químicas del ambiente implican desequilibrios importantes en la estructura comunitaria de la macroinfauna, que en situaciones de fuerte carga orgánica pueden generar la defaunación de los fondos sublitorales situados inmediatamente alrededor de las instalaciones.

**Moderadamente expuesto.** Este sector se encuentra a una mayor distancia de la fuente contaminante y refleja condiciones intermedias que se manifiestan en menores contenidos de sustancias contaminantes tanto en las aguas como en los sedimentos, como así también en un mejoramiento de los índices de composición y estructura de la macroinfauna.

**Baja exposición.** La incidencia de procesos advectivos y de dilución que abaten los niveles de sustancias contaminantes a medida que aumenta la distancia a las fuentes que la generan, se traduce en la aparición de sectores que reflejan más bien la variabilidad natural del ecosistema. Así también, el componente biótico del sistema manifiesta una condición más saludable.

### Profundidad

La profundidad es otro factor importante que condiciona la magnitud de los efectos de las descargas difusas procedentes de los centros de cultivo sobre los fondos acuáticos. De allí que, este variable se operacionalice de la siguiente manera.

**Fondos someros.** Corresponde a aquellos sectores acuáticos en donde las profundidades de los fondos marinos o lacustres no superen el veril de los 50 m. Se espera que en sectores de baja dinámica, los efectos de enriquecimiento orgánico sobre estos fondos someros sean claramente evidentes.

**Fondos profundos.** Aquellos sitios con profundidades mayores a los 50 m se considerará para efectos de este diseño de monitoreo como fondos profundos. Dadas las condiciones batimétricas de estos sectores, es posible que los efectos de enriquecimiento sobre este tipo de fondos sean de baja magnitud o prácticamente no sean detectables.

### Niveles de producción

Si bien la densidad de centros de cultivo en un área determinada es un factor relevante que se asocia con los potenciales efectos sobre el ambiente acuático, también podría ocurrir que dentro de un cuerpo de agua el número de centros fuese bajo, aunque con niveles de producción suficientemente altos como para

generar efectos adversos sobre el ecosistema, similares a los que se producen en sectores que soportan una mayor densidad de infraestructura acuícola.

Independientemente del tipo de especie cultivada y de la etapa de desarrollo de los organismos, en principio se ha clasificado los centros de cultivo en cuatro categorías según los volúmenes de producción anual. La base de datos facilitada por el SERNAPESCA ha servido de base para elaborar la siguiente escala de clasificación.

**Centros de bajo nivel de producción.** En esta categoría se agrupa la mayor cantidad de centros de cultivo. Dentro de este grupo se considera aquellos centros con una producción anual < 500 ton.

**Centros de moderado nivel de producción.** En este segundo grupo de clasificación se incluye toda aquella infraestructura acuícola que genera de 500 a 1.000 ton de producción anual.

**Centros de alto nivel de producción.** Bajo esta agrupación se incluye cerca de un centenar de centros de cultivo. Esta clase incorpora aquellos centros con niveles de producción sobre 1.000 ton a 3.000 ton.

**Centros de elevado nivel de producción.** El número de centros en esta categoría no supera la veintena para el área considerada dentro del Proyecto. Para ser incluido en esta clase, el nivel de producción debe ser superior a las 3.000 ton anuales.

Si bien, en principio podría haberse realizado una división en base a principales tipos de recursos hidrobiológicos cultivados (peces, moluscos y algas), en esta etapa del proyecto se piensa que no están aún disponibles los antecedentes necesarios que permitirían diferenciar impactos generados por uno u otro tipo de cultivos, sobre todo en cuerpos de agua que cobijan distintos tipos de éstos.

Por otra parte, los mayores volúmenes de producción acuícola provienen de la industria salmonera, de allí que es esperable que los impactos potenciales de mayor magnitud se originen de este sector productivo.

### Hidrodinámica

Este factor también tiene una alta incidencia sobre la magnitud de los potenciales efectos que podrían esperarse en determinados sectores del cuerpo de agua. En aquellos lugares con altas tasas de recambio de agua o con alta energía, probablemente debieran verse aminorados los efectos derivados de la pérdida alimento hacia la columna de agua y de la eliminación de material fecal, que junto con el primero, ulteriormente precipitan hacia el fondo marino o a la cubeta lacustre. En caso contrario, los efectos debieran ser más obvios, evidenciándose en los resultados de los análisis efectuados.

Actualmente, no se dispone de mayores antecedentes publicados en la literatura nacional o extranjera sobre esta temática, debido a que la región de los canales australes chilenos, comprendida de Puerto Montt al sur, sólo éste último tiempo ha sido objeto de estudios de investigación y campañas oceanográficas de mayor cobertura espacial, aunque no con la escala deseable para responder esta problemática. Entre éstas cabe destacar los resultados que se han obtenido de campañas de investigación científica como el crucero Aysén (Sievers y Prado, 1994), el crucero a los Fiordos de Campos de Hielo Sur (CONA, 1996), los cruceros IPO I, II y III (Bastén y Clement, 1999) y los cruceros Cimar Fiordo I y II, cuyos resultados han generado varias publicaciones (Pinochet y Salinas, 1996; Silva *et al.*, 1997; Avaria *et al.*, 1997; Silva *et al.*, 1998; Ahumada y Contreras, 1999; Avaria *et al.*, 1999). Así también, existen algunas revisiones sobre aspectos oceanográficos que recopilan y analizan los resultados de campañas oceanográficas menos recientes (Silva *et al.*, 1995), o estudios oceanográficos asociados con las actividades de acuicultura (Clement *et al.*, 1988).

En principio, se tratará de reconocer en el cuerpo de agua sectores que manifiesten en forma evidente distintos tipos de gradientes de energía. Una primera aproximación, buscará diferenciar sectores con alta y baja hidrodinámica.

**Sectores con alta hidrodinámica.** Estos sectores deberían estar caracterizados por la presencia de fuertes corrientes, o alta energía de oleaje o una alta de renovación de las aguas por efecto mareal. Cabe señalar que en la zona sur del territorio nacional, las mareas son uno de los principales agentes forzantes de la dinámica en los cuerpos de agua marinos costeros. En sectores someros, es probable que las corrientes de marea ejerzan un efecto importante en la resuspensión de materiales del fondo y en su transferencia hacia la columna de agua. En lagos extensos, el viento es un agente gravitante en la



generación de corrientes superficiales, las cuales a su vez distribuyen las sustancias disueltas y particuladas en toda la cubeta; dependiendo del caudal, la presencia de afluentes que desembocan en los lagos, también es otro factor que tiene gran influencia en la hidrodinámica y en la estructura física y química de este tipo de ambientes acuáticos.

**Sectores con baja hidrodinámica.** Bajo este tipo de condición, los sectores de muestreo deberían exhibir períodos de calma durante la mayor parte del año. En profundidad, se caracterizarían por la estratificación de sus aguas, mientras que en el campo horizontal el transporte de masas de agua y geoquímico sería mínimo, ya que los procesos advectivos y difusivos serían de baja magnitud. Estos sectores se encontrarían en lugares cerrados o semicerrados, no expuestos a la acción directa del oleaje, vientos o corrientes fuertes.

#### **b. Matrices ambientales**

Las aguas son la primera matriz ambiental en acusar los efectos originados de las actividades de acuicultura, ya que se encuentran en contacto directo con la biomasa cultivada, con las estructuras que la sustentan y con los residuos que se generan durante el ciclo de vida de los ejemplares cultivados. Todas aquellas sustancias transferidas por intermedio del hombre a la biomasa del cultivo, para su crecimiento y desarrollo, que no son incorporadas o asimiladas por los ejemplares pasan directamente a la columna de agua, ya sea en fase disuelta o particulada, y quedan expuestas a procesos de dilución, dispersión, advección o precipitación. De allí que la columna de agua esté incorporada al programa de muestreo.

Sin embargo, cabe señalar que por su misma naturaleza fluida es un medio altamente dinámico, en donde la distribución de las sustancias en esta matriz es altamente variable en el espacio y en el tiempo, a diferencia de otras sustancias que forman parte de su composición intrínseca y que son de naturaleza conservativa. La presencia de procesos en la columna de agua como los señalados anteriormente, puede reflejarse en la mayoría de los casos en la carencia de un patrón claro y conspicuo en la distribución de los contaminantes, tanto en el campo horizontal como vertical, ya que en la matriz acuosa interactúan simultáneamente procesos naturales en distintas escalas de tiempo.

Los sedimentos corresponden a las partículas depositadas en los fondos que mantienen un movimiento relativo entre sí. Desde un punto de vista ecológico, constituyen un importante hábitat para muchos

organismos acuáticos (bentos, organismos demersales, etc.) y operan como un componente fundamental del ecosistema, siendo una parte integral del ambiente acuático ya que proveen hábitat, alimentación, sitios de desove y áreas de crianza para muchos organismos acuáticos.

La matriz sedimentaria actúa simultáneamente como un reservorio que captura y libera sustancias, desde y hacia la columna de agua, respectivamente. En el medio ambiente acuático, muchos de los residuos químicos de origen antrópico no se degradan fácilmente y se acumulan en los sedimentos. En consecuencia, varias sustancias encontradas sólo a niveles escasamente detectables en la columna de agua (partes por billón o ppb), pueden acumularse en los sedimentos y alcanzar concentraciones niveles mucho mayores (partes por millón o ppm).

Como se señaló, los sedimentos también pueden funcionar como una fuente que libera contaminantes hacia el medio acuoso. Algunos mecanismos de retorno al agua incluyen el consumo de sedimentos por organismos detritívoros (depositívoros) y la resuspensión de materiales finos asociados a procesos turbulentos naturales o antropogénicos.

Los contaminantes presentes en el sedimento (además de los que se encuentran en la columna de agua) afectan los ciclos de vida de los organismos que habitan estos fondos (macroinfauna), muchos de los cuales constituyen importantes bancos de recursos hidrobiológicos, como así también a los organismos que se alimentan de ellos e indirectamente a la salud humana, especialmente por fenómenos de bioacumulación y biomagnificación a través de la trama trófica, que puede llevar al eventual consumo de organismos con niveles tisulares de sustancias nocivas perjudiciales para la salud humana.

En la Tabla 3.15 se asocian los grupos de especies hidrobiológicas cultivadas, con el respectivo ambiente acuático (marino o dulceacuícola) en que éstos se cultivan y con la o las matrices que reflejarían más claramente los impactos que estas actividades generan sobre el medio acuático.

**Tabla 3.15. Relación existente entre el tipo de recurso hidrobiológico cultivado y la matriz ambiental que manifiesta potenciales efectos perceptibles.**

| Ambiente      | Peces      | Moluscos   | Algas      |
|---------------|------------|------------|------------|
| Marino        | Agua       | Agua       | Sedimentos |
|               | Sedimentos | Sedimentos | Biota      |
|               | Biota      | Biota      |            |
| Dulceacuicola | Agua       |            |            |
|               | Sedimentos |            |            |

En base al cruzamiento de esta información, se puede señalar en principio que tanto las aguas, sedimentos y biota podrían responder frente a los efectos generados por las actividades o residuos provenientes de las actividades de acuicultura.

### 3.3.3. Estructura del diseño de muestreo

El análisis de la información bibliográfica recopilada y disponible hasta ahora, permite establecer que las actividades de acuicultura desarrolladas en cuerpos de agua marinos y dulceacuícolas genera efectos perceptibles y cuantificables sobre los ecosistemas acuáticos. Los principales efectos sobre la condición ambiental del medio acuático se pueden resumir en los siguientes:

- Enriquecimiento orgánico de la columna de agua y de los sedimentos
- Disminución de los niveles de oxígeno disuelto (hipoxia)
- Alteración de la composición y estructura de las comunidades faunísticas
- Alteración de las comunidades microbiológicas y de los procesos asociados en los sedimentos

Si bien existe un extenso número de parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos que se manifiestan frente a los efectos que generan las actividades de acuicultura en el medio acuático, el tipo de respuesta es distinto y no siempre diferenciable de la variabilidad natural del ambiente. Por otra parte, la magnitud de respuesta de algunos parámetros puede ser conspicua por lo que no requiere una gran infraestructura técnica para su medición, mientras que en otros casos los requerimientos instrumentales y analíticos son demasiado elevados como para su empleo rutinario en un programa de monitoreo.

Además del comportamiento de los parámetros en el espacio y en el tiempo, la disponibilidad de recursos humanos y materiales son factores gravitantes en la viabilidad de un programa de vigilancia ambiental. En un país en vías de desarrollo como el nuestro, las restricciones económicas siempre pesan sobre el diseño de un programa de esta naturaleza, lo que obliga a dimensionarlo en base a una concepción realista, flexible y eficiente.

Realista, en términos que no existen recursos ilimitados como para incluir todos los parámetros que se quisiera, ni tampoco aún el desarrollo tecnológico en el país acorde con las necesidades requeridas para un programa ambiental de estas características. Por otra parte, el recurso humano requiere preparación, de manera que las actividades de muestreo, de cuantificación analítica, de procesamiento e interpretación de la información sean realizadas por personas idóneas y con formación profesional en sus respectivos campos de acción.

Flexible, en el sentido que a medida que se generan mayores recursos (o estos disminuyan) y se incorporan innovaciones tecnológicas a este campo, la estructura del programa sea lo suficientemente adaptable como para incorporar estos cambios, sin que ello signifique una alteración en la calidad de los datos, sino más bien una mantención o mejoramiento en términos de su precisión, exactitud, sensibilidad y comparabilidad.

La eficiencia del programa apunta a que con el menor esfuerzo aplicado se maximice la calidad de la información que se genera. El menor esfuerzo se refleja en que en la medida que se reduzcan los costos asociados y se simplifique la plataforma logística, técnica y analítica, ello no signifique un deterioro en la credibilidad de los resultados, sino más bien que la información generada sea adecuada, comprensible y que oriente a la autoridad competente a tomar decisiones acertadas en materia ambiental sobre el desarrollo de este tipo de actividades.

En vista de lo señalado anteriormente, el equipo de trabajo diseñó para esta fase del proyecto (pre-diseño) en un programa de muestreo piloto en base a la ejecución de dos campañas de muestreo, para cubrir distintos tipos de ambientes acuáticos que sustenten diferentes modalidades de cultivo de recursos hidrobiológicos.

La primera de ellas fue efectuada en diciembre del 2000, período que coincide con un máximo en las actividades de cosecha en los centros de cultivo; mientras que, la ejecución de la segunda campaña fue realizada en abril del 2001. De acuerdo con el diseño, se preseleccionó cuerpos de agua con distintas características mencionadas anteriormente en cuanto a tipo de ambiente, tipo de cultivos instalados e hidrodinámica. En la Tabla 3.16. se indica los cuerpos de agua en donde se aplicó el diseño de muestreo y las características que presentarían los centros de cultivo.

**Tabla 3.16. Condiciones ambientales esperables en los centros de cultivo en donde se aplicó el diseño de muestreo en función de los criterios establecidos.**

| Cuerpo de agua | Cultivo predominante        | Nivel de enriquecimiento orgánico |   |   | Profundidad |       | Nivel de producción |   |   |   | Hidrodinámica |      |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|---|-------------|-------|---------------------|---|---|---|---------------|------|
|                |                             | B                                 | M | A | < 50 m      | >50 m | B                   | M | A | E | ALTA          | BAJA |
| Calbuco        | Mitilidos                   |                                   |   |   | •           |       |                     | • |   |   |               | •    |
| Castro         | Mitilidos-salmones          |                                   |   |   | •           |       |                     | • |   |   | •             |      |
| Mullin         | Algas ( <i>Gracilaria</i> ) |                                   |   |   | •           |       | •                   |   |   |   | •             |      |
| Valdivia       | Salmones                    |                                   |   |   | •           |       |                     |   | • |   | •             |      |

B: bajo, M: moderado; A: alto, E: elevado

#### a. Esquema fijo

El esquema fijo corresponde a un patrón espacial similar de los puntos de muestreo en los distintos cuerpos de agua, suponiendo que sin importar el tipo de ambiente acuático (marino o dulceacuícola) los efectos de las actividades de acuicultura se traducirían en la presencia de una gradiente decreciente desde el centro de cultivo hacia fuera del mismo, de manera similar a la tendencia ideal de un parámetro que se muestra en la Figura 3.15.

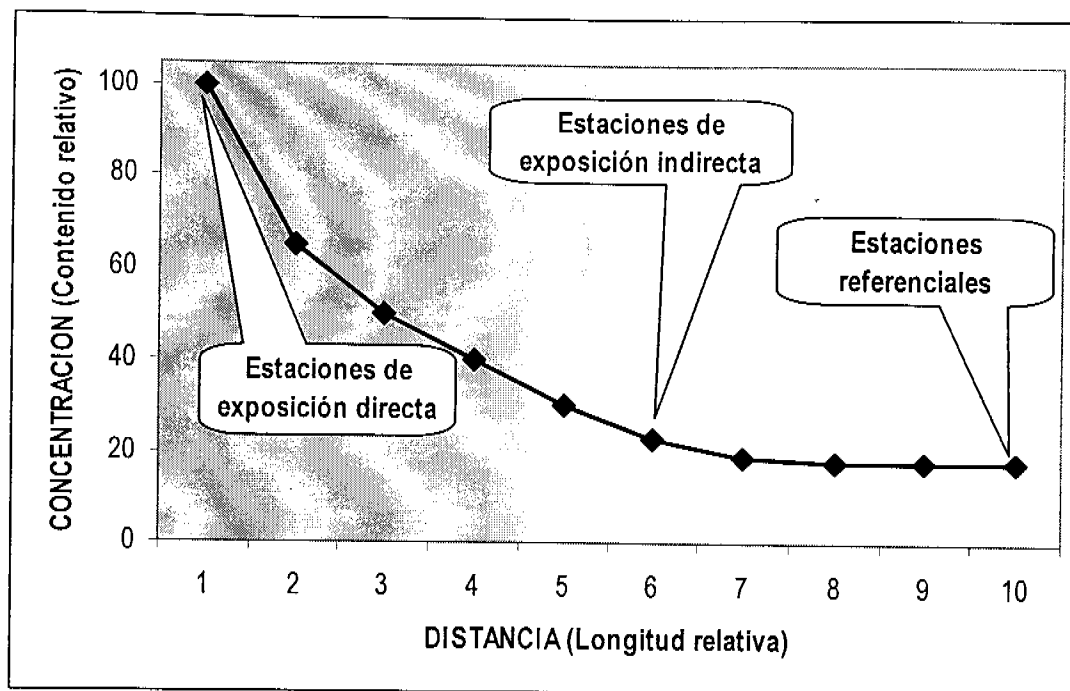


Figura 3.15. Distribución espacial esperada de un contaminante a lo largo de una gradiente orgánica

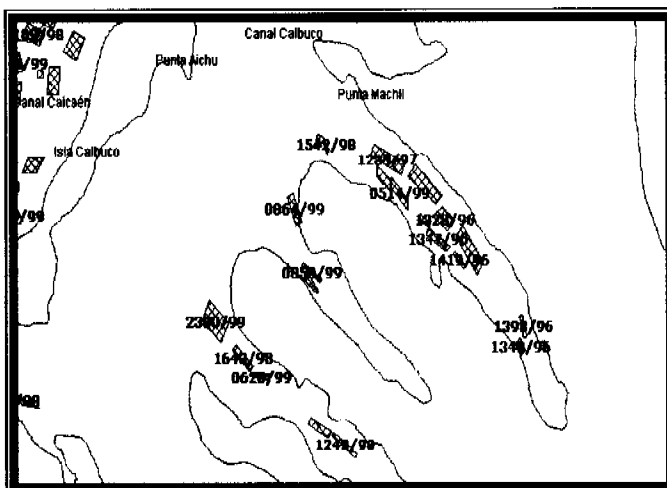
La ocurrencia de esta gradiente se vería reflejada en las características físicas y químicas de la columna de agua y sedimentos, como así también en la composición y estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica de fondos blandos. El origen de esta gradiente estaría asociado con el ingreso de residuos a la columna de agua vía alimentos no consumidos, biodeposiciones y restos orgánicos de los ejemplares cultivados. Desde esta perspectiva, se pueden diferenciar tres tipos de estaciones según su ubicación en la gradiente orgánica:

**Estaciones de exposición directa.** Corresponden a aquellas localizadas en sectores muy próximos a instalaciones de cultivos (*i.e.* balsas-jaula, parrillas con cuelgas, entre otras) o a descargas procedentes de pisciculturas. Su ubicación no debiera distanciarse más allá de un radio de 20 m de las instalaciones acuícolas.

**Estaciones de exposición indirecta.** Este tipo de estaciones se localizan en sectores donde las acciones de procesos de dispersión, difusivos o advectivos reducen el efecto de los desechos procedentes de las actividades de cultivo sobre la columna de agua y los sedimentos. De este modo, este tipo de estaciones se posicionan en un tramo de 20 a 100 m de distancia de las instalaciones.

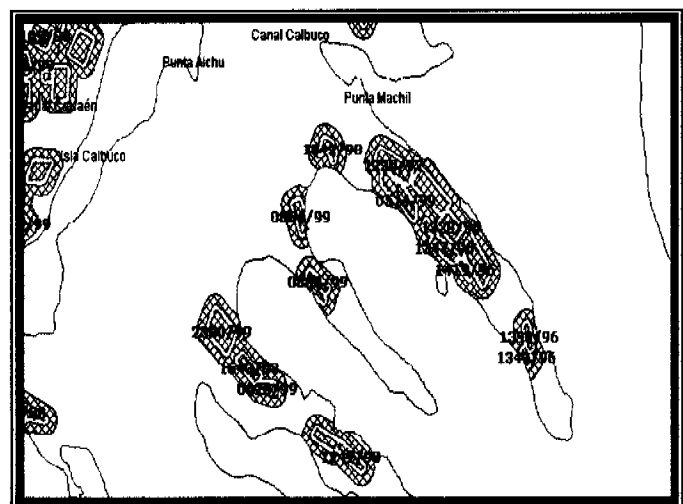
**Estaciones referenciales.** La ubicación de estas estaciones no es un proceso simple, ya que se debe conjugar distintos factores que hagan posible *a posteriori* establecer qué cambios detectados en las estaciones de exposición directa e indirecta se asociarían con las actividades de cultivo, no así con la variabilidad natural del sistema cuyo punto de contraste se desprende de las condiciones observadas en la estación de referencia. Los problemas pueden surgir cuando las condiciones espaciales son muy heterogéneas, situación que a veces ocurre en los fondos sedimentarios ya que se presentan distintas granulometrías en cortas distancias. En este caso, es recomendable establecer un número mayor de estaciones referenciales, a fin de averiguar cual es la variabilidad natural del sistema. En todo caso, la o las estaciones referenciales se posicionaron a distancias mayores a los 100 m de distancia de las instalaciones en sectores considerados libres de éste u otro tipo de impacto.

Para establecer la ubicación de las estaciones a lo largo del gradiente se siguió estableció el siguiente procedimiento:

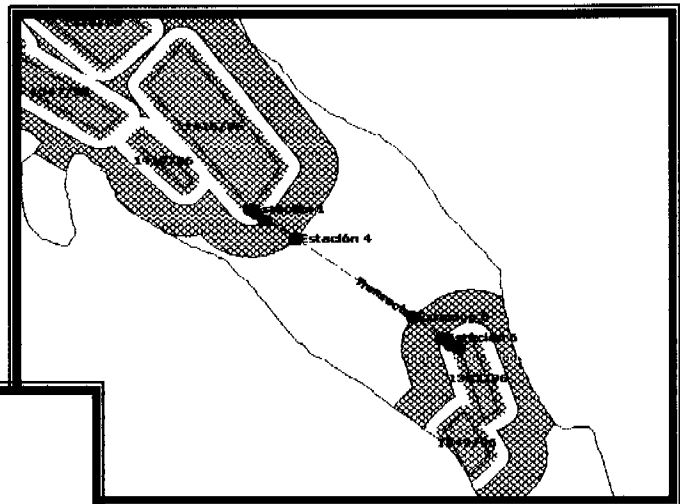
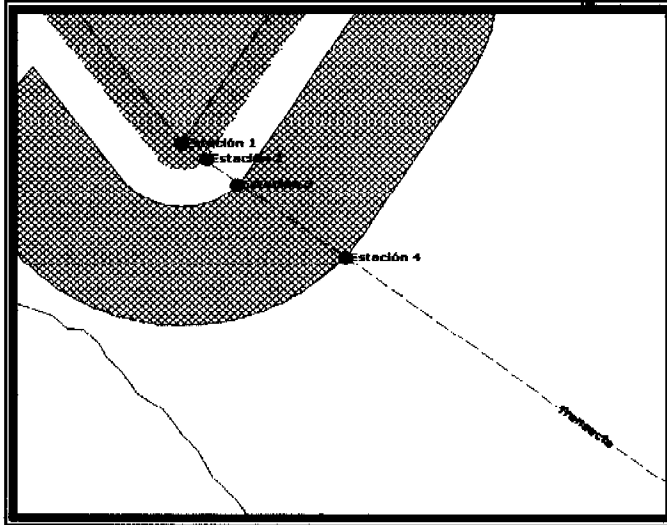


1º Se localizó y georreferenció las concesiones de acuicultura en la zona de muestreo.

2º Se representó mediante bandas las áreas de influencia (directa e indirecta) alrededor de las concesiones que amparan centros de cultivos. La distancia de estas bandas fueron establecidas en base a información bibliográfica, es decir, la influencia de los centros sobre la columna de agua, sedimentos y biota está en el orden de centenas de metros.



3° Sobre estas bandas se ubicó a intervalos de determinados los puntos de muestreo (estaciones).



4° El diseño de muestreo queda establecido en base a transectas, con estaciones dispuestas a a distancias cada vez mayores del centro de cultivo, de modo de cubrir distancias condiciones a lo largo de la gradiente orgánica.

El origen de la transecta comienza en un punto cercano (< 5 m) a un tren de balsas jaulas (para el caso del cultivo de especies salmonídeas), a un tren de cuelgas de moluscos bivalvos o a una parcela de cultivo de *Gracilaria*. Dado que en estudios realizados por distintos investigadores (cuyos antecedentes se encuentran señalados en el primer informe de avance), los resultados apuntan que esta gradiente no se extiende más allá de una escala de cientos de metros, dependiendo del tipo de cultivo, dinámica de las aguas y biomasa cultivada, entre otros factores, la extensión de las transectas establecida para la aplicación del diseño de muestreo fue de 140 m de longitud.

A intervalos fijos en cada transecta se fijó estaciones de muestreo para la obtención de muestras en la columna de agua, sedimentos y macroinfauna bentónica. La distancia de las estaciones a lo largo de la transecta fue la siguiente:



| Estación | Distancia (m) |
|----------|---------------|
| A        | 0             |
| B        | 40            |
| C        | 70            |
| D        | 140           |

De acuerdo a lo señalado, la estación "A" corresponde al sitio de muestreo más cercano a la estructura de cultivo flotante, mientras que la estación "D" a la más distante. Sin embargo, en algunos casos este esquema experimenta cierta variación, debido a que la transecta está ubicada entre dos estructuras flotantes de cultivo. Por lo tanto, bajo esta condición la gradiente orgánica debiera reflejarse en una tendencia distinta en el patrón de distribución del parámetro analizado.

Con esta configuración espacial de las estaciones sobre la transecta, se busca establecer zonas sometidas a diferentes grado de enriquecimiento orgánico. De este modo, *a priori* se propone la existencia de tres sectores o ambientes distintos a lo largo de esta gradiente: "sector de influencia directa", "sector de influencia indirecta" y "sector libre de influencia".

Debido a que el sector de influencia directa se encuentra sujeto a los efectos directos de los aportes orgánicos, la columna de agua y sedimentos deberían exhibir altos contenidos en la mayoría de los parámetros físicos y químicos; mientras que las comunidades macrofaunísticas de fondos blandos presentarían una baja composición específica y una estructura comunitaria simple dominada por unas pocas especies. En caso que el enriquecimiento orgánico de la matriz sedimentaria sea demasiado alto y se generen condiciones anóxicas asociadas con fondos reductores, es muy probable que la existencia de biota se restrinja sólo a la existencia microorganismos capaces de tolerar este tipo de ambiente extremo.

En el sector de influencia indirecta el efecto de la carga orgánica sobre la condición ambiental tendría una intensidad menor, debido a la mayor distancia existente con respecto al foco que genera el ingreso de material orgánico al sistema acuático. Procesos de dispersión y dilución que afectan a la columna de agua permitirían disminuir los contenidos de los parámetros, reflejándose en un mejoramiento de las condiciones ambientales. Así también, se vería disminuido el aporte de la carga orgánica a los sedimentos, por lo que los indicadores ambientales para esta matriz también deberían exhibir condiciones levemente mejoradas con respecto al sector de influencia directa. Bajo este escenario de condiciones ambientales más

tolerables, las comunidades macrofaunísticas mostrarían una composición específica más alta y una mayor estructuración a nivel comunitario; en este sector se conjugarían dos tipos de ambientes, por lo que la macrofauna debería evidenciar características intermedias: alta riqueza de especies, alto número de individuos y altos índices ecológicos (diversidad específica y uniformidad).

El sector libre de influencia no se encontraría sujeto a los aportes orgánicos procedentes del centro de cultivo, por lo que los contenidos detectados responderían a una condición natural de sistema, controlada por factores y procesos dependientes de fenómenos de micro y mesoescala. A diferencia del sector de influencia directa, en el sector no influenciado debiera esperarse una composición específica algo menor en comparación al sector de influencia indirecta y la ocurrencia de especies poco tolerantes a contaminación orgánica. Esta condición biótica, debiera estar estrechamente relacionada con los valores en los contenidos de los distintos parámetros ambientales (físicos y químicos), los cuales reflejarían una situación saludable del medio acuático.

De acuerdo con las características de cada tipo de ambiente acuático preseleccionado y considerando los recursos disponibles para cada campaña de muestreo, se estableció un número distinto de transectas para cada cuerpo de agua (Tabla 3.17). Finalmente, considerando que el muestreo se planificó para ser realizado bajo condiciones de mayor radiación solar, la columna de agua durante este período presentaría una condición estratificada, principalmente por efecto térmico que podría ser modificada en cierto grado por las mareas. Bajo este escenario, se diseñó un muestreo en base a dos estratos de profundidad para la obtención de muestras de la columna de agua: superficial y de fondo.

Tabla 3.17. Número de transectas, estaciones y estratos muestreados por cuerpo de agua.

| Cuerpo de agua    | Transectas | Estaciones | Estratos |
|-------------------|------------|------------|----------|
| Calbuco           | 3          | 12         | 2        |
| Castro            | 2          | 8          | 2        |
| Mauñín            | 2          | 8          | 2        |
| Río Tornagaleones | 2          | 8          | 2        |
| Total             | 9          | 36         | --       |

Fuente: Elaboración propia

### **b. Diseño de esquema variable**

Es en este punto en donde se incorpora, el esquema variable al diseño de muestreo. Según antecedentes bibliográficos, algunos parámetros responden mejor en un tipo de ambiente que otro (*i.e.* mejores indicadores), mientras que, otros indicadores debido al escaso conocimiento que se dispone o a la baja expresión biológica que exhiben en determinados tipos de ecosistemas, en el estado actual de las investigaciones científicas aún no es aconsejable utilizarlos como indicadores de los efectos del cultivo de recursos hidrobiológicos (por ejemplo, la macrofauna que habita cuerpos de agua dulce).

Idealmente, el diseño podría incorporar una selección de parámetros que estuvieran asociados al tipo de recurso hidrobiológico cultivado (algas, peces, moluscos, entre otros). Sin embargo, y según la base de datos proporcionada por SERNAPESCA (2000), la existencia de cultivos de un único tipo de recurso para un cuerpo de agua es más bien la excepción que la generalidad en la zona de cobertura del proyecto. Desde la Séptima a Décimo Segunda Región, en la mayoría de los cuerpos de agua se conjuga la existencia simultánea de centros de cultivo destinados a amparar dos o más tipos de recursos hidrobiológicos distintos. Desde esta perspectiva, resulta más conveniente preseleccionar parámetros que evidencien los efectos sobre las matrices ambientales en distintos tipos de ambientes acuáticos.

Como se verá mas adelante, cuando se confronte los resultados generados de la aplicación del diseño de muestreo y la información bibliográfica disponible sobre los efectos de la acuicultura, se propondrán dentro del diseño de monitoreo parámetros específicos según los efectos de las actividades de acuicultura sobre el ambiente acuático y los indicadores ambientales disponibles.

### 3.4. Elaboración del Premanual de Muestreo

Como requisito para aplicar el diseño de muestreo en los cuerpos de agua preseleccionados, fue necesario elaborar un documento que describiera en detalle las técnicas y procedimientos que se realizarían en terreno.

La estructura y diagramación de este manual preliminar fue sido realizada recopilando y detallando cada uno de los procedimientos operativos y técnicos, que permitieran al muestreador, que cuenta con los conocimientos mínimos sobre técnicas de muestreo, aplicar los protocolos descritos en el documento a fin de asegurar una rigurosa ejecución de las mediciones de terreno, de la recolección y preservación de las muestras obtenidas de las distintas matrices ambientales. De este modo, el objetivo fue estandarizar las técnicas y procedimientos en las distintas etapas que se recorren hasta obtener los resultados que servirán de base para el análisis e interpretación de los datos.

En la estructuración de este premanual, se ha considerado al menos los siguientes aspectos:

- formación técnica básica de la persona que actuará como muestreador
- claridad en los procedimientos descritos, tanto de terreno como de laboratorio
- disponibilidad de equipos e instrumentos a nivel nacional
- existencia de técnicas analíticas implementadas actualmente en laboratorios nacionales que realicen cuantificaciones de analitos de relevancia ambiental
- costos de los recursos materiales necesarios involucrados

Como consecuencia de la ejecución de las campañas de muestreo y de la selección final de variables ambientales, se introdujeron modificaciones durante la ejecución del proyecto, por lo que este documento fue sometido a una completa revisión, de la cual se generó un Manual de Muestreo (Anexo 3).

### **3.5. Ejecución de las campañas de muestreo**

En el presente acápite se describe las actividades realizadas durante la ejecución de las dos campañas de muestreo realizadas en la Décima Región del país. Para la exposición de los resultados, primeramente se indicará los preparativos que se realizaron, luego los procedimientos metodológicos efectuados en terreno y en laboratorio y finalmente los resultados obtenidos por cada campaña (Anexo 2).

#### **3.5.1. Planificación y preparación de las campañas**

Durante la planificación y preparación de la campaña se realizó las siguientes actividades:

##### **a. Planificación de la estadía.**

Previamente a la ejecución de la primera campaña, la Subsecretaría de Pesca a través de su Departamento de Acuicultura efectuó gestiones ante la Autoridad Marítima y Servicio Nacional de Pesca de la Décima Región para informar a los titulares de los centros de cultivo sobre la realización de actividades de muestreo.

##### **Primera Campaña de Muestreo**

Considerando las actividades a desarrollar en terreno se planificó una estadía de 13 días en la zona sur del país (Tabla 3.18). Para la estadía se distinguió días en tránsito para viajar entre localidades y días de muestreo para ejecutar las actividades en terreno. En todos los casos el desplazamiento fue programado por vía terrestre. Se consideró tres días para cada sector de muestreo. El primer día (día 1) destinado a realizar los contactos necesarios para informar a las autoridades competentes sobre nuestras actividades y coordinar el apoyo logístico (embarcación, alojamiento, ubicación de oficinas de transporte, aprovisionamiento de insumos de muestreo). Los dos días siguientes fueron programados para efectuar las actividades de muestreo: día 2 para mediciones, obtención de muestras de agua y despacho de muestras; y día 3 destinado a la recolección de muestras de sedimento y macrofauna bentónica, y su ulterior despacho a laboratorios.

**Tabla 3.18. Planificación de la estadía para la primera campaña de monitoreo**

| Actividad                            | Tiempo estimado (días) |
|--------------------------------------|------------------------|
| En tránsito: Viña del Mar-P. Montt   | 1                      |
| Muestreo en lago Llanquihue          | 3                      |
| En tránsito: Llanquihue-Calbuco      | 1                      |
| Muestreo en estero Chauquiar         | 3                      |
| En tránsito: Calbuco-Castro          | 1                      |
| Muestreo en canal Lemuy              | 3                      |
| En tránsito: P. Montt – Viña del Mar | 1                      |
| Días de muestreo                     | 9                      |
| Días en tránsito                     | 4                      |
| Duración (días)                      | 13                     |

Fuente: Elaboración propia.

De las actividades programadas se concretó actividades de muestreo en el estero Chauquiar y en el canal Lemuy. En comparación con el tiempo planificado para la ejecución de las actividades (3 días), se logró disminuir la estadía a una duración entre un día y medio, y dos días de duración por cuerpo de agua (Tabla 3.19). En este lapso se consiguió una embarcación apropiada para muestreo, apoyo de otro buzo, se obtuvo la visación de la autoridad competente para realizar actividades en el mar y se realizó las mediciones y toma de muestras en los sectores preseleccionados.

**Tabla 3.19. Tiempos realizados en la primera campaña de muestreo**

| Actividad   | Tiempo (días) |
|---|---------------|
| Viaje Viña del Mar-P. Montt   | ~1 (20 horas) |
| Gestiones para acceder al Lago Llanquihue   | 2             |
| Viaje P. Mont-Calbuco, solicitud de autorizaciones, contratación de embarcación, mediciones directas y toma de muestras de agua | 1             |
| Muestreo de sedimentos y macroinfauna sublitoral en estero Chauquiar  | 1             |
| Viaje P. Montt-Castro, solicitud de autorización y arriendo de ambarcación  | 1             |
| Mediciones directas y toma de muestras de agua en Canal Lemuy   | 1             |
| Muestreo de sedimentos y macroinfauna sublitoral en canal Lemuy   | 1             |
| Viaje Castro- P. Montt y nuevas gestiones para ingresar al Lago Llanquihue  | 2             |
| Viaje de regreso en dos etapas: P. Montt a Chillán y Chillán a Viña del Mar   | ~2            |
| Días de muestreo  | 4             |
| Días en tránsito y en otras actividades   | 8             |
| Duración (días)   | 12            |

Fuente: Elaboración propia.

La duración de esta primera campaña se extendió desde el 10 de diciembre del 2000 (salida desde Viña del Mar) hasta el 21 de diciembre del mismo año (regreso a la misma ciudad), es decir tuvo una duración de 12 días. Sin embargo, el tiempo efectivo dedicado a actividades de muestreo fue menor, según se desprende de la Tabla 3.19.

Para esta primera campaña de muestreo, el equipo de trabajo estuvo integrado por 8 personas que fueron seleccionados según las actividades de muestreo a desarrollar en terreno y los tiempos que previamente habían sido asignados para la ejecución del muestreo en cada cuerpo de agua.

### **Segunda Campaña de Muestreo**

Atendiendo a los serios inconvenientes surgidos para acceder a las instalaciones del titular del centro de cultivo ubicado en lago Llanquihue, la selección de los cuerpos de agua en los que se aplicaría el diseño de muestreo para esta segunda campaña se realizó en conjunto con el Departamento de Acuicultura de SUBPESCA. Así también, mediante una carta del Jefe de Gabinete de esta Subsecretaría se informó a las autoridades regionales competentes y a los titulares de los centros de cultivo sobre las actividades a realizar en terreno.

Con objeto de conocer previamente los sectores de muestreo y coordinar con antelación los requerimientos logísticos, parte del equipo de trabajo (3 personas) realizó una visita de reconocimiento a los puntos de interés. El tiempo efectivo de permanencia fue de tres días y durante este lapso se recorrió el estero Reloncaví y Maullín; además, se tomó contacto con algunos titulares de los centros de cultivo.

Esta segunda campaña de muestreo se planificó originalmente para ser desarrollada en un período de 20 días, obedeciendo a un mayor tiempo de permanencia al incorporar nuevamente el lago Llanquihue a la red de cuerpos de agua a muestrear (Tabla 3.20). Sin embargo, ulteriormente se decidió modificar el desplazamiento vía terrestre a Puerto Montt, por el traslado del equipo de trabajo mediante vía aérea. Esta alteración del cronograma original permitió disminuir a 18 días el tiempo de estadía programado. El desplazamiento entre las distintas localidades de la Décima Región se realizó vía terrestre en dos vehículos.

**Tabla 3.20. Planificación de la estadia para la primera campaña de monitoreo**

| Actividad                                   | Tiempo estimado (días) |
|---|------------------------|
| En tránsito: Viña del Mar-P. Montt          | 1                      |
| Muestreo en Lago Llanquihue                 | 3                      |
| En tránsito: P. Montt-Maullín               | 1                      |
| Muestreo en Maullín                         | 3                      |
| En tránsito: P. Montt-Reloncaví             | 1                      |
| Estero Reloncaví                            | 3                      |
| En tránsito: P. Montt Valdivia              | 1                      |
| Muestreo en Valdivia                        | 3                      |
| En tránsito: Valdivia-P. Montt-Viña del Mar | 2                      |
| Días de muestreo                            | 12                     |
| Días en tránsito                            | 6                      |
| Duración (días)                             | 18                     |

Fuente: Elaboración propia.

Durante el período de permanencia (17 al 28 de abril del 2001), de los cuatro cuerpos de agua programados para efectuar actividades de muestreo, sólo en dos de ellos se concretó este objetivo (Valdivia y Maullín). Según los tiempos efectivos señalados en la Tabla 3.21, las actividades de muestreo se redujeron a un día por sector de muestreo.

**Tabla 3.21. Tiempos realizados en la primera campaña de muestreo**

| Actividad   | Tiempo (días) |
|---|---------------|
| Viaje Viña del Mar-P. Montt, solicitud de autorización de muestreo a Capitanía de Puerto y arriendo de embarcación en Maullín                                 | 1             |
| Actividades de muestreo de agua, sedimentos y biota en Maullín  | 1             |
| Despacho de muestras de P. Montt, contacto telefónico con centro de cultivo en río Tornagaleones, viaje P. Montt-Valdivia y arriendo de embarcación en Niebla | 1             |
| Muestreo de agua, sedimentos y macroinfauna sublitoral en río Tornagaleones   | 1             |
| Despacho de muestras y retorno a P. Montt   | 1             |
| Gestiones ante titulares y por intermedio de INTESAL para acceder a centros de cultivo  | 6             |
| Viaje P. Montt-Viña del Mar   | 1             |
| Días de muestreo  | 2             |
| Días en tránsito y en otras actividades   | 10            |
| Duración (días)   | 12            |

Fuente: Elaboración propia.



En esta segunda campaña de muestreo, el equipo de trabajo también estuvo integrado por 8 personas.

El diseño de muestreo propuesto originalmente se mantuvo sin mayores modificaciones con respecto a la primera campaña de monitoreo. El arreglo espacial de las estaciones, los procedimientos de posicionamiento geográfico, de medición de parámetros *in situ*, la recolección de muestras de agua, sedimentos y macroinfauna, y los protocolos analíticos efectuados en laboratorio no fueron modificados en su diseño original.

En reunión de trabajo sostenida con la contraparte técnica del proyecto (24 de enero), uno de sus representantes propuso reemplazar el análisis cuantitativo de antibióticos específicos en sedimentos determinados para la primera campaña (ácido oxolínico, flumequina y oxitetraciclina), por la disponibilidad de este tipo de compuestos en los fondos no consolidados mediante la realización de antibiogramas. Esta recomendación se basó en que los análisis cuantitativos no aportaron antecedentes relevantes (valores bajo el límite de detección) y, además, son comparativamente más caros y requieren de una mayor infraestructura técnica para su determinación.

Esta proposición se discutió con el Prof. Rafael Tamayo, Director del Instituto de Medicina Preventiva Veterinaria de la Universidad Austral de Chile, quien está a cargo del laboratorio en donde remitimos las muestras de sedimentos para análisis microbiológicos en Valdivia. El Prof. Tamayo señaló que aplicar la técnica de antibiogramas a sedimentos, desconociendo qué tipo de microorganismos estaban presentes en las muestras requería un tiempo considerable, sin asegurar que se obtuvieran resultados positivos. De este modo, surgió la posibilidad de detectar la ocurrencia de *Vibrio* spp., un grupo de microorganismos encontrados en sedimentos y que según antecedentes bibliográficos puede ser considerado como un bioindicador asociado con las actividades de cultivo de recursos hidrobiológicos.

#### **b. Coordinación con los laboratorios de análisis**

Otra de las actividades realizadas fue la coordinación con los Jefes de Laboratorio acerca del tipo de muestras a recepcionar y los análisis que son necesarios de efectuar. Además, se verificó los procedimientos de preservación y almacenamiento de las muestras a fin de asegurar su óptima calidad a su ingreso al laboratorio. Dado que la etapa de análisis de las muestras coincidía con gran parte del

período de vacaciones del personal, se previó esta situación y se coordinó con el Jefe de Laboratorio la permanencia de un técnico para asegurar la continuidad en los análisis.

### **c. Chequeo de equipos, instrumentos y fichas**

Con anticipación a la partida, se chequeó el estado de funcionamiento de los equipos y su correspondiente calibración. El chequeo consistió en comprobar el correcto funcionamiento, el buen estado de baterías, la integridad del equipo (apriete de piezas sueltas, lubricación, ausencia de trizaduras, golpes o partes defectuosas). Además, se prepararon carpetas de muestreo por cuerpo de agua con la cantidad suficiente de fichas para ser utilizadas en terreno. Así también se preparó las cartas de autorización para ser presentadas a la autoridad marítima en cada una de las Capitanías de Puerto.

### **d. Preparación de los envases y reactivos**

A cada uno de los laboratorios se les solicitó reactivos nuevos, envases y bolsas de acuerdo con el tipo de muestra a envasar y en cantidad necesaria para asegurar pérdidas accidentales, sobre todo del material más frágil (vidrio). El mismo equipo de trabajo preparó las etiquetas autoadhesivas codificadas y las aseguró a los envases. Para proteger los rótulos del contacto con el agua, a todas etiquetas se les adhirió una cinta transparente autoadhesiva; para el caso de las etiquetas para las bolsas, éstas fueron colocadas dentro de pequeñas bolsas de polietileno y anudadas en su extremo para impedir la entrada de agua. Tanto para el material de vidrio como el de plástico fue revisado para asegurar su buen estado (sin trizaduras, sin roturas, sin pliegues o rajaduras, sin orificios), limpieza y cerrado hermético (tapas rosca en buen estado).

### **e. Embalaje y despacho del material de muestreo**

Una vez que todos los equipos fueron chequeados y los envases estuvieron rotulados, se procedió al embalaje de todo este material en distintos tipos de contenedores. Los envases de vidrio fueron protegidos con una banda de esponja de alta densidad y dispuestos dentro de cajas de madera (terciado marino) con un revestimiento interno de poliestireno expandido (Aislapó<sup>®</sup>) o en neveras termoeislantes (Coleman<sup>®</sup>). Las botellas de plástico fueron colocadas directamente dentro de estos contenedores. Los equipos más pesados también fueron embalados dentro de cajas de cadera. Los instrumentos fueron despachados

dentro de sus carcavas protectoras o embalados dentro de contenedores de plástico resistente. Adicionalmente, se despachó contenedores termoaislantes con estuches de hielo químico en cantidad suficiente para la preservación de las muestras. Todas las cajas fueron rotuladas y enviadas vía terrestre (Turbus Cargo) a las oficinas de distribución locales. Los comprobantes de flete fueron mantenidos en custodia ante cualquier eventualidad de extravío de algunos de los bultos enviados. Para asegurar que el material llegase a tiempo a su destino vía terrestre, se despachó a lo menos con cuatro días de anticipación.

Para sectores más extremos del país, es necesario considerar una semana de anticipación. En caso de utilizar un despacho vía aérea, el lapso puede durar entre dos y cuatro días según la distancia al punto geográfico de destino. El sistema courier (por ejemplo Chilexpress o Lan Courier) asegura un despacho más rápido, aunque los costos son mayores y se incrementan notablemente con el peso y volumen de los bultos. Con este último sistema de envío, con punto de partida en Viña del Mar o Valparaíso, los bultos demoran habitualmente dos días (como máximo tres) en llegar a su destino, considerando localidades como Arica o Punta Arenas. Estos plazos pueden variar bajo condiciones de alta demanda o por la ocurrencia de feriados intermedios.

### **3.6. Selección de áreas de muestreo y estaciones de la red de monitoreo**

Los cuerpos de agua seleccionados para implementar una red de monitoreo ambiental, cuyo seguimiento en el tiempo permita evaluar los efectos que generan las actividades de acuicultura sobre el medio acuático, requiere de requisitos fundamentales si su diseño apunta a un manejo mediante herramientas de análisis que operen bajo un sistema de información geográfico (SIG):

- Ubicación geográfica precisa de los centros de cultivo de recursos hidrobiológicos. Para ello es necesario contar con una base de datos que al menos disponga de los registros de del titular y de las coordenadas geográficas (latitud y longitud) del centro de cultivo.
- Situación actualizada del sistema de concesiones para la acuicultura, tanto para aguas marinas como continentales, que permita disponer de información real y en tiempo breve sobre futuras áreas de concentración geográfica para el desarrollo de este tipo de actividades productivas.

- Normalización y delimitación de las áreas destinadas a la acuicultura. Si bien para aguas marinas estas áreas se encuentran bien establecidas, no ocurre lo mismo para aguas continentales en donde todavía existe una condición transitoria desde un punto de vista legal.
- Una identificación clara y una delimitación precisa de los cuerpos de agua marinos y continentales dentro del territorio nacional. Si bien existe una política nacional de uso del borde costero del litoral de la República (Decreto Supremo N° 475 del 14 de diciembre de 1994; DO 35.064 del 11.01.1995), que apunta a realizar una gestión coordinada de los distintos organismos e intereses en función de la diversidad de usos que pueden adoptarse para el borde costero del litoral, esta iniciativa aún se encuentra dentro de un estado de desarrollo preliminar y sólo considera aguas marinas o sectores de desembocaduras de ríos navegables.
- Una base cartográfica de tipo hidrográfica a escala nacional, oficial, actualizada y moderna que sirva de sustrato basal sobre la cual organizar actividades y usos ligados al ejercicio de la acuicultura en cuerpos de agua tanto marinos como continentales.

Actualmente, estos requisitos están en distintas fases de desarrollo y ninguno de ellos se encuentra plenamente consolidado. Bajo esta situación, en la cual no existen los antecedentes mínimos necesarios para efectuar una selección de cuerpos de agua, entonces para proponer un diseño de monitoreo ambiental orientado a las actividades de acuicultura es necesario considerar enfoques alternativos acordes con esta realidad.

En este punto, fue necesario formular dos estrategias de desarrollo metodológico para seleccionar áreas de muestreo y estaciones de monitoreo. Estos enfoques se identificaron como:

- a. Enfoque ideal
- b. Enfoque real

### **3.6.1. Enfoque ideal**

#### **a. Procedimiento de determinación de densidad de muestreo**

Este procedimiento ha sido desarrollado con el fin de ser utilizado como herramienta en la determinación de la densidad de muestreo que debe realizarse en cada cuerpo de agua, en virtud de sus características naturales y su intervención antrópica por la instalación y operación de actividades de acuicultura. Es decir,

cual es el número de estaciones adecuadas que permiten determinar los efectos de la acuicultura sobre la calidad de un cuerpo de agua específico.

La plena operatividad de este procedimiento se encuentra sujeta a la implementación de nuevos mecanismos de administración, control y ordenamiento por parte de los órganos involucrados en la actividad de acuicultura. Estos mecanismos hacen mención principalmente, y como fuera explicado en capítulos anteriores, a lo siguiente:

- Definición, por parte de la autoridad, de los límites para la totalidad de los cuerpos de agua en que se encuentran concesiones de acuicultura.
- Base de datos digital de las concesiones de acuicultura vigentes y en trámite, correctamente georreferenciadas, con una discriminación espacial inferior a un metro.
- Base de datos digital por concesión de acuicultura en que se definan, titular, destino, área efectivamente utilizada en cultivos, especie cultivada, producción, cuerpo de agua en que se encuentra, entre otras.

### Criterios de monitoreo

Definidos los parámetros de monitoreo para determinar los impactos de la acuicultura sobre los cuerpos de agua, sólo resta definir un procedimiento estandarizado que permita establecer el número de estaciones requeridas para un correcto control de un cuerpo de agua específico. Para ello, y debido a la diversidad de escenarios posibles que puedan encontrarse, se ha optado por un modelo incremental escalonado el que considera las características del cuerpo de agua, así como, las actividades de acuicultura que en el se realizan. Los criterios considerados en el modelo propuesto obedecen principalmente a la disponibilidad de las variables con que se deben alimentar el modelo y la aplicabilidad del mismo para el área de cobertura del proyecto, es decir, desde la Séptima a la Décimo Segunda Región. Por ello, los criterios que alimentarán el modelo son los siguientes:

**Tipo de Cuerpo de Agua.** La inclusión de este criterio obedece a que la dinámica de las matrices ambientales se encuentran determinadas en gran medida por la morfología del lugar en que se encuentran. Los tipos de cuerpo de agua marinos considerados en el presente modelo son Costa Abierta (o Litoral), Bahía, Canal, Estero, Estuario y Fiordo, mientras que los cuerpos de agua continentales son Lago y Río.

**Area de Observación.** Se define como Area de Observación al área comprendida entre los límites exteriores de las concesiones de acuicultura y una distancia perpendicular inferior o igual a 500 metros. Es importante mencionar que eventualmente un cuerpo de agua específico puede contener una o más Areas de Observación y que ésta puede ser la resultante de una o varias concesiones para acuicultura.

**Producción Area de Observación.** Este criterio corresponde a la producción total, para un periodo determinado de un Area de Observación específica.

### Número mínimo de estaciones

El concepto de número mínimo de estaciones corresponde al valor más bajo de estaciones necesarias para determinar la calidad de un cuerpo de agua en relación con actividades asociadas a la acuicultura. Este número mínimo de estaciones variará de acuerdo con el tipo de cuerpo de agua, ya que la dinámica de transporte y acumulación depende en gran medida de la morfología de cada cuerpo de agua, así como de su hidrodinámica, uso y actividades antrópicas que se desarrollen.

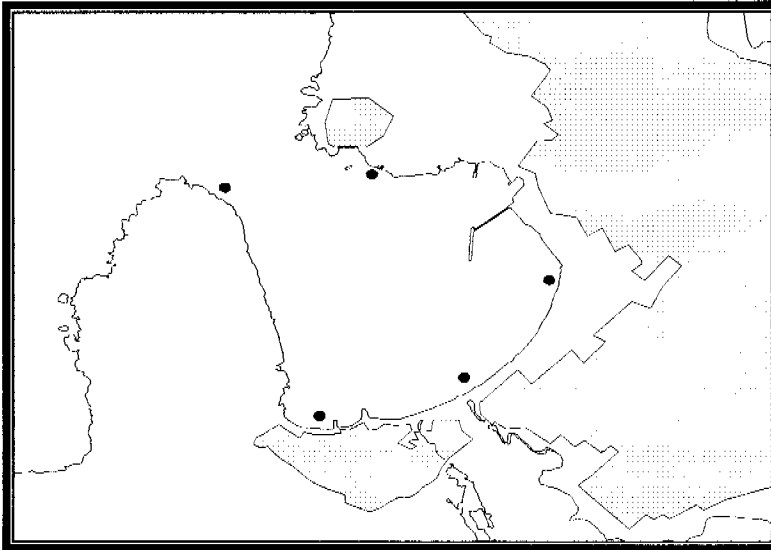
Para el caso de este procedimiento de determinación de estaciones se ha considerado únicamente la morfología general del cuerpo de agua, a fin de lograr su aplicabilidad en el corto plazo. La incorporación de información sobre la correntometría permitirá únicamente, dentro de los alcances de este procedimiento, obtener una mejor distribución de las estaciones de control.

Tal como se explicitaba anteriormente, definidos los límites de un cuerpo de agua, y habiendo su morfología general, éste debe ser incluido en alguno de los siguientes tipo: Bahía, Canal y Estero, Costa Abierta, Estuario, y Fiordo. Cada uno de estos tipos de cuerpo de agua tiene asociado un número mínimo de estaciones de muestreo (Tabla 3.22).

Tabla 3.22. Número mínimo de estaciones de muestreo según el tipo de cuerpo de agua.

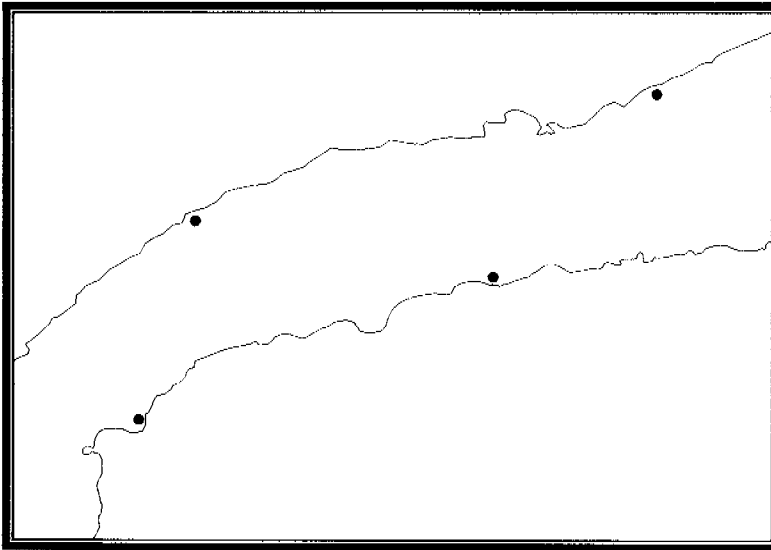
| Tipo de Cuerpo de Agua | Número Mínimo de Estaciones |
|------------------------|-----------------------------|
| Bahía                  | 5                           |
| Canal y Estero         | 4                           |
| Costa Abierta          | 3                           |
| Estuario               | 5                           |
| Fiordo                 | 4                           |
| Río                    | 4                           |
| Lago                   | 6                           |

La distribución de estas estaciones se presenta a continuación de forma esquemática (Figuras 3.16 a 3.22). Debe considerarse en su localización la profundidad y que se encuentren fuera de un Area de Observación.



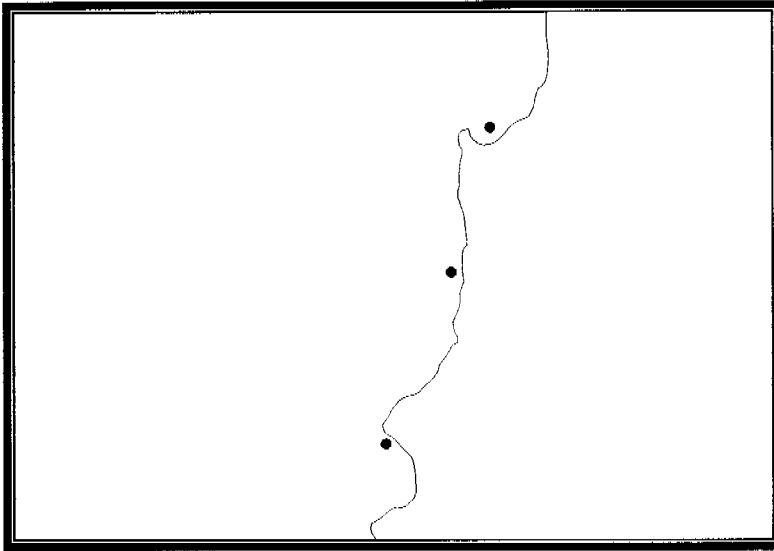
**Figura 3.16**

**Distribución de las estaciones mínimas en una bahía.**



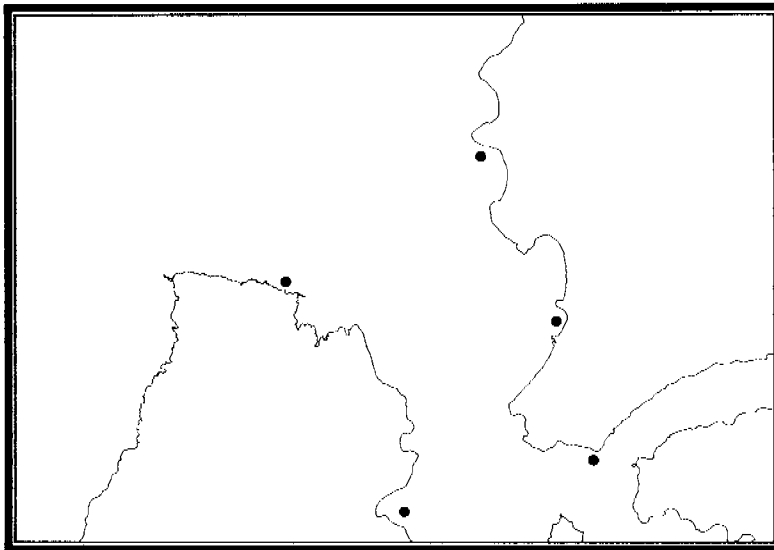
**Figura 3.17**

**Distribución de las estaciones mínimas en un canal o estero**



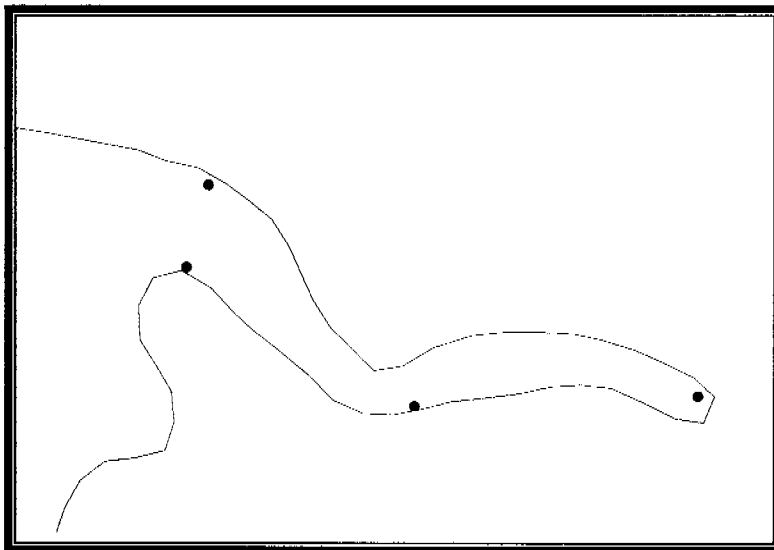
**Figura 3.18**

**Distribución de las estaciones mínimas en una costa abierta**



**Figura 3.19**

**Distribución de las estaciones mínimas en un estuario**



**Figura 3.20**

**Distribución de las estaciones mínimas en un fiordo**



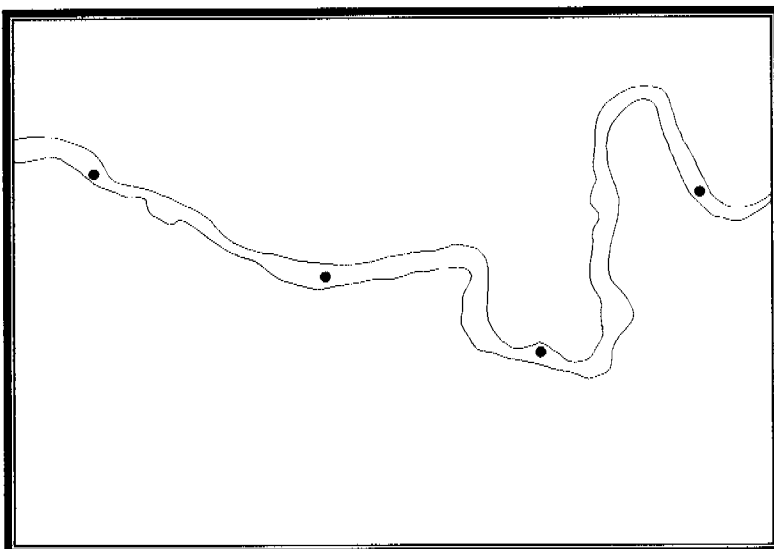


Figura 3.21

Distribución de las estaciones mínimas en un río

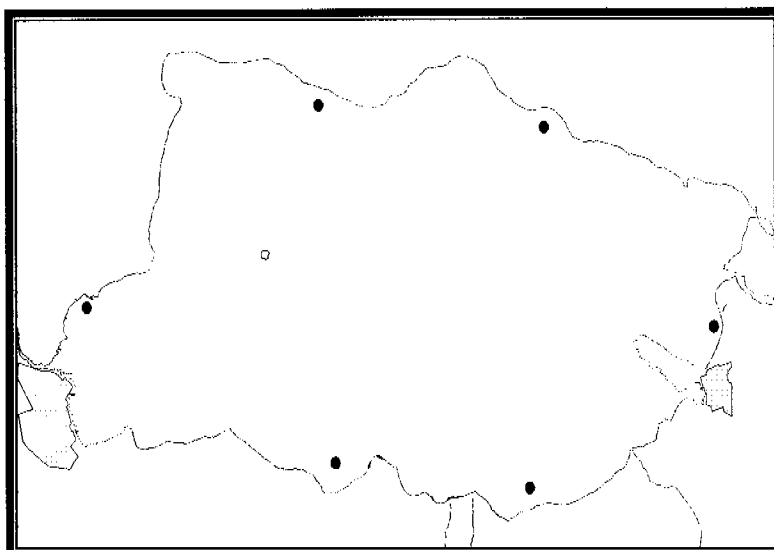


Figura 3.22

Distribución de las estaciones mínimas en un lago

La distribución de las estaciones mínimas se establece para generar una red de estaciones que permita observar el comportamiento de la calidad de las distintas matrices ambientales en cualquier cuerpo de agua, independientemente si está destinado sólo al ejercicio de la acuicultura. De este modo, en aquellos cuerpos de agua de tipo multiusuario se dispondrá de información que permita evaluar los efectos sinérgicos, aditivos o antagónicos generados de distintos tipos de actividades antropogénicas.

Por otra parte, para aquellos cuerpos de agua destinados exclusivamente al uso de la acuicultura o que la incidencia de otro tipo de actividades (*i.e.* productivas, económicas, recreativas, etc.) sea mínima, estas estaciones estarán localizadas fuera de las Areas de Observación, puesto que su objetivo es que operen

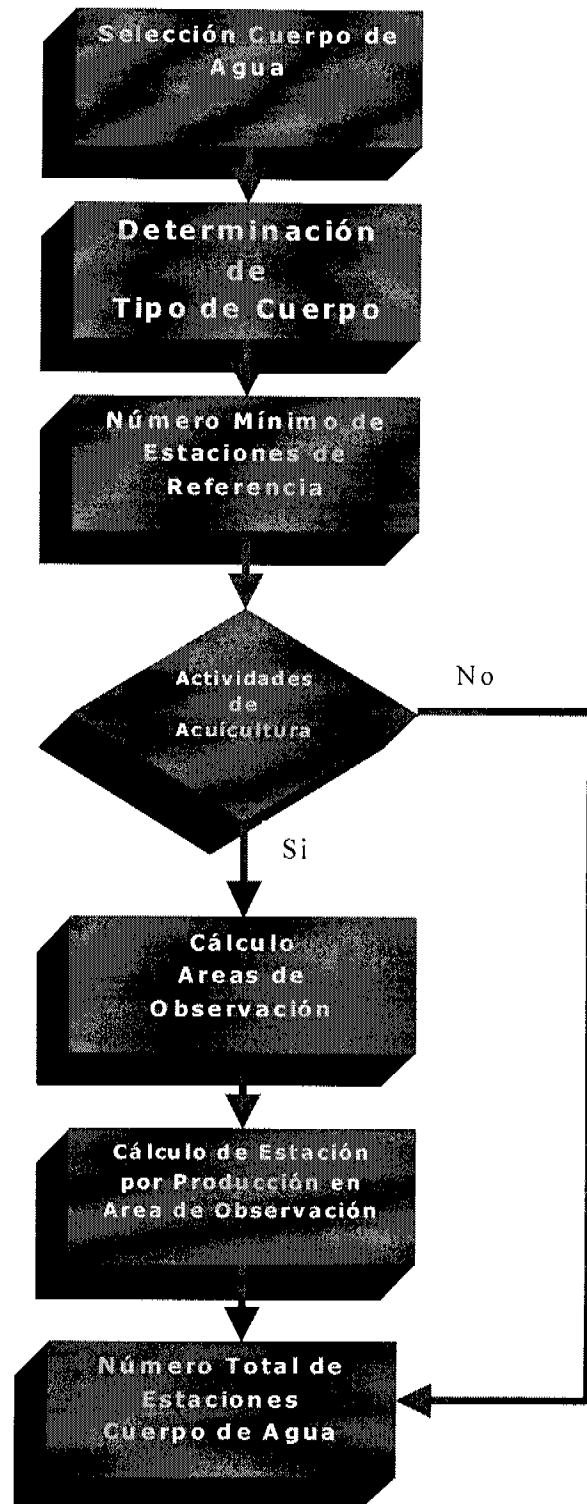
como sitios referenciales para contrastar las condiciones ambientales de sectores no expuestos a los efectos de esta actividad con otros que si lo están.

### Estaciones por Area de Observación

El concepto de Area de Observación corresponde a superficies dentro de un cuerpo de agua en que se incluyen los diferentes tipos de cultivos acuícolas, así como su área de influencia primaria y secundaria. De acuerdo con la experiencia lograda tras el desarrollo del presente proyecto y observaciones previas del equipo de trabajo, los centros de cultivo que operan bajo un sistema intensivo generan una gradiente a su alrededor que puede ser operacionalizada en tres sectores. El primero de ellos corresponde al sitio mismo en que se encuentran los cultivos, el segundo a un área de transición y un tercero en que los efectos de las actividades de acuicultura son mínimos o prácticamente no se observan

Para la aplicación de este procedimiento, se consideró que a una distancia superior a los 500 m medida desde el límite que demarca al centro de cultivo, no se observan efectos sobre la calidad del agua, sedimentos y biota, que puedan ser asociados con las prácticas de cultivo de recursos hidrobiológicos.

Las estaciones por Area de Observación obedecen a observar la existencia de efectos sobre la calidad en las distintas matrices ambientales, enfocados a



sectores específicos de un cuerpo de agua que se encuentra sujeto a actividades de acuicultura. El número de estaciones para cada Área de Observación dependerá, de acuerdo al procedimiento establecido, de los niveles de producción de cada sector.

La determinación del número de estaciones por Área de Observación se ejemplifica a continuación. Debe considerarse que el uso de sistema de información es una herramienta esencial en la metodología descrita a continuación, así como disponer de una base de datos adecuada con respecto a información de concesiones, centros de cultivo y cartografía a escala apropiada.

Como primera etapa se debe localizar el cuerpo de agua, las concesiones para la acuicultura, los centros de cultivo presentes y los datos sobre producción (Figura 3.16). Definido el cuerpo de agua, primeramente debe determinarse a que Tipo de Cuerpo de Agua corresponde. Esta información, tal como se explicase anteriormente, definirá el número mínimo de estaciones.

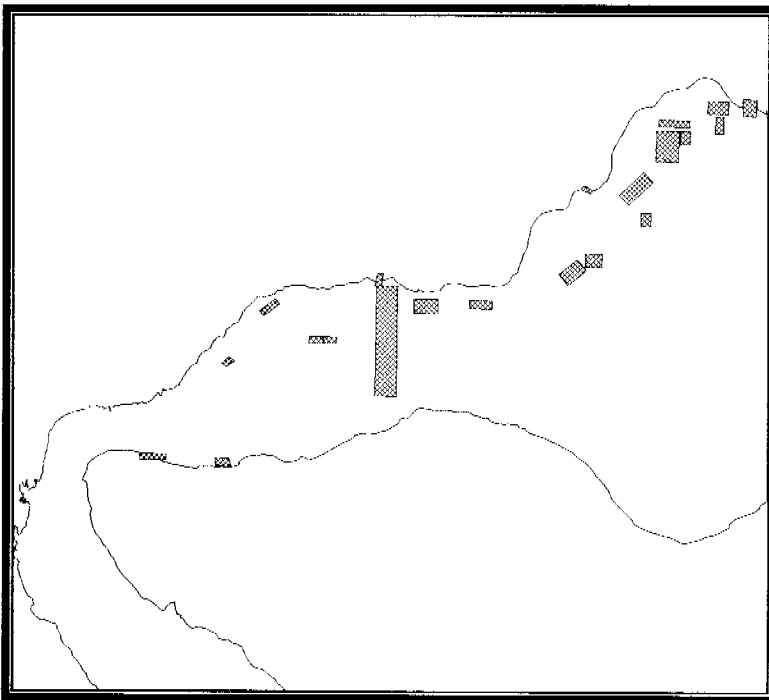


Figura 3.23

El cuerpo de agua utilizado como ejemplo se ajusta a la morfología de un canal, lo que significa que, independientemente a la actividad de acuicultura que se realice, el modelo genera cuatro estaciones de control.

Como segunda etapa, se selecciona la totalidad de centros de cultivos en operación presentes en el cuerpo de agua y generando áreas para un radio de 500 m, se establece las Áreas de Observación. En la Figura 3.17 se observa el barrido de los radios de 500 m que al superponerse genera las Áreas de Observación para un cuerpo de agua en particular.

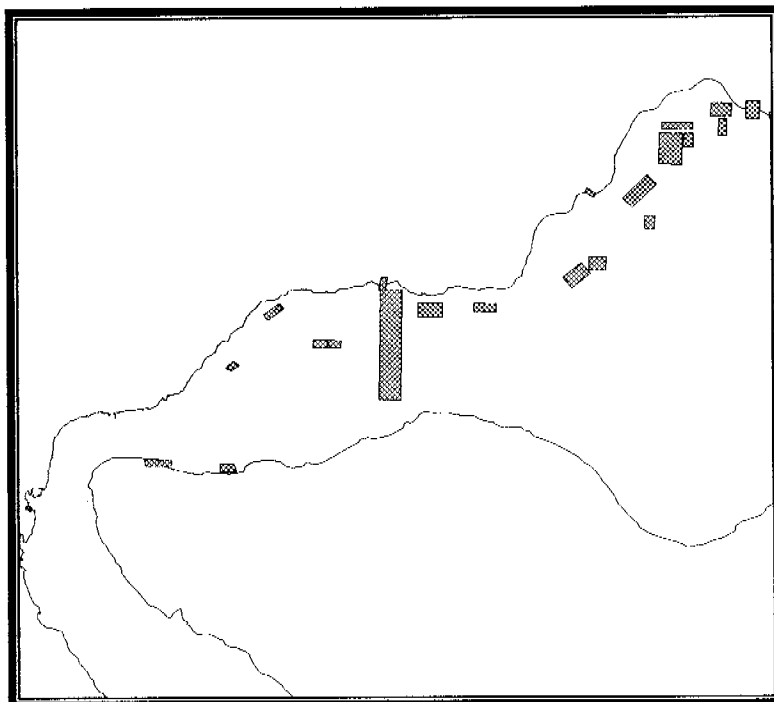


Figura 3.24

Luego del cálculo de las Areas de Observación, éstas se representan cartográficamente en color verde para el cuerpo de agua.

Haciendo uso de las aplicaciones de una plataforma SIG, se calcula la producción total del Area de Observación generada. Este dato, junto al criterio de una estación por cada 5.000 ton/año de producción arroja el número de estaciones requeridas para el control de la calidad de un Area de Observación específica. Siendo el número de estaciones por Area de Observación igual al cociente entre la producción total del Area de Observación y 5.000 ton/año, aproximado al entero superior.

$$\text{Número de Estaciones} = \frac{\text{Producción Total Area de Observación}}{5.000 \text{ ton/año}}$$

Según esta ecuación, el número de estaciones será igual o superior a 1. Para este caso en particular, el número de estaciones por Area de Observación es 5, lo que da como resultado la red de estaciones representada en la Figura 3.25.

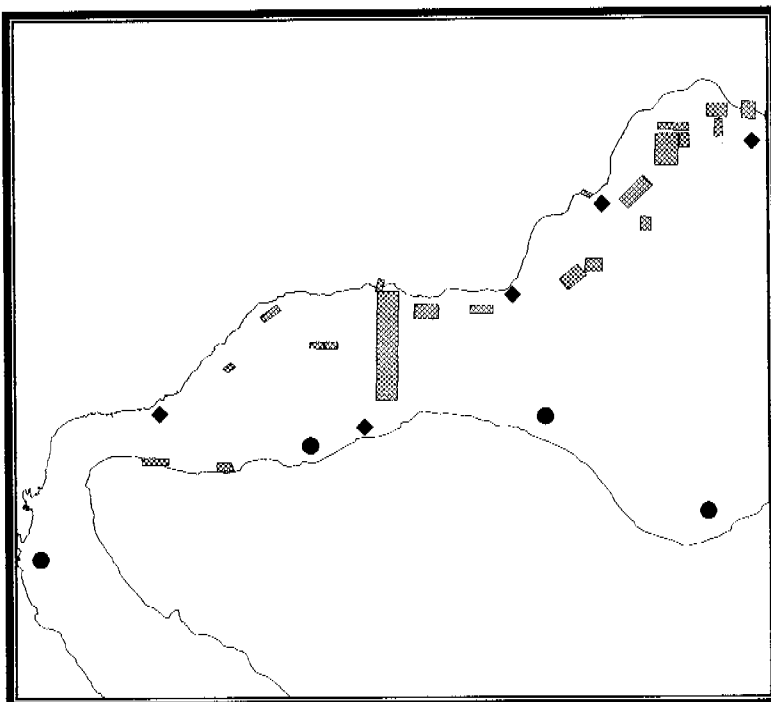


Figura 3.25

Red de estaciones de control. Los puntos azules corresponden a las estaciones mínimas de control para el cuerpo de agua y se localizan fuera del Área de Observación. Mientras que las estaciones correspondientes a la producción del Área de Observación, de color rojo, se distribuyen en el interior de ella.

Siendo el criterio de localización de las estaciones por Área de Observación una distribución espacial equidistante y una profundidad que permita la obtención de muestras de sedimentos y fauna de acuerdo a la metodología presentada en capítulos anteriores.

### Consideraciones para la aplicación del modelo

Al aplicar este procedimiento, la totalidad de los cuerpos de agua en que se esté desarrollando o no actividades de acuicultura tendrá una red de estaciones de referencia. Esto se logra por medio del criterio de Número Mínimo de Estaciones. Esta cualidad es de suma importancia en el uso de esta herramienta en la gestión de nuevos cuerpos de agua, permitiendo tener una visión previa a su uso por la acuicultura. En este punto cobra vital importancia una base de datos actualizada y dinámica sobre concesiones para la acuicultura. Aunque no necesariamente el otorgamiento de una concesión de esta naturaleza implica su uso inmediato para la instalación de un centro de cultivo, su registro en un SIG permite establecer con anterioridad hacia donde se desplaza esta actividad dentro el contexto del espacio geográfico y de esta forma prever medidas de manejo para la gestión de los recursos.

Para el caso de cuerpos de agua que se encuentran bajo los efectos de la actividad de acuicultura, el Número Mínimo de Estaciones permite observar el comportamiento de la calidad de sectores del cuerpo de

agua que no se encontrarían bajo los efectos de la acuicultura. Pudiendo ser usada esta información en el proceso de otorgamiento de nuevas concesiones y generación de sectores de exclusión para esta actividad. Por otra parte, las estaciones de seguimiento ubicadas al interior del Área de Observación permitirán evaluar los efectos aditivos y/o sinérgicos de la totalidad de los centros de cultivo que en ella operan.

### **3.6.2. Enfoque real**

Este enfoque ha sido conceptualizado considerando la carencia de información anteriormente señalada. La proposición metodológica formulada responde al objetivo inicial del proyecto, aunque para ello se plantea una solución distinta a la que originalmente se esbozó en la propuesta técnica. A continuación, se presenta un ejemplo del procedimiento secuencial para la selección del área de muestreo y de estaciones de vigilancia para el monitoreo de la condición del medio acuático:

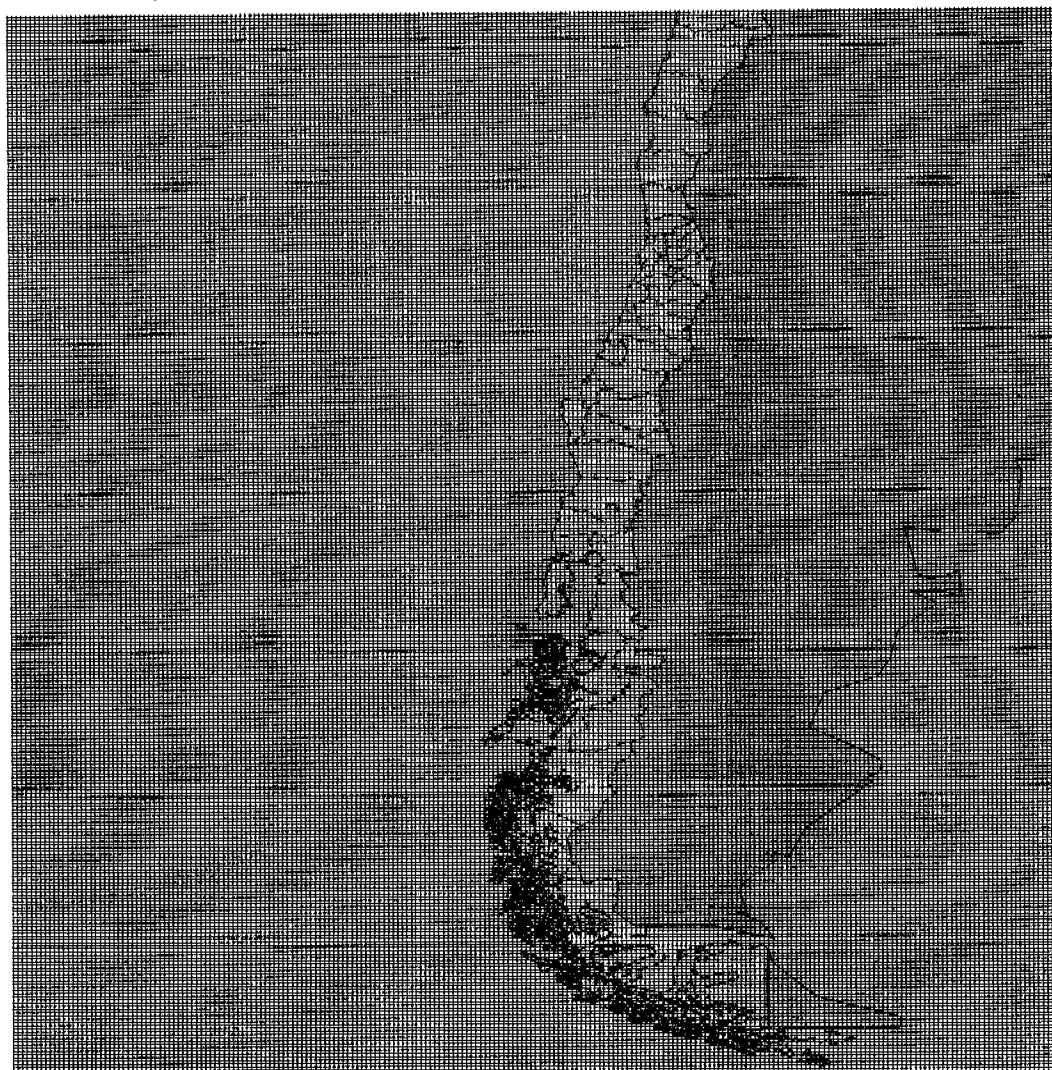
#### **a. Concesiones para la acuicultura dentro del área del proyecto**

Con la base de datos georreferenciada de concesiones marítimas para la acuicultura y mediante el empleo de un SIG, se elaboró una carta a escala de cobertura geográfica del proyecto para desplegar la posición de estas unidades administrativas que amparan la instalación y operación de cultivo de recursos hidrobiológicos (Figura 3.26).

Luego, sobre esta imagen o capa se desplegó un reticulado en base a celdas con una dimensión de 10 por 10 km (100 km<sup>2</sup> o 10.000 hectáreas). Cada una de estas celdas se denominó Unidad Geográfica de Muestreo (UGM) De este modo, es posible ubicar los sectores con mayor y menor concentración de concesiones para la acuicultura (Figura 3.27).



Figura 3.26. Área de cobertura del proyecto. En círculos se indica los principales centros poblados.

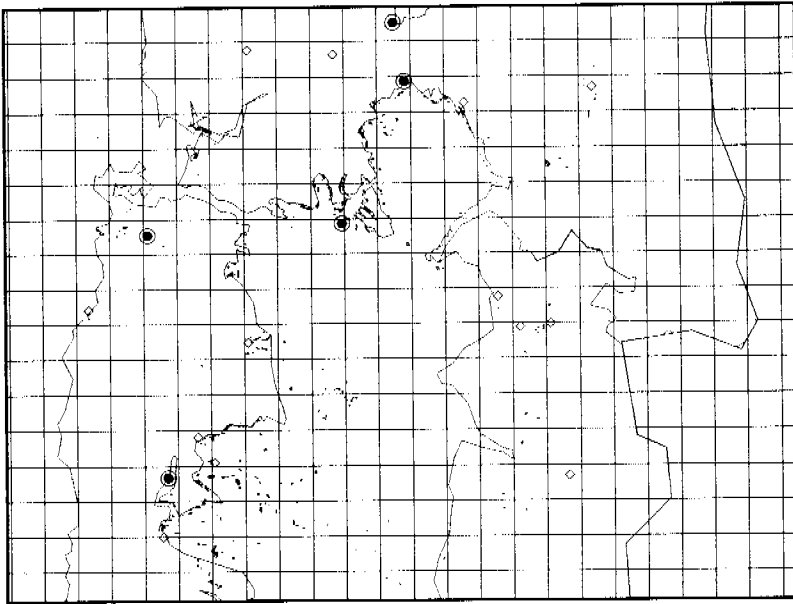


**Figura 3.27. Despliegue de la retícula conformada por las Unidades Geográficas de Muestreo (UGM). Cada celda o UGM tiene una dimensión de 10 por 10 km.**

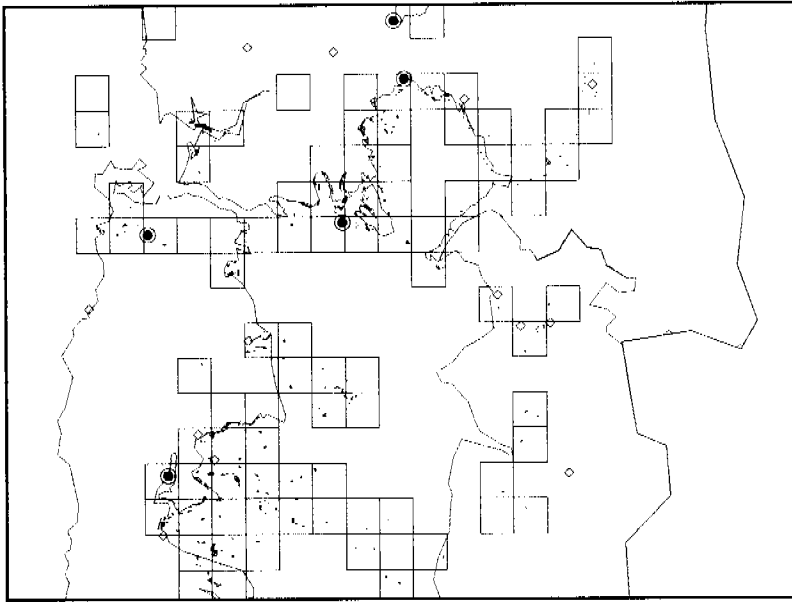
#### **b. Delimitación de los sectores de concentración**

Tomando como ejemplo la Décima Región, mediante el despliegue de la grilla señalada es posible delimitar los sectores en donde se agrupa la mayor concentración de concesiones para la acuicultura, como así también el espacio geográfico en el cual la densidad de estas unidades administrativas es menor (Figuras 3.29 y 3.29).





**Figura 3.28. Acercamiento de la grilla considerando las concesiones para la acuicultura en la Décima Región.**



**Figura 3.29. Se ha eliminado aquellas UGM que no contienen concesiones para la acuicultura, lo que permite distinguir mejor los sectores de concentración.**

### c. Asignación de intensidad de muestreo según densidad de concesiones

El paso siguiente consiste en asignar el número de estaciones de monitoreo a cada UGM, en función de la densidad de concesiones para la acuicultura que están emplazadas dentro de esta unidad de superficie (10.000 hectáreas). Dentro del área de cobertura del proyecto se identificó 244 UGM con registros de concesiones para la acuicultura dentro del perímetro. Este total fue dividido en 5 intervalos en base a rangos discretos de CPA (Tabla 3.23); por ejemplo, se encontró que 151 UGM registraban de 1 a 3 concesiones dentro de su perímetro, mientras que sólo 5 UGM presentaron un alto número de concesiones (de 25 a 88).

Para calcular el número de total de estaciones por intervalo se asignó un número creciente de estaciones. De este modo, frente a un bajo número de concesiones (1 a 3) se estableció una estación de monitoreo; mientras que, para el intervalo con el mayor número de concesiones se fijó un total de 5 estaciones de monitoreo (Tabla 3.23). El producto de la cantidad de estaciones por el número de UGM genera el número de puntos de monitoreo por intervalo. Finalmente, se obtiene que el número total de estaciones de monitoreo para el área de estudio alcanza los 404 puntos. En la Figura 3.30 se despliega esta información a nivel de cobertura del proyecto.

**Tabla 3.23. Tabla de asignación de estaciones según densidad de concesiones para la acuicultura.**

| Rango de densidad de CPA<br>(unidades/10.000 Ha) | Cantidad de<br>estaciones | Unidades geográficas de muestreo<br>por rango de densidad | Total de estaciones por<br>rango de densidad |
|--|---------------------------|---|--|
| 1 – 3  | 1                         | 151   | 151  |
| 3 – 6  | 2                         | 48  | 96   |
| 6 – 13   | 3                         | 28  | 84   |
| 13 – 25  | 4                         | 12  | 48   |
| 25 – 88  | 5                         | 5   | 25   |
| <b>Total de estaciones de monitoreo</b>          |                           |   | <b>404</b>                                   |

CPA: concesiones para la acuicultura

Un aspecto importante que se desprende de la distribución de UGM, es el alto número de éstas que albergan de 1 a 3 concesiones (bajo las condiciones de borde presentadas exactamente un total de 151). Según la información real disponible, se recomienda que a estas UGM se les asigne un tratamiento de estaciones referenciales, dado el bajo efecto ambiental que generarían las instalaciones ubicadas dentro de este perímetro.

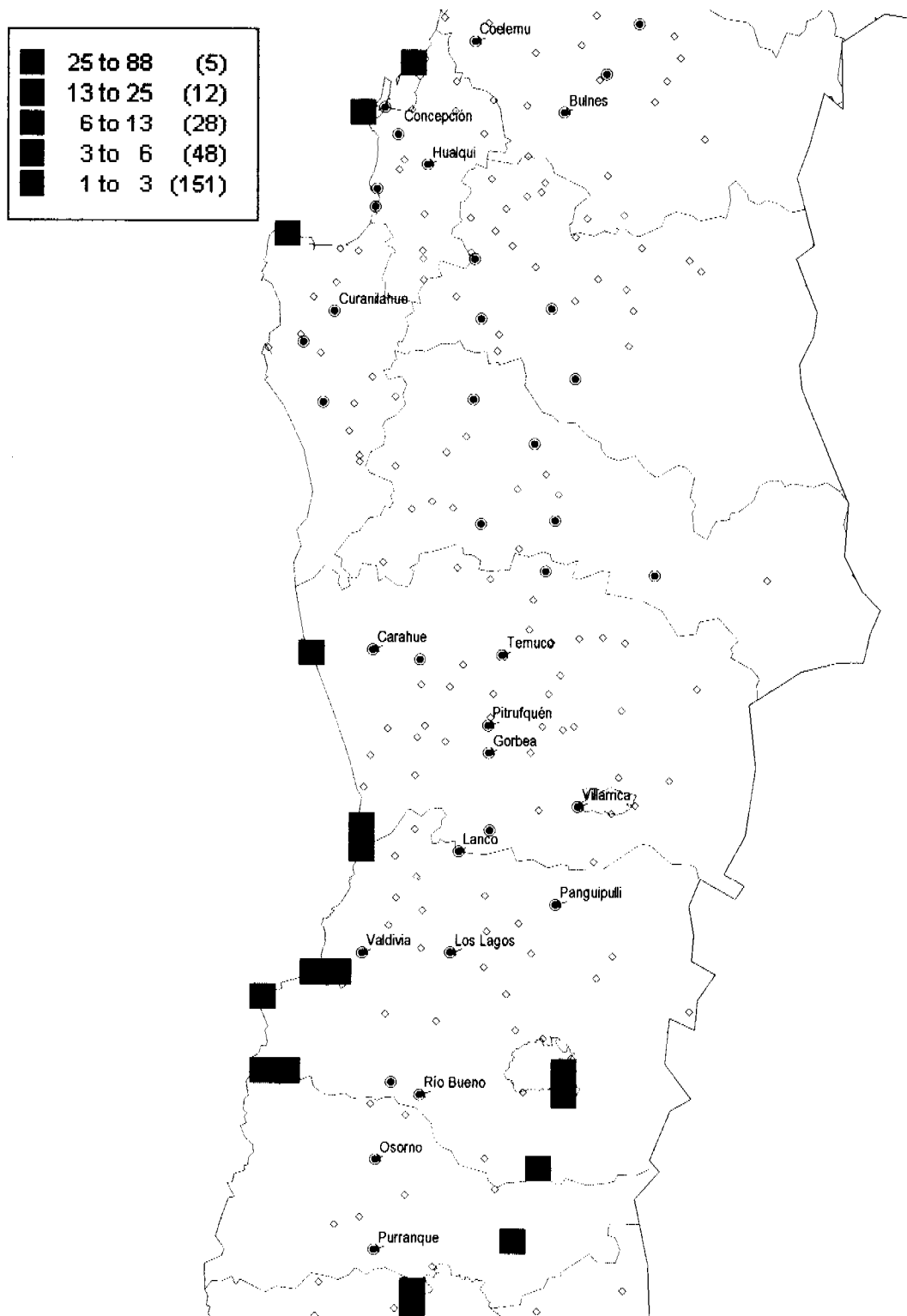


Figura 3.30. Distribución espacial de la UGM según la densidad de concesiones para la acuicultura.

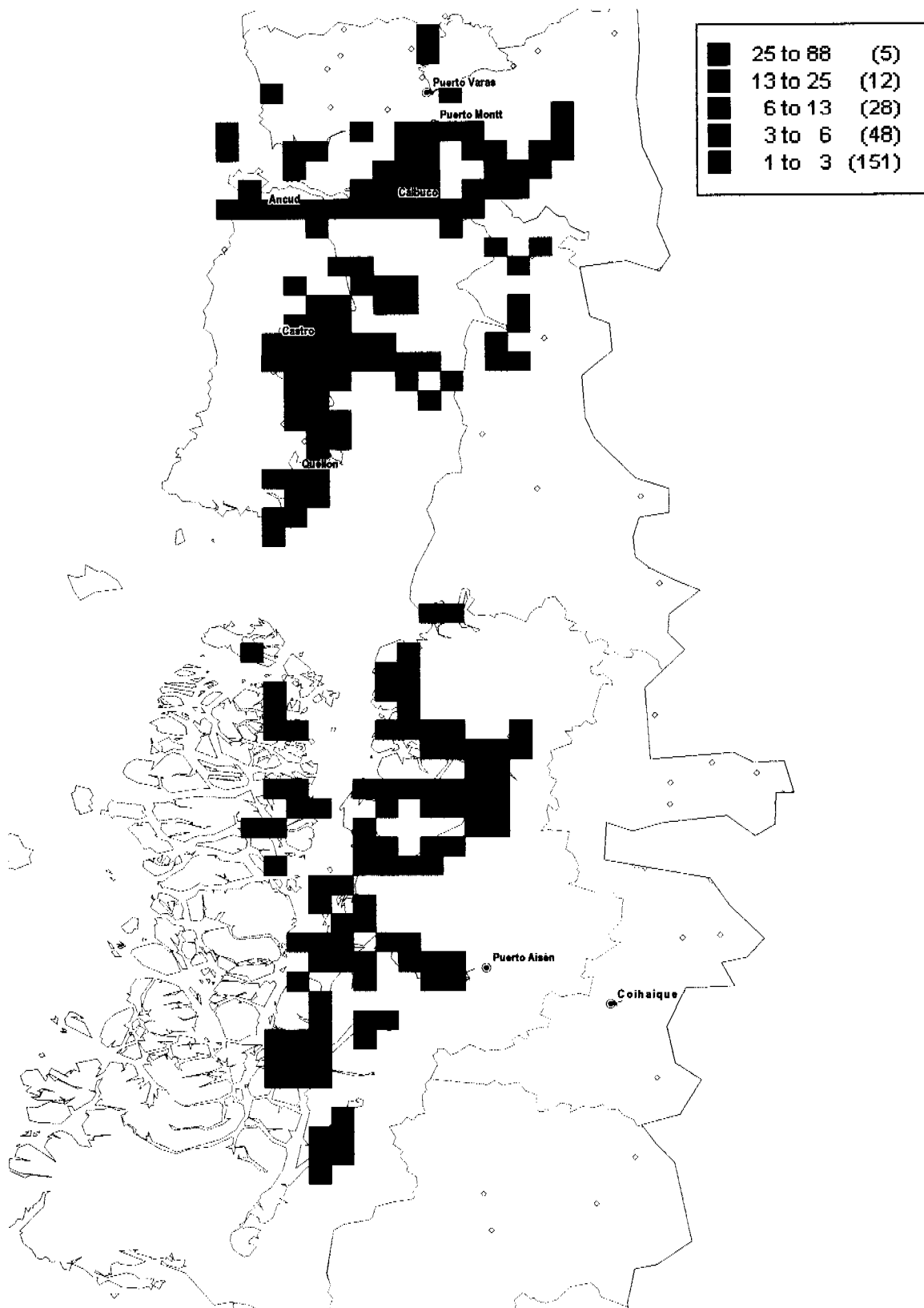


Figura 3.30. (Cont.) Distribución espacial de la UGM según la densidad de concesiones para la acuicultura.

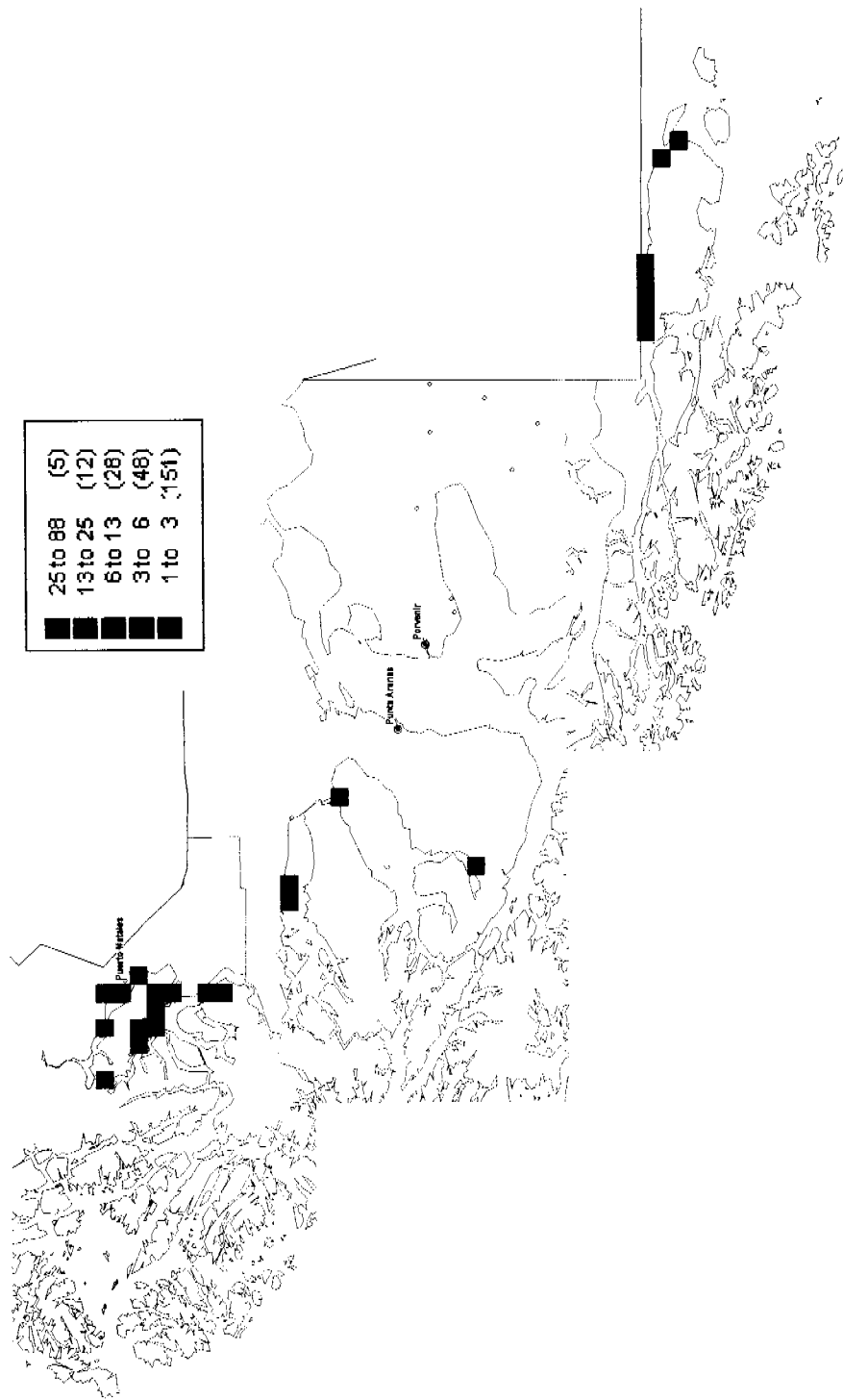


Figura 3.30. (Cont.) Distribución espacial de la UGM según la densidad de concesiones para la acuicultura.

### 3.7. Frecuencia de monitoreo en la red de estaciones de vigilancia ambiental

Para la zona sur del país, considerando el área de cobertura geográfica del proyecto, es posible que si bien la componente climática estacional tenga influencia importante, otros factores ligados a la actividad antrópica también que tengan una participación importante en las fluctuaciones temporales observadas en los indicadores ambientales. A este respecto, es muy probable que los ciclos de producción de la actividad acuicultora estén asociados con las variaciones que experimenten algunos indicadores.

Dada la diversidad de ambientes y condiciones asociadas con los cultivos de recursos hidrobiológicos que se presentan en el área de cobertura del proyecto, es esperable que la periodicidad de monitoreo sea distinta según las condiciones imperantes sobre el cuerpo de agua.

Además, cabe señalar que la frecuencia de los muestreos tiene una implicancia económica asociada. En la medida que aumente el número de campañas, los costos asociados al programa también aumentan. En este punto, es necesario conciliar tanto el tipo de información requerida y su calidad, como los gastos que ello significa, de allí que el diseño temporal que se aplique debe considerar estrategias distintas según los objetivos que se persigan.

Bajo este lineamiento, se propone los siguientes criterios para efectuar el seguimiento temporal de los cuerpos de agua:

- a. Aquellos cuerpos de agua con estacionalidad climática poco delimitada, con una periodicidad productiva bien establecida y de alta accesibilidad, es recomendable enfocar los esfuerzos de monitoreo a dos períodos distintos en el año: uno que coincida con altos niveles de actividad y otro en donde la actividad del sector se encuentra en un nivel mínimo.
- b. Aquellos cuerpos de agua con estacionalidad climática poco delimitada, con pulsos productivos diferenciables y de difícil acceso, es recomendable que los muestreos se realicen una vez al año. Como estrategia de muestreo, se puede plantear la ejecución campañas alternadas, es decir, un año bajo condiciones de "actividad máxima" y otro bajo un escenario en que la actividad acuicultora en el cuerpo de agua se encuentre reducida.
- c. Aquellos cuerpos de agua que estén ubicados en regiones en donde impera una estacionalidad climática bien marcada, etapas claramente diferenciables en el ciclo productivo y alta accesibilidad, es recomendable efectuar campañas de monitoreo bajo dos condiciones estacionales distintas para un mismo año. Como variante se puede aplicar una estrategia que considere las mismas duplas de estaciones climáticas en forma alterna de un año al siguiente.

- d. Aquellos cuerpos de agua sujetos a una marcada estacionalidad climática, con fases productivas diferenciadas y de difícil acceso, es recomendable establecer una campaña de monitoreo anual. Como estrategia de muestreo, se pueden realizar campañas en estaciones distintas de un año a otro, es decir, si el primer año se efectúa en verano, dentro de tres años más nuevamente corresponderá realizarla bajo estas mismas condiciones estacionales.

Como se desprende no es simple conciliar distintos aspectos de una misma problemática y lo más recomendable es establecer una frecuencia distinta en términos en la periodicidad de muestreo para todos los cuerpos de agua involucrados.

### 3.8. Procedimientos operativos y métodos de análisis recomendados

#### 3.8.1. Ubicación de las estaciones de monitoreo

Para la ubicación de puntos geográficos existen distintos métodos disponibles, con variado grado de exactitud. El más básico consiste en empleo de puntos geográficos notables en que son observables el terreno. Sin embargo, esta técnica además de ser cualitativa no proporciona información exacta y confiable, además que en sectores en donde sea difícil visualizar accidentes geográficos de relevancia o simplemente en donde ellos no se distingan dentro del contexto geográfico, por ejemplo en el centro de un lago, o a la opacidad de la atmósfera por la presencia de bruma o niebla, este método se torna completamente obsoleto.

Otra técnica se basa en la triangulación de puntos mediante el empleo de un compás o brújula. Aunque esta técnica es más exacta, ya que proporciona ángulos de referencia con respecto a puntos notables, también tiene la desventaja que depende de la presencia de puntos notables en la costa o en la ribera.

Con el advenimiento de la georreferenciación satelital (Sistema de Posicionamiento Global, GPS en inglés), el posicionamiento y la ubicación de un punto geográfico se sustenta en una base más confiable. Si bien este sistema también tiene algunos inconvenientes, tiene ventajas comparativas muy superiores a los métodos restantes. Actualmente, el estándar con que operan de los georreceptores es una cobertura satelital de 8 satélites, que bajo condiciones óptimas pueden arrojar un error de aproximadamente 15 m con respecto a la posición real. De allí que este último método sea el recomendado para la ubicación de los puntos de muestreo, considerando que la información debe más tarde ser manejada mediante un SIG.

En el mercado existen diferentes marcas y modelos de estos aparatos, cuyos precios varían según la precisión en las mediciones y capacidades complementarias (*i.e.* número de satélites con que operan). El tipo de georreceptores más utilizados corresponden a los denominados "navegadores" que se caracterizan por ser portátiles, de pequeño tamaño (cabén en la palma de la mano) y generan una resolución aceptable para el posicionamiento de puntos geográficos. Las marcas más conocidas en el mercado nacional son Garmin® y Magellan®. Los georreceptores básicos tipo "navegadores" tienen un precio en el mercado nacional que fluctúa entre las 10 a 15 UF más impuesto.



### 3.8.2. Registros de campo

La primera fuente de registro de datos se realiza en terreno, cuando se necesita dejar constancia escrita de los valores de las mediciones directas sobre algún parámetro en particular. Esta primera fase requiere de un sistema que permita registrar los datos en forma clara, simple y estandarizada. Es relativamente común que quien no tiene formación ni experiencia en este campo, anote los datos en hojas sueltas y sin ningún tipo de organización preconcebida. Este sistema colapsa rápidamente, cuando la cantidad de registros que se generan es alta e involucra la medición de muchos parámetros.

Además, durante las actividades de terreno se genera otro tipo de registros, que si bien no son datos, tienen implícita información que será de gran utilidad en las ulteriores etapas del proceso de monitoreo. Para este caso es valioso contar con un sistema codificado para identificar e individualizar cada una de las muestras tomadas desde las distintas matrices ambientales. Si quien va a desarrollar un monitoreo de estas características no tiene clara la dimensión de este sistema, es altamente probable que en esta etapa se genere una fuente de confusión que podría desarticular todo el diseño y tener consecuencias graves durante la interpretación de la información.

Un procedimiento operativo para esta primera etapa debe considerar al menos los siguientes puntos:

**a. Establecer un registro de la información mediante un sistema de fichas de terreno que permita consignar observaciones, valores de mediciones directas y códigos de las muestras.**

Las fichas de terreno deben ser diseñadas con anterioridad a la campaña de muestreo y en conjunto con personas que tengan experiencia en actividades de muestreo. La estructura de la fichas debe ser simple, diseñada de manera objetiva y que no induzca a errores durante su llenado.

En términos prácticos, es recomendable el diseño de distintas fichas según el tipo de información que se requiere consignar. Cada ficha tiene que tener un encabezado que permita identificar el universo de la información que incorporará, el proyecto o estudio para el cual se está generando la información y datos básicos de identificación del ejecutante. La estructura de la ficha debe ser organizada por bloques de información, en donde cada compartimiento esté identificado por un rótulo que indique claramente que observación o dato es necesario anotar. Las anotaciones en terreno debe ser efectuadas con lápiz

grafito, en ningún caso se debe utilizar lápiz a pasta o en base a tintas ya que la alta humedad o la lluvia pueden afectar la calidad de la impresión.

Los espacios destinados al registro de valores de mediciones deben tener claramente especificada la unidad de medición (Sistema Métrico Decimal) de modo que no hayan errores durante su transcripción e identificación ulterior. En muchos equipos de lectura directa existen distintas opciones de unidad de medición y si ésta no queda especificada desde un principio es seguro que los datos conducirán a confusiones, por ejemplo en los anemómetros manuales la velocidad del viento puede ser medida en millas por hora, metros por segundo y escala de Beaufort.

Es muy recomendable que en los bloques destinados al registro de códigos de las muestras, exista un espacio para anotar un carácter alfanumérico a la vez, de modo que el código sea fácilmente diferenciable por el lector.

Además la ficha debe incorporar espacios para incluir notas de campo y observaciones no previstas que sean relevantes para la interpretación ulterior de la información. Para aquellos casos en que la información de terreno a registrar sea de carácter cualitativo, es conveniente diseñar una escala relativa o codificar esta información.

**b. Organizar un sistema de codificación único e inequívoco para identificar cada una de las muestras**

Las muestras de agua, sedimentos y de macrofauna deben tener incorporado un sistema que permita su reconocimiento durante toda la cadena de custodia. Bajo este aspecto, es imprescindible que todos los envases que contengan muestras porten una etiqueta o rótulo que permanezca adosado en todo momento para su identificación. En la etiqueta debe existir un código que permita asociar la muestra con una fecha de muestreo, un lugar de recolección y el o los analitos que requieren determinarse.

Las etiquetas deben permanecer siempre visibles y el material de la misma debe ser resistente al roce, a la humedad y estar firmemente adherida al envase. Así también, la impresión de los códigos debe ser indeleble y no estar afectada a decoloración por efecto de la luz. Los códigos impresos en las etiquetas deben ser transcritos en forma legible a las fichas de muestreo en el mismo terreno. En caso que las

actividades de muestreo se realicen en una zona de alta pluviosidad o ventosa y, además no se dispone de protección contra estos elementos naturales es altamente recomendable utilizar una pequeña libreta de campo (en lo posible a prueba de agua, por ejemplo el modelo "Rite in the Rain"® de JL Darling Corporation – [www.riteintherain.com](http://www.riteintherain.com)) que se acomode a la palma de la mano, ya que bajo estas condiciones climáticas el empleo de fichas se torna inoperante en terreno.

### 3.8.3. Mediciones directas y toma de muestras

Las mediciones directas, es decir aquéllas que se efectúan directamente en terreno y cuyos resultados se obtienen en tiempo real, son realizadas colocando en contacto el sensor del equipo medidor directamente con la matriz ambiental de interés. Algunas recomendaciones prácticas para el buen funcionamiento del equipo y la obtención de registros confiables son las siguientes:

- calibrar periódicamente el instrumental
- mantener limpios los sensores e íntegra su capacidad de funcionamiento
- disponer de baterías o pilas de resguardo
- evitar el almacenamiento de los equipos en lugares húmedos o excesivamente cálidos
- verificar la calidad y el tiempo de expiración de los reactivos accesorios
- disponer de una pizeta con agua destilada para enjuagar sensores
- disponer de manuales de uso en caso que se requiera aclarar dudas sobre su operatividad

Para la recolección de muestras desde las distintas matrices ambientales, por lo general se emplea una variedad de instrumentos y equipos específicos para cada caso que permiten alcanzar sectores o profundidades que de otra manera sería difícil o riesgoso si se efectuase directamente. Las recomendaciones señaladas para el instrumental en base a sensores también son similares a las que se aplican para equipos de muestreo, dado el alto costo de este material:

- mantener equipos e instrumentos protegidos dentro de carcasas o cajas especialmente confeccionadas para su almacenamiento y transporte
- mantención periódica de piezas y partes debido a que estos equipos entran frecuentemente en contacto con agua de mar y sedimentos
- las botellas oceanográficas deben ser limpiadas periódicamente y verificar el funcionamiento de sus partes móviles. Así también se debe chequear los aditamentos elásticos que posee en su interior debido al desgaste que experimentan con el uso
- para evitar su corrosión es recomendable que las dragas sean lavadas con agua dulce y secadas después de ser utilizadas. Las partes móviles y uniones deben permanecer lubricadas

### **a. Recolección de muestras**

En lo referente a la toma de muestras de agua se señalan las siguientes recomendaciones operativas de procedimiento:

- verificar la profundidad máxima para evitar golpear la botella contra el lecho durante su descenso
- antes de montar la botella al sistema, verificar las condiciones de resistencia y continuidad del cabo guía (ausencia de nudos o desfibrilamientos)
- montar un peso muerto al extremo del cabo que mantenga el sistema en posición vertical en caso de corrientes intensas
- utilizar una botella oceanográfica tipo van Dorn de no más de 5 L de capacidad para facilitar su manipulación
- emplear mensajeros de acero inoxidable o recubiertos con Teflon®
- liberar el mensajero cuando el cabo se encuentre recto a fin de asegurar el disparo del mecanismo de cierre

Para las muestras de sedimentos se recomienda lo siguiente:

- si las muestras son recolectadas por un buzo, éstas deben ser obtenidas desde los primeros centímetros de la cubierta sedimentaria (< 3 cm), ya que reflejan las condiciones ambientales más recientes
- en caso que los sedimentos sean muestreados mediante dragas, se recomienda aquéllas que dispongan de ventanillas superiores (tipo van Veen modificada o similar para cuerpos de agua dulce) para extraer las muestras sin alterar mayormente las condiciones originales

Para las muestras de macroinfauna sublitoral de fondos blandos, son atinentes las siguientes recomendaciones:

#### **Muestreo efectuado por buzo**

- en aquellos fondos someros, la recolección puede ser efectuada por un buzo equipado con un aparato muestreador de succión (tipo Emig-Lienhart)
- para operar el aparato de succión es necesario que el compresor ("hooka") cuente con dos salidas de aire: una para el buzo y otra para el aparato de muestreo
- para recolectar la muestra se debe delimitar el perímetro mediante una retícula de 0,1 m<sup>2</sup> de superficie y succionar hasta una profundidad predeterminada (15 cm aproximadamente)
- el detrito y macrofauna aspirados deben ser retenidos por una malla de 1 mm de abertura
- se recomienda muestrear como mínimo 3 réplicas contiguas y almacenarlas por separado

### **Muestreo mediante dragas**

- para la obtención de muestras de macroinfauna se recomienda el empleo de la draga van Veen modificada o Smith-McIntyre para ambientes marinos, ambas de 0,1 m<sup>2</sup> de abertura de mordida
- la manipulación de estos equipos requiere el empleo de huinches oceanográficos (manuales o preferentemente motorizados y de 3 HP de potencia) y de un sistema de levante (pluma y cable de acero)
- la draga debe descender lentamente hasta la proximidad del fondo ("frenada") y luego se libera para que se entierre en el fondo. En los fondos gruesos o compactos es necesario que la draga cuente con peso necesario para que su penetración sea efectiva
- al izar el aparato y asegurarlo en cubierta, éste debe estar completamente cerrado, el escurrimiento debe ser mínimo, los sedimentos en su interior no deben estar en contacto con la cara superior de la draga y la superficie de la muestra debe tener un nivel cercano a la horizontal

#### **b. Preservación de las muestras**

Atendiendo al analito a cuantificar en el laboratorio y al tiempo máximo de almacenamiento de las muestras, dependerá qué modalidad de preservación sea la más adecuada para evitar que las las muestras muestren signos de deterioro en su condición original. Por lo general, las muestras líquidas son mantenidas bajo condiciones de refrigeración y en oscuridad, o son fijadas mediante reactivos químicos de alta calidad.

Las muestras de sedimentos pueden ser mantenidas en refrigeración (*i.e.* para análisis granulométricos) o deben ser congeladas para evitar su descomposición por la actividad bacteriana en aquellos casos en que se determinará la presencia de compuestos de naturaleza orgánica (*i.e.* COT).

Debido a que las muestras de naturaleza biológica sufren procesos de rápida descomposición luego que se extraen de su ambiente natural, es necesario agregar preservantes químicos diluidos que detengan la acción bacteriana. Tradicionalmente, se emplea formalina diluida en agua de mar o dulce al 5%, con algún tipo de aditivo que evite o disminuya el ataque a estructuras carbonáceas de los organismos.

En todo caso en el Manual de Muestreo, que también forma parte de este informe, se proporciona información en detalle sobre los procedimientos de preservación aplicables para los distintos tipos de analitos y matrices ambientales.

### **3.8.4. Análisis en el laboratorio**

Esta etapa se extiende desde el despacho de las muestras hasta la recepción de los certificados de análisis e involucra las siguientes fases:

- envío de las muestras desde los lugares de muestreo
- recepción de las muestras e ingreso por personal del laboratorio
- análisis de las muestras y mantenimiento de contramuestras
- emisión de certificados de resultados al requirente

#### **a. Envío de muestras**

Una vez que las actividades de muestreo han concluido y las muestras han sido preservadas según procedimientos estándares, es necesario su despacho a los distintos centros de análisis. Antes de embalar las muestras líquidas es necesario verificar el apriete de las tapas para evitar escurrimientos. En las etiquetas de envío debe quedar claramente establecido el destinatario y el remitente, como así también programar las fechas de envío de modo que los arribos a destino no coincidan con fines de semana o días festivos.

Dependiendo de la distancia a los laboratorios, el envío puede ser efectuado mediante distintas modalidades. En caso que el laboratorio se encuentre en la misma localidad de muestreo la entrega es directa; para mayores distancias se recurre a empresas de transporte terrestre o aérea que disponen de servicios de encomiendas, cuyo costo de flete depende del tiempo de envío. A nivel nacional existen varias empresas dedicadas este rubro, aunque se recomienda la prestación de servicios de encomiendas courier de aerolíneas por su rapidez en la entrega a destino.

Otras recomendaciones generales son las siguientes:

- para evitar el extravío de las encomiendas, es de vital importancia que se tenga a buen resguardo los comprobantes de envío a objeto de chequear en todo momento la ubicación de la carga mediante el número de despacho o de flete.
- el envío de muestras a los distintos laboratorios debe acompañarse de una Ficha de Despacho, cuya copia queda en poder de quien envía. En esta ficha se incorpora información sobre:

- identificación del laboratorio de análisis
- requirente del análisis
- proyecto o estudio asociado
- fecha de toma de muestras
- fecha de envío
- matriz ambiental
- códigos de las muestras
- análisis solicitados
- número total de muestras

#### **b. Recepción e ingreso de las muestras**

Todo laboratorio debe contar con una sala de recepción de muestras en donde se inicia el proceso de análisis. El personal que recepciona los arribos de material para análisis, debe verificar la cantidad de muestras, la condición en que son recibidas, la integridad y rotulación de los envases y el tipo de análisis solicitados. Cualquier observación sobre el estado de las muestras debe ser comunicada a breve plazo por el Jefe del Laboratorio al requirente de los análisis.

Además, toda información debe ser registrada por escrito mediante algún sistema que el laboratorio haya implementado para asegurar una cadena de custodia al interior del establecimiento. Sólo cuando esta fase esté completa y las dudas hayan sido aclaradas, el analista podrá proseguir con la rutina normal de análisis.

#### **c. Análisis de muestras y mantenimiento de contramuestras**

El requirente debe estar en conocimiento de los métodos y técnicas disponibles en el laboratorio, con objeto de evaluar si estas condiciones satisfacen sus necesidades de análisis. Además, es importante conocer de antemano los límites de detección alcanzables para los analitos cuantificados en las distintas matrices (agua, sedimentos y tejidos) y los tiempos estimados en que se dispondrá de resultados.

La disponibilidad de personal idóneo y capacitado para la operatividad del laboratorio es esencial para asegurar la buena calidad de los resultados. Sobre este punto, es importante que el laboratorio cuente con un sistema de almacenamiento contramuestras, en caso que sea necesario repetir uno o más análisis por la ocurrencia de resultados dudosos o de alta variabilidad. Es recomendable que el requirente conozca el tiempo máximo que dispone el laboratorio para mantener almacenadas contramuestras.

#### **d. Emisión de certificados de resultados al requirente**

Una vez concluido los análisis de laboratorio los resultados son informados mediante certificados firmados por el Jefe de Laboratorio y timbrados. El despacho de certificados al requirente se efectúa mediante las siguientes vías que no son excluyentes entre sí: envío de copia por fax, por correo ordinario (original) o por correo electrónico (e-mail). La última modalidad tiene la ventaja de incorporar planillas digitales para el registro de los resultados, facilitando de este modo la transferencia a la base de datos y disminuyendo la posibilidad de incurrir en errores durante el traspaso manual de la información.

Se recomienda que para la emisión del certificado de análisis este documento cuente con al menos la siguiente información:

##### Identificación de las partes

- Identificación del laboratorio
- identificación del cliente o requirente
- Número de informe

##### Información sobre las muestras, el muestreo y el análisis

- Tipo de matriz ambiental
- Responsable de la toma de muestras
- Fecha de muestreo
- Fecha de ingreso
- Fecha de término del análisis
- Fecha de emisión del certificado
- Lugar de almacenamiento de las contramuestras
- Análisis efectuados
- Método de cuantificación
- Límite de detección

##### Resultados

- Códigos de identificación de las muestras
- Valor del parámetro
- Unidad de medición
- Firma y timbre del Jefe de Laboratorio



### 3.8.5. Procesamiento de datos

Los datos son el basamento básico y fundamental de todo análisis cuantitativo, y el punto de partida de todo análisis y ulterior interpretación de la información que se genere durante el procesamiento. Como tal, los datos deben ser confiables y verificables en todas las etapas de su procesamiento. Uno de los puntos relevantes en un programa de esta naturaleza se orienta a diseñar un sistema que permita registrar, almacenar y transferir datos.

#### a. Etapa de gabinete

Una vez finalizada la etapa de muestreo y los análisis en laboratorio, se tendrán todos los datos y observaciones. En este momento es necesario contar con un sistema computacional que permita almacenar y transferir la información de manera accesible a todas las partes interesadas.

En esta etapa del proyecto, los datos generados pueden ser almacenados temporalmente mediante una planilla electrónica. Si bien existen distintas opciones en el mercado del software, la más utilizada corresponde a Excel<sup>®</sup> de Microsoft<sup>®</sup> por su facilidad de uso y versatilidad; una alternativa que requiere de un usuario más experimentado es el programa administrador de base de datos Access<sup>®</sup>, también de la misma empresa de computación.

La estructura de almacenamiento de los datos en esta planilla debe estar en función de su objetivo final, es decir, la transferencia de toda esta información a un Sistema de Información Geográfico (SIG). Para este efecto, los datos contenidos en esta planilla deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Los archivos se crean por cuerpo de agua y por campaña
- Cada archivo se estructura en base a planillas, en la que cada una de ellas representa una matriz ambiental distinta (agua, sedimentos y macrofauna), además de otras planillas que incorporan información de terreno (metadatos)
- En el ordenamiento matricial las columnas representan las variables de interés, mientras que las filas representan los valores cuantificados o medidos para cada una de estas variables.
- Las primeras columnas contienen aquellas variables que permiten identificar el set de datos contenidos en la planilla: región, cuerpo de agua, sector, tipo, campaña, transecta, estación,

réplica, y fecha. A continuación, se ubican tres tipos de variables: parámetro, código de la muestra y laboratorio de análisis. Estas tres columnas se repiten consecutivamente hasta agotar la cantidad de parámetros establecidos por tipo de matriz ambiental.

- La identificación de cada variable contiene un nombre abreviado y una unidad de medición asociada.

## **b. Validación de la información**

El diseño de validación de la información contempla dos niveles distintos: uno relacionado con la calidad de la información (verificación de los datos) y otro asociado con los niveles de los indicadores ambientales (límites máximos).

### **Confiabilidad de los datos**

En todo proceso de almacenamiento de información deben existir controles que permitan verificar la idoneidad y calidad de los datos que son ingresados. Los errores más comunes que se detectan en esta etapa se relacionan con valores fuera de rango, valores incoherentes por errores en la transcripción, ausencia de valores no explicada, valores bajo el límite de detección, entre otros.

Si bien se pueden elaborar programas de computación que permitan validar la información en este sentido, asignando rangos con valores mínimos y máximos en los cuales los resultados deben variar, esta es una medida que no está contemplada dentro de este proyecto, aunque sí se puede aplicar medidas prácticas para detectar estas inconsistencia.

Una primera aproximación al problema se relaciona con la verificación de esta información por un profesional con formación en este campo. Esta actividad permite detectar valores anómalos o dudosos, ya que claramente escapan de la tendencia general.

Disponiendo de los límites de detección que proporciona el laboratorio, es posible reconocer rápidamente aquellos valores inconsistentes, ya que presentan magnitudes menores a aquellos.

Generalmente, cuando se presentan valores cuya magnitud es uno o dos órdenes de magnitud superior respecto a la tendencia observada en los valores restantes, es necesario verificar si el dato es real, ya que podría estar reflejando errores de transcripción ("corrimiento de la coma o punto decimal"). La presencia de "celdas vacías", es decir, ausencia de datos en las planillas de registros se soluciona creando códigos estándares que indiquen la causa de esta situación: la muestra no se tomó, la muestra fue preservada en forma inadecuada, la muestra se extravió, la muestra no fue analizada, se trata de una contramuestra, etc.

### Límites máximos

En este caso el enfoque se orienta a desarrollar un sistema de alerta temprana (SAT) que le indique al usuario, cuando han sido transgredidos los niveles máximos permisibles establecidos por norma, por alguna directriz, o en ausencia de estos en comparación a niveles referenciales. Aunque a nivel nacional no se dispone de una normativa definitiva de calidad y protección ambiental actualmente se cuenta con iniciativas a este respecto que se encuentran diversos estados de desarrollo.

En materia de norma de calidad secundaria para aguas marinas, existe un anteproyecto de esta naturaleza que establece valores máximos permisibles, en función de clases de calidad de aguas que están asociadas con usos específicos (Tabla 3.24). A este respecto, en este anteproyecto se indica que la "Clase 2" corresponde a agua de buena calidad, apta para la acuicultura, actividades pesqueras y todos los usos que se encuentran señalados en la clase siguiente de este documento ("Clase 3").

En este mismo documento normativo, en el artículo 8º se fijan valores máximos para mantener o recuperar el estado trófico de cuerpos de agua de circulación restringida. De igual modo que para las aguas marinas contenida en cuerpos de agua distintos a fiordos, canales y estuarios, estos cuerpos de agua que son vulnerables a sobrecarga por contaminantes orgánicos, los valores máximos señalados en la Tabla 3.25 pueden ser adoptados por SAT que se desea implementar.

De manera análoga, para las aguas continentales superficiales existe un proyecto definitivo de norma de calidad para su protección. En este cuerpo regulador, las aguas también han sido clasificadas según clases de calidad y la "Clase 2" está tipificada de buena calidad apta para el desarrollo de la acuicultura y otras actividades recreativas y deportivas (Tabla 3.26).

Tabla 3.24. Valores máximos de concentración o unidad de los contaminantes en las aguas marinas aptas para la protección de comunidades acuáticas. HAP: Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

|  |                          |             |                              | CLASES DE CALIDAD |                   |              |
|--|--------------------------|-------------|------------------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| CONTAMINANTE                               | Unidad                   | Expresión   |                              | CLASE 1           | CLASE 2           | CLASE 3      |
| <b>FÍSICOS</b>                             |                          |             |                              |                   |                   |              |
| 1  | Oxígeno disuelto         | % sat       | OD                           | > 90              | 70-89             | 40-69        |
| 2  | Temperatura <sup>1</sup> | °C          | T°                           | D2                | D3                | D5           |
| 3  | pH                       | unidad      | pH                           | 7,5-8,5           | 6,5-9,5           | 6,0-9,5      |
| 4  | Sólidos suspendidos      | mg/L        | SS                           | < 25              | 25-80             | 80-400       |
| <b>QUÍMICOS</b>                            |                          |             |                              |                   |                   |              |
| 5  | Hidrocarburos totales    | mg/L        | HCT                          | < 0,02            | 0,02-0,05         | 0,05-1       |
| 6  | HAP                      | mg/L        | HAP                          | < 0,0002          | < 0,0002          | 0,0002-0,001 |
| 7  | Detergentes              | mg/L        | SAAM                         | < 0,2             | 0,2-1             | 1-10         |
| <b>TÓXICOS NO ACUMULATIVOS</b>             |                          |             |                              |                   |                   |              |
| 8  | Amonio                   | µmol/L      | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | < 5               | 5-10              | 10-15        |
| 9  | Cianuro                  | mg/L        | CN <sup>-</sup>              | < 0,005           | 0,005-0,01        | 0,005-0,01   |
| 10   | Cloro libre residual     | mg/L        |                              | < 0,002           | 0,002-0,01        | 0,01-0,1     |
| 11   | Fenoles                  | mg/L        | Fenoles                      | < 0,001           | 0,001-0,01        | 0,01-1       |
| 12   | Fluoruro <sup>2</sup>    | mg/L        | F <sup>-</sup>               | < 0,0369×S        | 0,0369×S-0,0443×S | 0,0443×S-2,3 |
| 13   | Sulfuro                  | mg/L        | S <sup>2-</sup>              | < 0,002           | 0,002-0,005       | 0,005-0,01   |
| <b>TÓXICOS ACUMULATIVOS Y PERSISTENTES</b> |                          |             |                              |                   |                   |              |
| 14   | Bifenilos policlorados   | µg/L        | PCB's                        | < 0,001           | 0,001             | 0,001        |
| <b>PLAGUICIDAS</b>                         |                          |             |                              |                   |                   |              |
| 15   | Aldrin                   | µg/L        | Aldrin                       | < 0,01            | < 0,01            | < 0,01       |
| 16   | Clordano                 | µg/L        | Clordano                     | < 0,006           | < 0,006           | < 0,006      |
| 17   | Malatión                 | µg/L        | Malatión                     | < 0,01            | < 0,01            | < 0,01       |
| 18   | Pentaclorofenol          | µg/L        | PCP                          | < 0,5             | < 0,5             | < 0,5        |
| 19   | DDT                      | µg/L        | DDT                          | < 0,001           | < 0,001           | < 0,001      |
| 20   | Demeton                  | µg/L        | Demeton                      | < 0,1             | < 0,1             | < 0,1        |
| 21   | Dieldrin                 | µg/L        | Dieldrin                     | < 0,002           | < 0,002           | < 0,002      |
| 22   | Heptaclor                | µg/L        | Heptaclor                    | < 0,01            | < 0,01            | < 0,01       |
| 23   | Lindano                  | µg/L        | Lindano                      | < 0,003           | < 0,003           | < 0,003      |
| 24   | Paratión                 | µg/L        | Paratión                     | < 0,04            | < 0,04            | < 0,04       |
| <b>METALES PESADOS (disueltos)</b>         |                          |             |                              |                   |                   |              |
| 25   | Aluminio                 | µg/L        | Al                           | < 200             | 200-1.500         | 1.500        |
| 26   | Arsénico                 | µg/L        | As                           | < 10              | 10-50             | 50           |
| 27   | Cadmio                   | µg/L        | Cd                           | < 5               | 5-10              | 10           |
| 28   | Cobre                    | µg/L        | Cu                           | < 10              | 10-50             | 50           |
| 29   | Cromo total              | µg/L        | Cr total                     | < 10              | 10-50             | 50-100       |
| 30   | Cromo VI                 | µg/L        | Cr VI                        | < 10              | 50                | 50           |
| 31   | Estaño                   | µg/L        | Sn                           | < 20              | 20-100            | 100          |
| 32   | Mercurio                 | µg/L        | Hg                           | < 0,2             | 0,2-0,5           | 0,5          |
| 33   | Níquel                   | µg/L        | Ni                           | < 2               | 2-100             | 100          |
| 34   | Plomo                    | µg/L        | Pb                           | < 3               | 3-50              | 50           |
| 35   | Selenio                  | µg/L        | Se                           | < 5               | 5-10              | 10           |
| 36   | Zinc                     | µg/L        | Zn                           | < 30              | 30-100            | 100          |
| <b>CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS</b>       |                          |             |                              |                   |                   |              |
| 37   | Coliformes fecales       | NMP/ 100 mL | Coli. fec./100 mL            | < 2               | < 43              | < 1.000      |
| 38   | Coliformes totales       | NMP/ 100 mL | Coli. fec./100 mL            | < 70              | 70-1.000          | < 1.000      |

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

- D2: La variación no debe ser mayor a 2 °C (temperatura promedio estacional ± 2 °C)
- D3: La variación no debe ser mayor a 3 °C (temperatura promedio estacional ± 3 °C)
- D5: La variación no debe ser mayor a 5 °C (temperatura promedio estacional ± 5 °C)

2: La norma se establece en función de la salinidad del agua.

Tabla 3.25. Valores máximos de concentración o unidad de los contaminantes para mantener o recuperar el estado trófico de fiordos, canales y estuarios.

| Contaminante                           | Unidad  | Valor límite   |
|--|---|----------------|
| Clorofila a                            | µg/L  | 2              |
| Fósforo total - P <sub>total</sub>     | µg/L  | 45             |
| Fósforo reactivo filtrado (FRP)        | µg/L  | 4              |
| Nitrógeno total - N <sub>total</sub>   | µg/L  | 80             |
| Amonio -- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | µg N/L  | 20             |
| Oxígeno disuelto (OD)                  | % saturación  | 90             |
| Temperatura (T°)                       | delta respecto de distribución de temperatura del sistema | < 20%<br>> 80% |
| pH                                     | unidad  | 7,5 - 8,5      |

Tabla 3.26. Valores máximos de concentración o unidad de los contaminantes aguas continentales superficiales.

|                                       | GRUPO DE COMPUESTOS O ELEMENTOS       | Unidad | CLASE DE EXCEPCION | CLASE 1.  | CLASE 2.  | CLASE 3.  |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>INDICADORES FISICOS y QUIMICOS</b> |                                       |        |                    |           |           |           |
| 1.                                    | Conductividad eléctrica               | µS/cm  | <600               | 750       | 1.500     | 2.250     |
| 2.                                    | DBO <sub>5</sub>                      | mg/L   | <2                 | 5         | 10        | 20        |
| 3.                                    | Color aparente                        | Pt-Co  | <16                | 20        | 100       | >100      |
| 4.                                    | Oxígeno Disuelto <sup>1</sup>         | mg/L   | >7,5               | 7,5       | 5,5       | 5         |
| 5.                                    | pH <sup>2</sup>                       | Unidad | 6,5 - 8,5          | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 8,5 |
| 6.                                    | RAS <sup>3</sup>                      | -      | <2,4               | 3         | 6         | 9         |
| 7.                                    | Sólidos disueltos                     | mg/L   | <400               | 500       | 1.000     | 1.500     |
| 8.                                    | Sólidos suspendidos                   | mg/L   | <24                | 30        | 50        | 80        |
| 9.                                    | Temperatura <sup>4</sup>              | ΔT°C   | <0,5               | 1,5       | 1,5       | 3         |
| <b>INORGANICOS</b>                    |                                       |        |                    |           |           |           |
| 10.                                   | Amonio                                | mg/L   | <0,5               | 1         | 1,5       | 2,5       |
| 11.                                   | Cianuro                               | µg/L   | <4                 | 5         | 10        | 50        |
| 12.                                   | Cloruro                               | mg/L   | <80                | 100       | 150       | 200       |
| 13.                                   | Fluoruro                              | mg/L   | <0,8               | 1         | 1,5       | 2         |
| 14.                                   | Nitrito                               | mg/L   | <0,05              | 0,06      | >0,06     | >0,06     |
| 15.                                   | Sulfato                               | mg/L   | <120               | 150       | 500       | 1.000     |
| 16.                                   | Sulfuro                               | mg/L   | <0,04              | 0,05      | 0,05      | 0,05      |
| <b>ORGANICOS</b>                      |                                       |        |                    |           |           |           |
| 17.                                   | Aceites y Grasas                      | mg/L   | <4                 | 5         | 5         | 10        |
| 18.                                   | Bifenilos policlorados (PCBs)         | µg/L   | *                  | 0,040     | 0,045     | >0,045    |
| 19.                                   | Detergentes (SAAM) <sup>5</sup>       | mg/L   | <0,16              | 0,2       | 0,5       | 0,5       |
| 20.                                   | Indice de fenol                       | µg/L   | <1,6               | 2         | 2         | 10        |
| 21.                                   | Hidrocarburos Aromáticos Policiclicos | µg/L   | <0,16              | 0,2       | 1         | 1         |
| 22.                                   | Hidrocarburos                         | mg/L   | <0,04              | 0,05      | 0,2       | 1,0       |
| 23.                                   | Tetracloroeteno                       | mg/L   | *                  | 0,26      | 0,26      | >0,26     |
| 24.                                   | Tolueno                               | mg/L   | *                  | 0,3       | 0,3       | >0,3      |

| ORGANICOS PLAGUICIDAS            |  |                 |        |        |       |        |
|----------------------------------|--|-----------------|--------|--------|-------|--------|
| 25.                              | Acido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D) | µg/L            | *      | 4      | 4     | 100    |
| 26.                              | Aldicarb <sup>6</sup>                  | µg/L            | *      | 1      | 11    | 11     |
| 27.                              | Aldrín <sup>6</sup>                    | µg/L            | *      | 0,004  | 0,004 | 0,7    |
| 28.                              | Atrazina + N-dealkyl metabolitos       | µg/L            | *      | 1      | 1     | 1      |
| 29.                              | Captán                                 | µg/L            | *      | 3      | 10    | 10     |
| 30.                              | Carbofurano                            | µg/L            | *      | 1,65   | 45    | 45     |
| 31.                              | Clordano <sup>6</sup>                  | µg/L            | *      | 0,006  | 0,006 | 7      |
| 32.                              | Clorotalonil                           | µg/L            | *      | 0,2    | 6     | 6      |
| 33.                              | Cyanazina                              | µg/L            | *      | 0,5    | 0,5   | 10     |
| 34.                              | Demetón                                | µg/L            | *      | 0,1    | 0,1   | 0,1    |
| 35.                              | DDT <sup>6</sup>                       | µg/L            | *      | 0,001  | 0,001 | 30     |
| 36.                              | Diclofop-metil                         | µg/L            | *      | 0,2    | 0,2   | 9      |
| 37.                              | Dieldrín <sup>6</sup>                  | µg/L            | *      | 0,5    | 0,5   | 0,5    |
| 38.                              | Dimetoato                              | µg/L            | *      | 6,2    | 6,2   | 6,2    |
| 39.                              | Heptaclor <sup>6</sup>                 | µg/L            | *      | 0,01   | 0,01  | 3      |
| 40.                              | Lindano                                | µg/L            | *      | 4      | 4     | 4      |
| 41.                              | Paratión                               | µg/L            | *      | 35     | 35    | 35     |
| 42.                              | Pentaclorofenol <sup>7</sup>           | µg/L            | *      | 0,5    | 0,5   | 0,7    |
| 43.                              | Simazina                               | mg/L            | *      | 0,005  | 0,01  | 0,01   |
| 44.                              | Trifluralina                           | µg/L            | *      | 0,1    | 45    | 45     |
| METALES ESENCIALES (disuelto)    |  |                 |        |        |       |        |
| 45.                              | Boro                                   | mg/L            | <0,4   | 0,5    | 0,75  | 0,75   |
| 46.                              | Cobre <sup>8</sup>                     | µg/L            | <7,2   | 9      | 200   | 1.000  |
| 47.                              | Cromo total                            | µg/L            | <8     | 10     | 100   | 100    |
| 48.                              | Hierro                                 | mg/L            | <0,8   | 1      | 5     | 5      |
| 49.                              | Manganeso                              | mg/L            | <0,04  | 0,05   | 0,2   | 0,2    |
| 50.                              | Molibdeno                              | mg/L            | <0,008 | 0,01   | 0,15  | 0,5    |
| 51.                              | Níquel <sup>8</sup>                    | µg/L            | <42    | 52     | 200   | 200    |
| 52.                              | Selenio                                | µg/L            | <4     | 5      | 20    | 50     |
| 53.                              | Zinc <sup>8</sup>                      | mg/L            | <0,096 | 0,120  | 1     | 5      |
| METALES NO ESENCIALES (disuelto) |  |                 |        |        |       |        |
| 54.                              | Aluminio                               | mg/L            | <0,07  | 0,09   | 0,01  | 5      |
| 55.                              | Arsénico                               | mg/L            | <0,04  | 0,05   | 0,1   | 0,1    |
| 56.                              | Cadmio <sup>8</sup>                    | µg/L            | <1,8   | 2      | 10    | 10     |
| 57.                              | Estaño                                 | µg/L            | <4     | 5      | 25    | 50     |
| 58.                              | Mercurio                               | µg/L            | <0,04  | 0,05   | 0,05  | 1      |
| 59.                              | Plomo <sup>8</sup>                     | mg/L            | <0,002 | 0,0025 | 0,2   | 5      |
| INDICADORES MICROBIOLÓGICOS      |  |                 |        |        |       |        |
| 60.                              | Coliformes fecales (NMP)               | gérmenes/100 ml | <10    | 1.000  | 2.000 | 5.000  |
| 61.                              | Coliformes totales (NMP)               | gérmenes/100 ml | <200   | 2.000  | 5.000 | 10.000 |

\*= La determinación de estos compuestos o elementos deberá estar bajo el límite de detección del instrumental analítico más sensible.

1= Expresado en términos de valor mínimo

2= Expresado en términos de valor máximo y mínimo

3= Razón de adsorción de sodio (RAS). Relación utilizada para expresar la actividad relativa de los iones sodio en las reacciones de intercambio con el suelo. Cuantitativamente como miliequivalentes:

$$RAS = \frac{Na}{[(Ca + Mg) / 2]^{1/2}}$$

en que, Na; Ca y Mg = Son respectivamente las concentraciones, en miliequivalentes por litro, de iones sodio, calcio y magnesio.

4= Diferencia de temperatura entre la zona monitoreada y la temperatura natural del agua.

5= Sustancias activas al azul de metileno (SAAM).

6= Con prohibición de uso agrícola establecida por el Servicio Agrícola y Ganadero.

7= Con suspensión de uso establecida por el Servicio Agrícola y Ganadero.

8= Las concentraciones de estos compuestos o elementos para las clases de excepción y la clase 1, son calculados para una dureza de 100 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Para otras durezas, la concentración máxima del compuesto o elemento, para la clase 1, expresada en µg/L, se determinará de acuerdo a las fórmulas siguientes. Para la clase de Excepción el cálculo se obtendrá a partir del 80% del valor obtenido en la clase 1.

| Compuesto o elemento | Expresión  |
|----------------------|--|
| Cadmio               | $\{1,101672 - [\ln(\text{dureza}) * (0,041838)]\} * \exp(0,7852 [\ln(\text{dureza})] - 2,715)$ |
| Cobre                | $0,960 * \exp(0,8545 [\ln(\text{dureza})] - 1,702)$  |
| Plomo                | $\{1,46203 - [\ln(\text{dureza}) * (0,145712)]\} * \exp(1,273 [\ln(\text{dureza})] - 4,705)$   |
| Níquel               | $0,997 * \exp(0,8460 [\ln(\text{dureza})] + 0,0584)$   |
| Zinc                 | $0,986 * \exp(0,8473 [\ln(\text{dureza})] + 0,884)$  |

Cabe señalar que en el artículo 7º, esta normativa señala que a partir del segundo año de entrada en vigencia los niveles de metales (esenciales y no esenciales) serán considerados en su fracción total y no disuelta (Tabla 3.27). Esta condición es menos restrictiva que la señalada en la Tabla 3.26.

Tabla 3.27. Valores máximos de concentración o unidad de los contaminantes aguas continentales superficiales.

|  | GRUPO DE COMPUESTOS O ELEMENTOS | unidad | CLASE DE EXCEPCION | CLASE 1. | CLASE 2. | CLASE 3. |
|--|---------------------------------|--------|--------------------|----------|----------|----------|
| <b>METALES ESENCIALES (totales)</b>    |                                 |        |                    |          |          |          |
| 46.                                    | Boro                            | mg/L   | <0,4               | 0,5      | 0,75     | 0,75     |
| 47.                                    | Cobre                           | µg/L   | <7,5               | 9,4      | 200      | 1.000    |
| 48.                                    | Cromo total                     | µg/L   | <32                | 40       | 100      | 100      |
| 49.                                    | Hierro                          | mg/L   | <0,8               | 1        | 5        | 5        |
| 50.                                    | Manganeso                       | mg/L   | <0,04              | 0,05     | 0,2      | 0,2      |
| 51.                                    | Molibdeno                       | mg/L   | <0,008             | 0,01     | 0,15     | 0,5      |
| 52.                                    | Níquel                          | µg/L   | <42                | 52       | 200      | 200      |
| 53.                                    | Selenio                         | µg/L   | <4                 | 5        | 20       | 50       |
| 54.                                    | Zinc                            | mg/L   | <0,097             | 0,122    | 1        | 5,071    |
| <b>METALES NO ESENCIALES (totales)</b> |                                 |        |                    |          |          |          |
| 55.                                    | Aluminio                        | mg/L   | <0,07              | 0,09     | 0,01     | 5        |
| 56.                                    | Arsénico                        | mg/L   | <0,04              | 0,05     | 0,1      | 0,1      |
| 57.                                    | Cadmio                          | µg/L   | <2                 | 2,2      | 10       | 10       |
| 58.                                    | Estaño                          | µg/L   | <4                 | 5        | 25       | 50       |
| 59.                                    | Mercurio                        | µg/L   | <0,08              | 0,1      | 0,1      | 1        |
| 60.                                    | Plomo                           | mg/L   | <0,0025            | 0,0032   | 0,2      | 5        |

Así también, en este documento legal se ha establecido condiciones específicas para salvaguardar el estado trófico de cuerpos lacustres. Para este efecto se considera tres estados de condición para las aguas de los lagos araucanos y norpatagónicos (Tabla 3.28).

Tabla 3.28. Valores máximos de concentración o unidad de los contaminantes para la protección del estado trófico de lagos.

|    | COMPUESTOS O ELEMENTOS                    | Unidad                  | ESTADO ULTRAOLIGO TRÓFICO | ESTADO OLIGO TRÓFICO | ESTADO MESO TRÓFICO |
|----|---|-------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|
| 1. | Clorofila a                               | µg/L                    | <1                        | 3                    | 10 (15)             |
| 2. | DBO <sub>5</sub>                          | mg/L                    | <1                        | 5                    | 20                  |
| 3. | Fósforo                                   | µg/L                    | <5 (7,5)                  | 10 (10)              | 20 (30)             |
| 4. | Nitrógeno                                 | µg/L                    | <60 (300)                 | 250 (450)            | 400 (750)           |
| 5. | Productividad Primaria                    | mg C/m <sup>2</sup> año | <30                       | 80                   | 250                 |
| 6. | Transparencia (disco Secchi) <sup>1</sup> | m                       | >20 (12)                  | 10 (6)               | 5 (3)               |

NOTA: Los valores señalados en esta tabla son válidos para los lagos araucanos y norpatagónicos. Para otros cuerpos lacustres los valores se expresan entre paréntesis no asignándose valores a todos los compuestos o elementos.

<sup>1</sup>= Expresado en términos de valor mínimo.

En vista que actualmente se carece de una normativa similar para sedimentos marinos y lacustres, en el Anexo se entregan valores directrices aplicados en Estados Unidos y Canada. Cabe recalcar que estos valores son solamente referenciales, ya que fueron establecidos para condiciones ambientales muy distintas a las de nuestro territorio; la mayoría de los parámetros, no están orientados específicamente para normar las actividades de cultivo de recursos hidrobiológicos; la capacidad tecnológica en materia de sensibilidad analítica es superior a que se encuentra implementada en nuestro país.

Para contrarrestar esta falencia, actualmente esta Consultora y la Universidad de Playa Ancha están desarrollando en conjunto un proyecto licitado por la CONAMA (Contrato N° 21-22-003/01), orientado a recopilar y analizar los antecedentes técnicos y científicos para generar una norma de calidad secundaria de sedimentos marinos y lacustres. De acuerdo con la planificación de ese proyecto, aproximadamente dentro de un año se contará con una propuesta concreta sobre valores máximos permisibles de sustancias contaminantes presentes en sedimentos acuáticos. Esta situación, a futuro permitirá contar con valores más acordes con la realidad nacional.



### 3.9. Programa de Monitoreo para Áreas Geográficas Mayores

El diseño de programa de monitoreo que se propone a continuación está concebido para su aplicación en áreas geográficas de gran extensión, considerando cuerpos acuáticos marinos: costa abierta, bahías, canales y esteros, fiordos y estuarios; como así también de tipo dulceacuícola: lagos y ríos. La estructura de este programa se organiza en base a la medición periódica en el tiempo de dos tipos de parámetros (metadatos e indicadores):

- Metadatos
  - Apreciación ambiental
  - Intervención antrópica
  - Ubicación
  
- Indicadores
  - De presión ambiental por ejercicio de la acuicultura
  - De condición de hábitat
  - De exposición
  - De condición biótica

Los parámetros corresponden a mediciones cualitativas o cuantitativas, mediante las cuales se puede evaluar las condiciones ambientales imperantes en dicho momento. Dichas condiciones ambientales son el producto de tres componentes que operan en forma conjunta: la variabilidad natural del sistema, el impacto generado por usos o actividades distintas a la acuicultura y el impacto procedente del ejercicio de la acuicultura.

#### 3.9.1. Metadatos

Los metadatos corresponden a todas aquellas observaciones que permiten resumir la variabilidad natural del sistema y el impacto de actividades o usos no ligadas a la acuicultura. Con respecto a la variabilidad natural, desde un punto de vista práctico son aquellas observaciones efectuadas en terreno que contribuyen a facilitar la interpretación en la etapa de análisis de datos y mediciones. Mediante el registro de este tipo de datos, es posible disponer de un panorama más claro y comprensible de las condiciones ambientales generales bajo las cuales se efectuó las actividades de muestreo. A modo de ejemplo, si el técnico muestreador no consigna la ocurrencia de precipitaciones durante el desarrollo del muestreo,

posiblemente las mediciones de baja salinidad registradas para el estrato superficial de la columna de agua, podrían ser atribuidas por el analista a la presencia de una fuente dulceacuícola cercana procedente de un curso de agua o de la descarga de algún emisario. Dentro de este ámbito se encuentra dos categorías: *apreciación ambiental* y *ubicación espacial*.

Con respecto al impacto que ejercen otras actividades humanas sobre el entorno, distintas a la acuicultura, éstas se estiman con la categoría denominada *intervención antrópica*. Las observaciones se centran sobre los efectos a nivel de la vegetación terrestre, el grado de ocupación antrópico del borde costero, pérdida de biodiversidad, entre otros.

### a. Apreciación ambiental

Corresponde a toda aquella información que permite formarse una idea sobre las condiciones meteorológicas (i.e. climáticas) y oceanográficas generales en que se desarrollaron las actividades de muestreo. Para sintetizar la situación imperante durante el día del muestreo, es necesario consignar observaciones visuales y mediciones directas efectuadas mediante el instrumental adecuado. En el cuadro siguiente se indica los tipos de variables que deben ser registradas en cada actividad de muestreo.

| Variable             | Unidad de medición                | Instrumental               | Precisión  | Observación   |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|--|---|
| Día de muestreo      | Fecha (s)                         | Calendario                 | Día, mes, año  | En caso que se prolongue por más de un día, indicar todas las fechas (consecutivas o no consecutivas) |
| Tiempo de muestreo   | Hora de inicio<br>Hora de término | Reloj                      | Hora, minuto   | Indicar tiempos sin actividad por fallas de equipos, derivas, etc.                                    |
| Temperatura          | °C                                | Termómetro                 | 0,1°C  | Efectuar la medición a la sombra  |
| Nubosidad            | Cualitativa: octavos              | Observación visual directa | 1/8  | 0 indica despejado<br>8/8 indica totalmente cubierto  |
| Precipitaciones      | Cualitativa: presencia o ausencia | Observación visual directa | Presencia: Llovizna, Chubascos, Lluvia, Nieve, Granizo |   |
| Dirección del viento | Puntos cardinales                 | Observación visual directa | N,S,E,O<br>NO,NE,SE, SO                                |   |
| Velocidad del viento | m/s                               | Anemómetro                 | 1 m/s  | < 1 m/s indica Calma  |
| Oleaje               | Cualitativa: estado de agitación  | Observación visual directa | Llana, Rizada, Marejadilla, Marejada                   |   |
| Color del agua       | Cualitativa: coloración           | Observación visual directa | Matices  | Indicar causa si se aprecia material particulado  |

**b. Intervención antrópica**

Corresponde a información cualitativa registrada en terreno, que permite apreciar la presión ejercida por el hombre derivada de usos o actividades productivas distintas a la acuicultura. En el cuadro señalado a continuación, los registros están codificados según una clasificación en base a categorías o un criterio de presencia/ausencia.

| Variable                 | Categoría          | Descripción          |
|--------------------------|--------------------|----------------------|
| Vegetación terrestre     | H                  | Herbácea             |
|                          | Ar                 | Arbustiva            |
|                          | Ab                 | Arbórea              |
|                          | N                  | Ninguna              |
| Origen veget. terrestre  | I                  | Introducida          |
|                          | E                  | Endémica             |
|                          | IN                 | Ambas                |
| Sustrato borde costero   | B                  | Basamento rocoso     |
|                          | R                  | Rocas                |
|                          | B                  | Bolones              |
|                          | A                  | Arena                |
| Relieve costero          | A                  | Acantilado           |
|                          | P                  | Playa                |
|                          | D                  | Dunas                |
|                          | A                  | Artificial           |
| Fauna terrestre          | A                  | Aves                 |
|                          | M                  | Mamíferos            |
| Vegetación acuática      | E                  | Emergida             |
|                          | S                  | Sumergida            |
| Sitios de interés        | ZC                 | Zona de crianza      |
|                          | ZN                 | Zona de nidificación |
|                          | ZR                 | Zona de reproducción |
|                          | ZA                 | Zona de alimentación |
| Presencia humana         | Casas              | Presencia/Ausencia   |
|                          | Industrias         | Presencia/Ausencia   |
|                          | Obras portuarias   | Presencia/Ausencia   |
|                          | Caminos            | Presencia/Ausencia   |
|                          | Emisarios          | Presencia/Ausencia   |
|                          | Cultivos acuícolas | Presencia/Ausencia   |
|                          | Ganadería          | Presencia/Ausencia   |
|                          | Agricultura        | Presencia/Ausencia   |
|                          | Pesca              | Presencia/Ausencia   |
| Deportes acuáticos       | Presencia/Ausencia |                      |
| Tráfico de embarcaciones | Presencia/Ausencia |                      |

### c. Ubicación espacial

Corresponde a la posición georreferenciada de la estación de muestreo mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS en inglés) y a la profundidad del fondo, que permita ubicar el sitio de muestreo y representarlo mediante un Sistema de Información Geográfico. La ubicación geográfica con cierto grado de precisión de los sitios de muestreo es una condición relevante para un programa de monitoreo, ya que las fluctuaciones en los valores de las mediciones deben reflejar la variabilidad temporal del sistema y no la variación espacial debido a la obtención de muestras en un sitio distinto al que originalmente se recolectaron.

| Variable    | Unidad de medición | Instrumental              | Precisión | Observación   |
|-------------|--------------------|---------------------------|-----------|---|
| UTM Norte   | Metros             | Geoposicionador satelital | 1 m       | Indicar Datum(*), Zona y Cobertura satelital  |
| UTM Este    | Metros             | Geoposicionador satelital | 1 m       | Indicar Datum, Zona y Cobertura satelital   |
| Profundidad | Metros             | Ecosonda o escandallo     | 1 m       | Además es importante consignar la hora de la medición, ya que esta variable está condicionada por las mareas. |

(\*) El datum más empleado corresponde al WGS84

### 3.9.2. Indicadores

Fundamentalmente, corresponden a cuatro grupos de variables cuya medición permite estimar los efectos de la actividad antrópica sobre la condición ambiental, ejercida a través de las distintas prácticas de cultivo de recursos hidrobiológicos en la zona de estudio.

#### a. Indicadores de presión ambiental por ejercicio de la acuicultura

Las variables incorporados por este indicador, permiten estimar el grado de presión ambiental que ejercen específicamente las actividades de acuicultura sobre el cuerpo acuático. Esta información provendrá de la estadísticas que administra el Departamento Sistemas de Información Estadística Pesquera (SIEP) del SERNAPESCA y corresponderá a la siguiente:

- Producción anual (ton) por tipo de recurso para el cuerpo de agua
- Ubicación georreferenciada (coordenadas UTM) de los centros de cultivo en el cuerpo de agua
- Número de centros de cultivo por cuerpo de agua
- Número de unidades de cultivo por cuerpo de agua: jaulas, long-lines, parcelas, etc.
- Superficie total (hectáreas) del cuerpo de agua ocupada por los centros de cultivo

#### **b. Indicadores de condición de hábitat**

Corresponde a aquellas variables ambientales fundamentales que permiten apreciar las propiedades químicas y físicas básicas del ambiente acuático. Independientemente del tipo de cuerpo de agua o tipo de recurso cultivado, estas variables siempre serán registradas para la matriz ambiental correspondiente. Si bien, la categoría denominada *apreciación ambiental* contemplada en los metadatos se orienta a establecer una síntesis de la variabilidad natural del sistema, el registro de estas variables está enfocado específicamente al medio acuático.

Estas tres variables son fundamentales para diagnosticar el estado de condición de la matriz acuosa y sedimentaria. Para el caso de la matriz acuosa, existen fenómenos y procesos naturales de meso y macroescala que influyen grandes áreas geográficas de nuestro territorio y cuyos efectos se reflejan en las propiedades físicas y químicas básicas de las aguas costeras (*i.e.* fenómeno El Niño, surgencias costeras, intrusión de masas de agua de características distintas a las habituales, entre otras).

Por otra parte, los fondos blandos marinos y estuarinos son ambientes sedimentarios que también reflejan una variabilidad temporal y espacial, ya que dependen de factores físicos (corrientes de marea, circulación estuarial estratificada, olas, morfología y descarga de ríos), factores químicos (gradientes de salinidad, ingreso de sustancias contaminantes), procesos mediados por organismos biológicos (*i.e.* bioaglomeración y bioturbación), actividad humana y los múltiples orígenes de los sedimentos. En los lagos, la granulometría está influenciada indirectamente por los vientos, los cuales influyen sobre los patrones de corrientes determinando zonas de depositación o acreción, zonas de erosión y zonas de equilibrio.

En el siguiente cuadro se identifica las variables seleccionadas para este tipo de indicador, conjuntamente con la metodología de medición necesaria para obtener resultados estandarizados.

|                   | Variable                 | Unidad de medición            | Método  | Precisión mínima | Nivel de profundidad   |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------|---|------------------|--|
| <b>Agua</b>       | Temperatura              | °C                            | Termometría   | 0,1°C            | Prof. < 5m: muestras en estratos de superficie y fondo<br>5 m > Prof. < 50 m: a intervalos de 2 m hasta el veril de 25 m y luego cada 5 m hasta los 50 m |
|                   | Salinidad <sup>(1)</sup> | UPS <sup>(2)</sup>            | Conductimetría  | 0,01 ups         | Prof. < 5 m: muestras en estratos de superficie y fondo<br>5 m > Prof. < 50 m: muestras discretas en 3 estratos (superficie, intermedio y fondo)         |
| <b>Sedimentos</b> | Granulometría            | phi ( $\phi$ ) <sup>(3)</sup> | Separación de fracciones por tamizado y aplicación de escala Wentworth (1922) | 1 phi            | Sedimentos superficiales (primeros 3 cm)   |

(1) Sólo para aguas marinas y estuarinas

(2) Unidad Práctica de Salinidad

(3)  $\phi = -\log_2 E$ , donde E es el diámetro de la partícula

### **c. Indicadores de exposición y de condición biótica**

Corresponden a dos grupos de variables ambientales, cuya medición en el tiempo permite estimar los efectos que generan los residuos procedentes del ejercicio de diferentes prácticas de cultivo de peces, moluscos y algas, sobre las distintas matrices ambientales que conforman los sistemas marino y dulceacuícola.

Según distintos investigadores, los efectos ambientales que generan los residuos orgánicos procedentes de los cultivos acuícolas sobre la matriz acuosa son de baja magnitud, excepto en áreas eutróficas o en cuerpos acuáticos de baja profundidad o con baja tasa de recambio de sus aguas (Muller-Haeckel, 1986; Gowen *et al.*, 1988, Iwama, 1991).

En Chile, los resultados descritos por Clément *et al.* (1999) apuntan en esta misma dirección; estos autores cuantificaron niveles de amonio, urea, nitrito, nitrato, fosfato, silicato, fósforo orgánico disuelto y nitrógeno orgánico disuelto tanto en estaciones expuestas a la influencia de los residuos orgánicos de jaulas de cultivo de salmones, como en estaciones ubicadas fuera del área de impacto que actuaron como referenciales. Para estos autores fue sorprendente detectar que únicamente los contenidos de amonio exhibieron una diferencia significativa entre las estaciones expuestas y las de tipo referencial. Para explicar estos resultados, Clément *et al.* (1999) atribuyeron esta condición a la alta dilución que experimentan los flujos de nutrientes debido a la existencia de corrientes en el sector en donde estaba instalada la salmonicultura. Luego de un breve análisis de cada parámetro, estos autores concluyen que los niveles de amonio son el mejor indicador del impacto ambiental que se produce en las aguas superficiales debido a la presencia de jaulas de cultivo de salmones. Por otra parte, señalan que los contenidos de urea, nitrito y nitrato no evidencian señales claras de tal impacto en la columna de agua. Finalmente, indican que el impacto de la salmonicultura sobre la columna de agua puede ser considerado de moderado a bajo (Clément *et al.*, 1999).

En cambio, la situación es distinta para los fondos sedimentarios ya que la mayoría de los impactos se reflejan en los sedimentos y en las comunidades bentónicas asociadas con este tipo de ambientes. Los efectos observables se deben a la sedimentación de partículas de alimento y de fecas procedentes de las instalaciones de cultivo (Muller-Haeckel, 1986; Weston, 1986; Aure *et al.*, 1988; Holmer, 1991; Wildish *et al.*, 1993; Wu *et al.*, 1994).

Los impactos más conspicuos en este tipo de fondos se evidencian por la presencia de sedimentos anóxicos (*i.e.* de coloración negruzca y con olor sulfuroso - "huevo podrido"); una baja composición faunística y estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica, que en casos extremos puede llegar a fondos desprovistos absolutamente de fauna (azoicos); desprendimiento de burbujas gaseosas de metano y sulfuro de hidrógeno debido a la condición reductora del sedimento; y la presencia prolongada de bacterias patógenas de peces en los sedimentos, las cuales se pueden tornar resistentes a los agentes antibacterianos empleados en tratamientos veterinarios de las especies cultivadas (Blackburn *et al.*, 1988; Brown *et al.*, 1987; Enger *et al.*, 1989; Hall *et al.*, 1990; Hargrave *et al.*, 1993; Holmer y Kristensen, 1996; Kerry *et al.*, 1994; Samuelsen *et al.*, 1988; Tsutsumi *et al.*, 1991; Weston, 1990). En un estudio muy reciente preparado por Brooks (2001) para la British Columbia Salmon Farmers' Association, en que describe la respuesta de las comunidades bentónicas frente a los aportes de residuos orgánicos procedentes de las centros de cultivo de salmones en Canadá, este autor señala como una de sus principales conclusiones que las comunidades de la macroinfauna son afectadas incluso por leves cambios en la condición redox y por los niveles de sulfuro libre presentes en los sedimentos. La composición específica de la macroinfauna disminuye en función del aumento de la concentración de sulfuros en los sedimentos, sin que se detecte aparentemente un umbral bajo el cual dichos efectos no se manifiesten (Brooks, 2001). Además, agrega este autor, generalmente se observa un aumento en la abundancia total de la macroinfauna en respuesta a la sedimentación de biodepositos procedentes de las jaulas de cultivo de salmones.

Dentro de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto Aquatoxsal, efectuado en la Décima Región de nuestro país, Piker y Krost (1999) describieron los efectos de un centro de cultivo de salmones sobre las condiciones bioquímicas del sedimento y de la macroinfauna bentónica. En términos generales, las alteraciones encontradas en los fondos sedimentarios bajo y alrededor de las jaulas son similares a las reportadas para otros sectores marino costeros del planeta: sedimentos de naturaleza anóxica y sulfhídricos en los primeros 3 cm de la columna sedimentaria, con altos contenidos de carbono orgánico y nitrógeno total (10 cm superficiales) en los sedimentos situados directamente bajo las jaulas (niveles superiores hasta 20 veces con respecto a sectores adyacentes).

Estos mismos autores, identificaron tres zonas distintas para el dominio bentónico: un área contaminada completamente azoica ubicada bajo la jaula de cultivo, en donde los procesos de bioturbación están dados por peces que remueven el sedimento en busca de alimento; un área intermedia, caracterizada por una



alta densidad (22.400 ind/m<sup>2</sup>) de gastrópodos del género *Nassarius*, conjuntamente con la presencia de colonias bacterianas de apariencia blanquecina, atribuidas posiblemente al género *Beggiatoa* o a algún tipo de bacteria coprotrófica, ocupando hasta el 50% de la superficie; y un área probablemente no contaminada en el sector de la estación control. Como conclusión, Piker y Krost (1999) señalan que las alteraciones observadas en el ambiente bentónico son más bien puntuales, comprobándose una rápida recuperación de los fondos fuera del área de impacto directo de las jaulas de cultivo. Además, estos autores señalan que se requiere de un largo tiempo para recuperar las condiciones normales de los sedimentos, siempre y cuando exista un estado óptimo en cuanto a velocidad de corriente y distribución de las jaulas de cultivo.

Con respecto a los efectos de la sobrecarga orgánica, debida a la sedimentación de los pellets de alimento y del material fecal procedente de las balsa-jaula de salmones, en un informe técnico del Fondo de Investigación Pesquera (FIP, 1998) los autores señalan efectos similares sobre la composición y estructura comunitaria de la macroinfauna bentónica, sin embargo señalan al poliqueto *Branchiicapitella abbranchiatala* como la única especie dominante y exclusiva de ambientes sedimentarios con alto contenido en materia orgánica. Si bien estos autores también detectaron la ocurrencia de *Nassarius gayi* y de individuos del grupo Nematoda, señalan que estos invertebrados no son exclusivos de este tipo de ambientes orgánicamente enriquecidos (FIP, 1998).

Si bien se seleccionó tres matrices ambientales para el seguimiento de las variables ambientales (agua, sedimentos y macroinfauna bentónica), de acuerdo con los antecedentes científicos y técnicos analizados, como así también en atención a las sugerencias efectuadas por los evaluadores del proyecto, para efectos del diseño de monitoreo que aquí se propone es recomendable estimar los efectos ambientales de la acuicultura asignando una mayor ponderación a las variables asociadas con los sedimentos y con la macroinfauna bentónica.

## C. Conclusiones

A partir de los antecedentes científicos y técnicos analizados, de las reuniones de trabajo sostenidas con la contraparte técnica, de la experiencia ganada en las actividades de terreno y de las observaciones efectuadas por distintos revisores del presente proyecto, se puede desprender una serie de conclusiones con respecto al diseño de este programa de vigilancia ambiental para las actividades de la acuicultura:

Un programa de monitoreo ambiental que apunte al seguimiento de variables sólo a nivel de grandes áreas geográficas (diferentes tipos de cuerpos acuáticos marinos y dulceacuícolas), no tendrá la suficiente sensibilidad para discriminar cual podría ser el origen de los cambios ambientales observados, como así tampoco para predecir futuros escenarios producto del ejercicio de las actividades de cultivo de recursos hidrobiológicos.

Para lograr una mejor aproximación, se debe disponer de información con una escala espacial y temporal de mayor resolución. En este sentido, el seguimiento de variables a nivel de centros de cultivo proporciona la solución más viable para enfrentar este problema, ya que a partir de las mediciones periódicas que se efectúen en cada centro se podrá inferir en el corto plazo los efectos directos de las distintas prácticas de cultivo sobre el ambiente acuático.

Dada la dinámica de la columna de agua, la cual depende de la sobreposición de una serie de procesos físicos y químicos que ocurren a distintas escalas de tiempo y espacio, es recomendable analizar las fluctuaciones de las variables asociadas con los fondos sedimentarios y con la macroinfauna bentónica que habita este tipo de ambientes, a fin de evaluar los efectos generados de las actividades de acuicultura.

Con los antecedentes actualmente disponibles, aún no es posible identificar una variable indicadora que esté estrechamente relacionada con los efectos ambientales generados por los residuos procedentes de las actividades de cultivos acuícolas y que sea excluyente para otras actividades. Es por ello que en el diseño de monitoreo es necesario incorporar diferentes tipos de indicadores, de manera de tener una aproximación sobre cuáles serían los efectos de este tipo de actividad productiva en el medio ambiente acuático.

El diseño de monitoreo ambiental propuesto tiene implícita una relación de costo-beneficio, ya que se ha seleccionado aquellas variables cuya medición es simple de efectuar y, simultáneamente, aportan información valiosa para el manejo ambiental de esta actividad productiva considerando la realidad nacional actual.

**Protocolo de monitoreo para áreas geográficas de mayor escala**

|                                |                            | CUERPOS DE AGUA MARINOS |   |   |   |   |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|---|---|---|---|
|                                |                            | Costa abierta           | Bahía   | Canales y esteros   | Fiordos   | Estuarios   |
| <b>MATRIZ AMBIENTAL</b>        | <b>Recursos cultivados</b> | Peces                   | Transparencia<br>Sólidos susp.<br>Fósforo total | Transparencia<br>Oxígeno dis.<br>Sólidos susp.<br>Fósforo total | Transparencia<br>pH<br>Oxígeno dis.<br>Sólidos susp.<br>Fósforo total | Transparencia<br>pH<br>Oxígeno dis.<br>Sólidos susp.<br>Fósforo total |
|                                |                            | Moluscos                |   | Transparencia   | Transparencia   | Transparencia   |
|                                |                            | Algas                   |   | <i>Sólo indicadores de condición de hábitat</i>                 | <i>Sólo indicadores de condición de hábitat</i>                       | <i>Sólo indicadores de condición de hábitat</i>                       |
|                                | <b>Agua</b>                | Peces                   | COT   | COT<br>Fósforo total<br>Nitrógeno total<br>Sulfuros             | COT<br>Fósforo total<br>Nitrógeno total<br>Sulfuros                   | COT<br>Fósforo total<br>Nitrógeno total<br>Sulfuros                   |
|                                |                            | Moluscos                |   | COT<br>Sulfuros   | COT<br>Sulfuros   | COT<br>Sulfuros   |
|                                |                            | Algas                   |   | Nitrógeno total<br>Sulfuros                                     | Nitrógeno total<br>Sulfuros   | Nitrógeno total<br>Sulfuros   |
|                                | <b>Sedimentos</b>          | Peces                   |   | Nº especies<br>Nº individuos<br>Biomasa                         | Nº especies<br>Nº individuos<br>Biomasa                               | Nº especies<br>Nº individuos<br>Biomasa                               |
|                                |                            | Moluscos                |   | Nº especies<br>Nº individuos<br>Biomasa                         | Nº especies<br>Nº individuos<br>Biomasa                               | Nº especies<br>Nº individuos<br>Biomasa                               |
|                                |                            | Algas                   |   |   |   | Nº especies<br>Nº individuos<br>Biomasa                               |
|                                | <b>Macroinfauna</b>        | Peces                   |   |   |   |   |
|                                |                            | Moluscos                |   |   |   |   |
|                                |                            | Algas                   |   |   |   |   |
|                                |                            | Anual                   | Anual   | Anual   | Semestral   | Semestral   |
| <b>Frecuencia de monitoreo</b> |                            |                         |   |   |   |   |

|   |  | CUERPOS DE AGUA CONTINENTALES |  |       |      |   |  |   |                                  |           |       |                   |  |
|---|--|-------------------------------|--|-------|------|---|--|---|----------------------------------|-----------|-------|-------------------|--|
|   |  | Recursos cultivados           |  |       |      |   |  |   |                                  |           |       |                   |  |
| MATRIZ AMBIENTAL  | Agua   | Peces                         | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Lagos</th> <th>Ríos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>                     Transparencia<br/>pH<br/>Color<br/>Oxígeno disuelto<br/>Sól. suspendidos<br/>Clorofila <math>\alpha</math><br/>Fósforo total                 </td> <td>                     Transparencia<br/>pH<br/>Oxígeno disuelto<br/>Sól. suspendidos<br/>Fósforo total                 </td> </tr> <tr> <td>                     COT<br/>Fósforo total<br/>Nitrógeno total<br/>Sulfuros                 </td> <td>                     COT<br/>Fósforo total<br/>Sulfuros                 </td> </tr> <tr> <td>Semestral</td> <td>Anual</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Frecuencia</b></td> </tr> </tbody> </table> | Lagos | Ríos | Transparencia<br>pH<br>Color<br>Oxígeno disuelto<br>Sól. suspendidos<br>Clorofila $\alpha$<br>Fósforo total | Transparencia<br>pH<br>Oxígeno disuelto<br>Sól. suspendidos<br>Fósforo total | COT<br>Fósforo total<br>Nitrógeno total<br>Sulfuros | COT<br>Fósforo total<br>Sulfuros | Semestral | Anual | <b>Frecuencia</b> |  |
|   | Lagos  | Ríos                          |  |       |      |   |  |   |                                  |           |       |                   |  |
| Transparencia<br>pH<br>Color<br>Oxígeno disuelto<br>Sól. suspendidos<br>Clorofila $\alpha$<br>Fósforo total | Transparencia<br>pH<br>Oxígeno disuelto<br>Sól. suspendidos<br>Fósforo total |                               |  |       |      |   |  |   |                                  |           |       |                   |  |
| COT<br>Fósforo total<br>Nitrógeno total<br>Sulfuros   | COT<br>Fósforo total<br>Sulfuros   |                               |  |       |      |   |  |   |                                  |           |       |                   |  |
| Semestral   | Anual  |                               |  |       |      |   |  |   |                                  |           |       |                   |  |
| <b>Frecuencia</b>   |  |                               |  |       |      |   |  |   |                                  |           |       |                   |  |
| Sedimentos  | Peces  |                               |  |       |      |   |  |   |                                  |           |       |                   |  |

**Atributos de los parámetros**

|            | Variable           | Unidad            | Método   | Sensib. mín            | LD                                   | Profundidad         |
|------------|--------------------|-------------------|--|------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Agua       | Transparencia      | m                 | Penetración de la luz ( <i>in situ</i> )<br>Disco Secchi                             | 1 m                    | No tiene                             | No aplica           |
|            | pH                 | Unidad            | Electroquímico ( <i>in situ</i> )<br>pHmetro calibrado                               | 0,1 unidad             | No tiene                             | Estratos: S - I - F |
|            | Oxígeno disuelto   | mL/L              | Electroquímico ( <i>in situ</i> )<br>Oxigenómetro calibrado<br>Winkler (laboratorio) | 0,1 mL/L               | 0,01 mL/L                            | Estratos: S - I - F |
|            | Color              | Unid Pt-Co        | Visual   | 1 un.Pt-Co             | 5 unid Pt-Co                         | Superficial         |
|            | Sól. susp.         | mg/L              | Gravimetría (laboratorio)  | 0,1 mg/L               | 0,5 mg/L                             | Estratos: S - I - F |
|            | Clorofila $\alpha$ | mg/m <sup>3</sup> | Espectrofotométrico (laboratorio) <sup>(3)</sup>                                     | 0,01 mg/m <sup>3</sup> | 0,2 mg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup> | Superficial         |
|            | Fósforo tot.       | mg/L              | Espectrofotométrico ( <i>in situ</i> )<br>Colorimétrico (laboratorio)                | 0,01 mg/L              | 0,002 mg/L                           | Estratos: S - I - F |
| Sedimentos | COT                | %                 | Oxidación crómica  | 0,1 %                  | 0,7%                                 | 5 cm superficiales  |
|            | Fósforo tot.       | µg/g              | Colorimétrico  | 0,1 µg/g               | 0,7 µg/g                             | 5 cm superficiales  |
|            | Nitrógeno tot.     | µg/g              | Kjeldahl   | 0,1 µg/g               | 0,2 µg/g                             | 5 cm superficiales  |
|            | Sulfuros           | µg/g              | Yodométrico  | 0,1 µg/g               | 0,5 µg/g                             | 5 cm superficiales  |

(1) Para una muestra de 1 L

(2) Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

(3) Aplicar ecuaciones de Jeffrey y Humphrey (1975) S: superficial, I: intermedio, F: fondo

### **Protocolo de monitoreo para centros de cultivo**

Originalmente este programa de monitoreo no estaba comprometido en los objetivos iniciales del presente proyecto, sin embargo los autores consideraron necesaria su inclusión por las razones señaladas anteriormente. Este seguimiento ambiental incorpora otros parámetros y considera frecuencias de monitoreo comparativamente más altas que las propuestas para programa de vigilancia de los cuerpos de agua.

#### ***Indicadores de de presión ambiental por actividades en el centro de cultivo***

Las siguientes variables son consideradas para aquellos sistemas de cultivos intensivos:

- a. Fechas de ingreso del plantel
- b. Fechas de cosecha
- c. Fechas de aplicación e identificación de quimioterapéuticos utilizados
- d. Cantidad mensual de alimento suministrado
- e. Cantidad de unidades de cultivo en operación
- f. Registro mensual de biomasa en cultivo

**Variables ambientales para el monitoreo de centros de cultivo de peces con instalaciones en tierra**

**Salmónidos (salmones y truchas)**

**Etapa de hatchery**

**Etapa de smoltificación en estanques**

**Etapa de engorda de truchas en estanques**

| Afluente         | Variables           | Unidad | Frecuencia   | Número de muestras                 |
|------------------|---------------------|--------|--|------------------------------------|
|                  | Temperatura         | °C     |  |                                    |
|                  | pH                  | unidad |  |                                    |
|                  | Nitrógeno total     | mg/L   | Se recomienda realizar simultáneamente con el muestreo del efluente. | Según se indica en el Decreto N°90 |
|                  | Fósforo total       | mg/L   |  |                                    |
|                  | Sólidos suspendidos | mg/L   |  |                                    |
| Oxígeno disuelto | mL/L                |        |  |                                    |

| Efluente | Variables                     | Unidad     | Frecuencia  | Número de muestras                 |
|----------|-------------------------------|------------|---|------------------------------------|
|          | Temperatura                   | °C         | Dependerá del volumen de descarga, usando como guía el Decreto N°90 del 2000 de la Secretaría Gral. de la Presidencia de la República | Según se indica en el Decreto N°90 |
|          | pH                            | unidad     |   |                                    |
|          | Caudal                        | L/s        |   |                                    |
|          | Nitrógeno total               | mg/L       |   |                                    |
|          | Oxígeno disuelto              | mL/L       |   |                                    |
|          | DBO <sub>5</sub>              | mg/L       |   |                                    |
|          | Fósforo total                 | mg/L       |   |                                    |
|          | Sólidos suspendidos           | mg/L       |   |                                    |
|          | Sólidos sedimentables         | mg/L       |   |                                    |
|          | Coliformes fecales            | NMP/100 mL |   |                                    |
|          | Cloro residual <sup>(1)</sup> | mg/L       |   |                                    |

(1) Cloro: en caso que el titular lo aplique en los procesos de desinfección

**Variables ambientales para monitoreo de centros de cultivo de peces con instalaciones en el agua**

**Salmónidos (salmones y truchas)**

**Etapas de smoltificación en jaulas**

|                             | Variables                              | Unidad     | Frec. mínima | Estaciones   |
|-----------------------------|--|------------|--------------|--|
| <b>Columna de agua</b>      | Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) | mg/L       | Mensual      | Expuestas: 1 estación por cada tren de balsas, ubicada a no más de 5 m de distancia de las instalaciones en el agua. Estrato superficial<br><br>Referenciales: 1 por cada estación expuesta, ubicada entre 100 m y 200 m de distancia de la anterior. estrato superficial. |
|                             |  |            |              |  |
| <b>Sedimentos</b>           | <b>Generales</b>                       |            |              |  |
|                             | Granulometría                          | phi (Ø)    | Trimestral   | Expuestas: 1 estación por cada tren de balsas, ubicada a no más de 10 m de distancia de las instalaciones en el agua<br><br>Referenciales: 1 por cada estación expuesta, ubicada entre 100 m y 200 m de distancia de la anterior.  |
|                             | <b>Efectos directos</b>                |            |              |  |
|                             | COT                                    | %          | Trimestral   |  |
|                             | Sulfuros                               | mg/Kg      | Trimestral   |  |
|                             | Fósforo total                          | µg/g       | Trimestral   |  |
| Antibióticos <sup>(1)</sup> |  | Trimestral |              |  |

(1) Antibióticos medidos por disponibilidad biológica

## Salmónidos (salmones y truchas)

### Etapa de engorda en jaulas

| <b>Columna de agua</b> | Variables                              | Unidad | Frec. mínima | Estaciones  |
|------------------------|--|--------|--------------|---|
|                        | Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) | mg/L   | Mensual      | <p>Expuestas: 1 estación por cada tren de balsas, ubicada a no más de 5 m de distancia de las instalaciones en el agua. Estrato superficial</p> <p>Referenciales: 1 por cada estación expuesta, ubicada entre 100 m y 200 m de distancia de la anterior. estrato superficial.</p> |

| <b>Sedimentos (1)</b> | Prod. anual (ton)             | Variables     | Ambiente |       | Unidad    | Frecuencia | Estaciones   |
|-----------------------|-------------------------------|---------------|----------|-------|-----------|------------|--|
|                       |                               |               | Marino   | Dulce |           |            |  |
|                       | <b>Baja</b><br>(< 500)        | Granulometría | ●        | ●     | phi (Ø)   | Anual      | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                       |                               | COT           | ●        | ●     | %         | Anual      |  |
|                       |                               | Fósforo total | ●        | ●     | µg/g      | Anual      |  |
|                       | <b>Moderada</b><br>(500-1000) | Granulometría | ●        | ●     | phi (Ø)   | Semestral  | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                       |                               | COT           | ●        | ●     | %         | Semestral  |  |
|                       |                               | Fósforo total | ●        | ●     | µg/g      | Semestral  |  |
|                       |                               | Antibióticos  | ●        | ●     | DB        | Semestral  |  |
|                       | <b>Alta</b><br>(1000-3000)    | Granulometría | ●        | ●     | phi (Ø)   | Trimestral | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                       |                               | COT           | ●        | ●     | %         | Trimestral |  |
|                       |                               | Sulfuros      | ●        | ●     | µg/g      | Trimestral |  |
|                       |                               | Fósforo total | ●        | ●     | µg/g      | Trimestral |  |
|                       |                               | Antibióticos  | ●        | ●     | DB        | Trimestral |  |
|                       | <b>Elevada</b><br>(>3000)     | Granulometría | ●        | ●     | phi (Ø)   | Bimestral  | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                       |                               | COT           | ●        | ●     | %         | Bimestral  |  |
| Sulfuros              |                               | ●             | ●        | µg/g  | Bimestral |            |  |
| Fósforo total         |                               | ●             | ●        | µg/g  | Bimestral |            |  |
| Antibióticos          |                               | ●             | ●        | DB    | Bimestral |            |  |

(1) Aplicable hasta una profundidad de 50 m. DB: disponibilidad biológica

| <b>Macroinfauna (1)</b> | Prod. anual (ton)             | Variables            | Ambiente Marino | Unidad                                 | Frecuencia | Estaciones   |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------|--|------------|--|
|                         | <b>Baja</b><br>(< 500)        | Número de especies   | ●               | ind/m <sup>2</sup><br>g/m <sup>2</sup> | Anual      | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                         |                               | Número de individuos | ●               |  | Anual      |  |
|                         |                               | Biomasa húmeda       | ●               |  | Anual      |  |
|                         | <b>Moderada</b><br>(500-1000) | Número de especies   | ●               | ind/m <sup>2</sup><br>g/m <sup>2</sup> | Semestral  | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                         |                               | Número de individuos | ●               |  | Semestral  |  |
|                         |                               | Biomasa húmeda       | ●               |  | Semestral  |  |
|                         | <b>Alta</b><br>(1000-3000)    | Número de especies   | ●               | ind/m <sup>2</sup><br>g/m <sup>2</sup> | Trimestral | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                         |                               | Número de individuos | ●               |  | Trimestral |  |
|                         |                               | Biomasa húmeda       | ●               |  | Trimestral |  |
|                         | <b>Elevada</b><br>(>3000)     | Número de especies   | ●               | ind/m <sup>2</sup><br>g/m <sup>2</sup> | Bimestral  | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                         |                               | Número de individuos | ●               |  | Bimestral  |  |
|                         |                               | Biomasa húmeda       | ●               |  | Bimestral  |  |

(1) Aplicable hasta una profundidad de 50 m

(2)



**Variables ambientales para el monitoreo de centros de cultivo de moluscos bivalvos**

**Moluscos bivalvos (mitílidos, ostreidos y pectínidos)**

**Etapas de Engorda**

| <b>Columna de agua</b> | Prod. anual (ton)           | Variabes   | Unidad            | Frecuencia                          | Estaciones  |
|------------------------|-----------------------------|--|-------------------|-------------------------------------|---|
|                        | <b>Baja</b><br>(< 50)       | Transparencia<br>Oxígeno dis.<br>Nitrógeno total | m<br>mL/L<br>mg/L | Bimestral<br>Bimestral<br>Bimestral | <i>Expuestas:</i> 1 estación por cada 50 ton de biomasa, ubicada a <10 m de distancia de las líneas<br><i>Referenciales:</i> 1 por cada estación expuesta, ubicada a no menos de 50 m de distancia de la anterior.        |
|                        | <b>Moderada</b><br>(50-200) | Transparencia<br>Oxígeno dis.<br>Nitrógeno total | m<br>mL/L<br>mg/L | Mensual<br>Mensual<br>Mensual       | <i>Expuestas:</i> 2 estaciones entre 50 y 200 ton de biomasa, ubicadas a <10 m de distancia de las líneas<br><i>Referenciales:</i> 1 por cada 2 expuestas, ubicada a no menos de 50 m de distancia de la anterior.        |
|                        | <b>Alta</b><br>(200-400)    | Transparencia<br>Oxígeno dis.<br>Nitrógeno total | m<br>mL/L<br>mg/L | Quincenal<br>Quincenal<br>Quincenal | <i>Expuestas:</i> 4 estaciones entre 200 y 400 ton de biomasa, ubicada a <10 m de distancia de las líneas<br><i>Referenciales:</i> 1 por cada 2 estac. expuestas, ubicada a no menos de 50 m de distancia de la anterior. |
|                        | <b>Elevada</b><br>(>400)    | Transparencia<br>Oxígeno dis.<br>Nitrógeno total | m<br>mL/L<br>mg/L | Semanal<br>Semanal<br>Quincenal     | <i>Expuestas:</i> 6 estaciones por más de 400 ton de biomasa, ubicada a <10 m de distancia de las líneas<br><i>Referenciales:</i> 1 por cada 2 estac. expuestas, ubicada a no menos de 50 m de distancia de la anterior.  |

| <b>Sedimentos</b> | Prod. anual (ton)           | Variabes  | Unidad                       | Frecuencia   | Estaciones   |
|-------------------|-----------------------------|---|------------------------------|--|--|
|                   | <b>Baja</b><br>(< 50)       | Granulometría<br>COT<br>Nitrógeno total<br>Sulfuros | phi (Ø)<br>%<br>µg/g<br>µg/g | Anual<br>Anual<br>Anual<br>Anual                     | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                   | <b>Moderada</b><br>(50-200) | Granulometría<br>COT<br>Nitrógeno total<br>Sulfuros | phi (Ø)<br>%<br>µg/g<br>µg/g | Semestral<br>Semestral<br>Semestral<br>Semestral     | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                   | <b>Alta</b><br>(200-400)    | Granulometría<br>COT<br>Nitrógeno total<br>Sulfuros | phi (Ø)<br>%<br>µg/g<br>µg/g | Trimestral<br>Trimestral<br>Trimestral<br>Trimestral | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                   | <b>Elevada</b><br>(>400)    | Granulometría<br>COT<br>Nitrógeno total<br>Sulfuros | phi (Ø)<br>%<br>µg/g<br>µg/g | Bimestral<br>Bimestral<br>Bimestral<br>Bimestral     | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |

| <b>Macroinfauna</b> | Prod. anual (ton)           | Variabes   | Unidad         | Frecuencia                             | Estaciones   |
|---------------------|-----------------------------|--|----------------|--|--|
|                     | <b>Baja</b><br>(< 50)       | Nº de especies<br>Nº de individuos<br>Biomasa húmeda | ind/m²<br>g/m² | Anual<br>Anual<br>Anual                | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                     | <b>Moderada</b><br>(50-200) | Nº de especies<br>Nº de individuos<br>Biomasa húmeda | ind/m²<br>g/m² | Semestral<br>Semestral<br>Semestral    | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                     | <b>Alta</b><br>(200-300)    | Nº de especies<br>Nº de individuos<br>Biomasa húmeda | ind/m²<br>g/m² | Trimestral<br>Trimestral<br>Trimestral | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                     | <b>Elevada</b><br>(>400)    | Nº de especies<br>Nº de individuos<br>Biomasa húmeda | ind/m²<br>g/m² | Bimestral<br>Bimestral<br>Bimestral    | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |

**Variables ambientales para el monitoreo de centros de cultivo de gastrópodos y equinodermos**

**Moluscos gastrópodos y Equinodermos (abalones y erizos)**

**Etapa de Engorda**

| Columna de agua            | Prod. anual (ton)            | Variables       | Unidad    | Frecuencia  | Estaciones   |
|----------------------------|------------------------------|-----------------|-----------|---|--|
|                            | <b>Baja</b><br>( < 25 )      | Transparencia   | m         | Bimestral   | Expuestas: 1 estación por cada tren de módulos flotantes, ubicada a <10 m de distancia de las líneas<br>Referenciales: 1 por cada estación expuesta, ubicada a no menos de 50 m de distancia de la anterior. |
|                            |                              | Sól. suspend.   | mg/L      | Bimestral   |  |
|                            |                              | Nitrógeno total | mg/L      | Bimestral   |  |
|                            | <b>Moderada</b><br>( 25-50 ) | Transparencia   | m         | Mensual   | Expuestas: 1 estación por cada tren de módulos flotantes, ubicada a <10 m de distancia de las líneas<br>Referenciales: 1 por cada estación expuesta, ubicada a no menos de 50 m de distancia de la anterior. |
| Sól. suspend.              |                              | mg/L            | Mensual   |   |  |
| Nitrógeno total            |                              | mg/L            | Mensual   |   |  |
| <b>Alta</b><br>( 50-150 )  | Transparencia                | m               | Quincenal | Expuestas: 1 estación por cada tren de módulos flotantes, ubicada a <10 m de distancia de las líneas<br>Referenciales: 1 por cada 2 estaciones expuestas, ubicada a no menos de 50 m de distancia de la anterior. |  |
|                            | Sól. suspend.                | mg/L            | Quincenal |   |  |
|                            | Nitrógeno total              | mg/L            | Quincenal |   |  |
| <b>Elevada</b><br>( >150 ) | Transparencia                | m               | Semanal   | Expuestas: 1 estación por cada tren de módulos flotantes, ubicada a <10 m de distancia de las líneas<br>Referenciales: 1 por cada 3 estaciones expuestas, ubicada a no menos de 50 m de distancia de la anterior. |  |
|                            | Sól. suspend.                | mg/L            | Semanal   |   |  |
|                            | Nitrógeno total              | mg/L            | Quincenal |   |  |
|                            |                              |                 |           |   |  |

| Sedimentos                   | Prod. anual (ton)       | Variables       | Unidad     | Frecuencia   | Estaciones   |
|------------------------------|-------------------------|-----------------|------------|--|--|
|                              | <b>Baja</b><br>( < 25 ) | Granulometría   | phi (Ø)    | Anual  | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                              |                         | COT             | %          | Anual  |  |
|                              |                         | Nitrógeno total | µg/g       | Anual  |  |
|                              |                         | Sulfuros        | µg/g       | Anual  |  |
| <b>Moderada</b><br>( 25-50 ) | Granulometría           | phi (Ø)         | Semestral  | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |  |
|                              | COT                     | %               | Semestral  |  |  |
|                              | Nitrógeno total         | µg/g            | Semestral  |  |  |
|                              | Sulfuros                | µg/g            | Semestral  |  |  |
| <b>Alta</b><br>( 50-150 )    | Granulometría           | phi (Ø)         | Trimestral | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |  |
|                              | COT                     | %               | Trimestral |  |  |
|                              | Nitrógeno total         | µg/g            | Trimestral |  |  |
|                              | Sulfuros                | µg/g            | Trimestral |  |  |
| <b>Elevada</b><br>( >150 )   | Granulometría           | phi (Ø)         | Bimestral  | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |  |
|                              | COT                     | %               | Bimestral  |  |  |
|                              | Nitrógeno total         | µg/g            | Bimestral  |  |  |
|                              | Sulfuros                | µg/g            | Bimestral  |  |  |

| Macroinfauna               | Prod. anual (ton)            | Variables        | Unidad     | Frecuencia   | Estaciones   |
|----------------------------|------------------------------|------------------|------------|--|--|
|                            | <b>Baja</b><br>( < 25 )      | Nº de especies   | ind/m²     | Anual  | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                            |                              | Nº de individuos | ind/m²     | Anual  |  |
|                            |                              | Biomasa          | g/m²       | Anual  |  |
|                            | <b>Moderada</b><br>( 25-50 ) | Nº de especies   | ind/m²     | Semestral  | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
| Nº de individuos           |                              | ind/m²           | Semestral  |  |  |
| Biomasa                    |                              | g/m²             | Semestral  |  |  |
| <b>Alta</b><br>( 50-150 )  | Nº de especies               | ind/m²           | Trimestral | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |  |
|                            | Nº de individuos             | ind/m²           | Trimestral |  |  |
|                            | Biomasa                      | g/m²             | Trimestral |  |  |
| <b>Elevada</b><br>( >150 ) | Nº de especies               | ind/m²           | Bimestral  | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |  |
|                            | Nº de individuos             | ind/m²           | Bimestral  |  |  |
|                            | Biomasa                      | g/m²             | Bimestral  |  |  |

**Variables ambientales para el monitoreo de centros de cultivo de algas**

**Algas (pelillo)**

**Etapas de Crecimiento**

| Columna de agua            | Prod. anual (ton)           | VARIABLES       | Unidad     | Frecuencia   | Estaciones   |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------|------------|--|--|
|                            | <b>Baja</b><br>( < 50)      | Transparencia   | m          | ---  | <i>Sin seguimiento</i>   |
|                            |                             | Sól. suspend.   | mg/L       | ---  |  |
|                            |                             | Nitrógeno total | µg/L       | ---  |  |
|                            | <b>Moderada</b><br>(50-100) | Transparencia   | m          | Semestral  | <i>Expuestas:</i> 1 estación por cada 100 ton o menos cosechada<br><i>Referenciales:</i> 1 estación ubicada fuera de la parcela. |
| Sól. suspend.              |                             | mg/L            | Semestral  |  |  |
| Nitrógeno total            |                             | mg/L            | Semestral  |  |  |
| <b>Alta</b><br>(100-200)   | Transparencia               | m               | Trimestral | <i>Expuestas:</i> 2 estaciones entre 100 y 200 ton cosechadas<br><i>Referenciales:</i> 1 estación ubicada fuera de la parcela. |  |
|                            | Sól. suspend.               | mg/L            | Trimestral |  |  |
|                            | Nitrógeno total             | mg/L            | Trimestral |  |  |
| <b>Elevada</b><br>( > 200) | Transparencia               | m               | Mensual    | <i>Expuestas:</i> 3 estaciones por 200 ton o más cosechadas<br><i>Referenciales:</i> 1 estación ubicada fuera de la parcela    |  |
|                            | Sól. suspend.               | mg/L            | Mensual    |  |  |
|                            | Nitrógeno total             | mg/L            | Mensual    |  |  |

| Sedimentos                 | Prod. anual (ton)           | VARIABLES       | Unidad     | Frecuencia   | Estaciones   |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------|------------|--|--|
|                            | <b>Baja</b><br>( < 50)      | Granulometría   | phi (Ø)    | Anual  | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                            |                             | Nitrógeno total | µg/g       | Anual  |  |
|                            | <b>Moderada</b><br>(50-100) | Granulometría   | phi (Ø)    | Semestral  | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |
|                            |                             | COT             | %          | Semestral  |  |
| Nitrógeno total            |                             | µg/g            | Semestral  |  |  |
| <b>Alta</b><br>(100-200)   | Granulometría               | phi (Ø)         | Trimestral | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |  |
|                            | COT                         | %               | Trimestral |  |  |
|                            | Nitrógeno total             | µg/g            | Trimestral |  |  |
|                            | Sulfuros                    | µg/g            | Trimestral |  |  |
| <b>Elevada</b><br>( > 200) | Granulometría               | phi (Ø)         | Bimestral  | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |  |
|                            | COT                         | %               | Bimestral  |  |  |
|                            | Nitrógeno total             | µg/g            | Bimestral  |  |  |
|                            | Sulfuros                    | µg/g            | Bimestral  |  |  |

| Macroinfauna               | Prod. anual (ton)           | VARIABLES                              | Unidad                                 | Frecuencia   | Estaciones             |
|----------------------------|-----------------------------|--|--|--|------------------------|
|                            | <b>Baja</b><br>( < 50)      | Nº de especies                         | ind/m <sup>2</sup><br>g/m <sup>2</sup> | ---  | <i>Sin seguimiento</i> |
|                            |                             | Nº de individuos                       |  | ---  |                        |
|                            |                             | Biomasa                                |  | ---  |                        |
|                            | <b>Moderada</b><br>(50-100) | Nº de especies                         | ind/m <sup>2</sup><br>g/m <sup>2</sup> | ---  | <i>Sin seguimiento</i> |
| Nº de individuos           |                             | ---                                    |  |  |                        |
| Biomasa                    |                             | ---                                    |  |  |                        |
| <b>Alta</b><br>(100-200)   | Nº de especies              | ind/m <sup>2</sup><br>g/m <sup>2</sup> | Anual                                  | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |                        |
|                            | Nº de individuos            |  | Anual                                  |  |                        |
|                            | Biomasa                     |  | Anual                                  |  |                        |
| <b>Elevada</b><br>( > 200) | Nº de especies              | ind/m <sup>2</sup><br>g/m <sup>2</sup> | Semestral                              | En las mismas estaciones señaladas para la columna de agua |                        |
|                            | Nº de individuos            |  | Semestral                              |  |                        |
|                            | Biomasa                     |  | Semestral                              |  |                        |

**Atributos de los parámetros**

|             | Variable         | Unidad de medición | Método                             | Sensibil. mínima | LD        | Nivel de profundidad |
|-------------|------------------|--------------------|------------------------------------|------------------|-----------|----------------------|
| <b>Agua</b> | Nitrógeno tot.   | mg/L               | Kjeldahl                           | 0,1 mg/L         | 0,1 mg/L  | Estrato: Superficial |
|             | Conductividad    | μS/cm              | Conductimétrico ( <i>in situ</i> ) | 1μS/cm           | No aplica | Superficial          |
|             | DBO <sub>5</sub> | mg/L               | Diluciones                         | 0,1 mg/l         | 0,1 mg/L  | Superficial          |
| <b>Sed.</b> | Antibióticos     |                    | Disponibilidad biológica           |                  |           | 5 cm superficiales   |

S: superficial, I: intermedio, F: fondo

|                     | Réplicas por estación | Superficie de muestreo       | Composición faunística     | Nº de individuos                             | Biomasa   | Ponderación  |
|---------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|--|---|--|
| <b>Macroinfauna</b> | 3                     | 0,1 m <sup>2</sup> / réplica | Menor categoría taxonómica | Sumatoria de la abundancia de las 3 réplicas | Sumatoria del peso húmedo (g) de las 3 réplicas | Indiv/m <sup>2</sup> por estación<br>Biomasa/m <sup>2</sup> por estación |

**Costos globales del programa de monitoreo**

Para estimar los costos que significa la implementación de este programa de monitoreo, el análisis se ha estructurado en base a tres categorías: costos operacionales, costos de análisis y costos profesionales. En el análisis de los costos globales, no se considera el procesamiento e interpretación de los resultados de los análisis, ya que dependerá del grado de profundidad que se requiera: por estación, por parámetro, por centro de cultivo, por tipo de área geográfica, etc.

**a. Costos operacionales**

| Item                             | Valor unitario | Unidad                     |
|----------------------------------|----------------|----------------------------|
| Embarcación                      | 2-3            | UF/día                     |
| Vehículo de transporte terrestre | 2-3            | UF/día                     |
| Transporte aéreo                 | 5-12           | UF/persona/ida y vuelta(*) |
| Despacho de muestras             | 0,3            | UF/kg                      |
| Fungibles                        | 3,5            | UF/localidad               |
| Alimentación                     | 1,0            | UF/persona/día             |

Nota: No se considera gastos de inversión en equipos, instrumental y materiales de almacenamiento, ya que quien realice las actividades de muestreo deberá contar con ellos.

(\*) El valor dependerá de la distancia desde el punto de origen a los lugares de muestreo.

**b. Costos de análisis de laboratorio**

| Parámetros  | Valor unitario | Unidad       |
|---|----------------|--------------|
| Temperatura                                       | 0,15           | UF/medición  |
| Conductividad/salinidad                           | 0,5            | UF/medición  |
| pH  | 0,5            | UF/medición  |
| Granulometría                                     | 1,0            | UF/muestra   |
| Disco Secchi                                      | 0,1-0,3        | UF/medición  |
| Turbiedad   | 0,5            | UF /medición |
| Oxígeno disuelto                                  | 0,3            | UF/muestra   |
| Cloro residual                                    | 0,1            | UF/muestra   |
| DBO <sub>5</sub>                                  | 1              | UF/muestra   |
| COT   | 0,2-0,4        | UF/muestra   |
| Fósforo   | 0,3-0,6        | UF/muestra   |
| Nitrógeno total                                   | 0,3-0,6        | UF/muestra   |
| Clorofila <i>a</i>                                | 0,5            | UF/muestra   |
| Sulfuros  | 0,3-0,5        | UF/muestra   |
| Coliformes fecales                                | 0,4-0,6        | UF/muestra   |
| Antibióticos (cualitativos)                       | 0,5            | UF/muestra   |
| Identificación, recuento y pesaje de macroinfauna | 1,0-1,5        | UF/muestra   |

**c. Costos profesionales**

| Item             | Valor unitario UF (H/H) |
|------------------|-------------------------|
| Jefe de Proyecto | 1,8                     |
| Especialistas    | 1,0                     |
| Muestreador      | 0,8                     |
| Buzo             | 1,2                     |

Se ha preferido señalar costos unitarios por cada cada categoría, ya que el costo global dependerá en definitiva de la planificación y de la experiencia que aplique el organismo reponsable de la ejecución del programa, por ejemplo: número de estaciones, áreas geográficas comprometidas, accesibilidad a los sitios de muestreo, disponibilidad de instrumental, equipos y apoyo logístico de la entidad ejecutora.

### **Recomendaciones finales**

En materia de la información registrada sobre las actividades de acuicultura ejercidas desde la Séptima a la Décimo Segunda Regiones, durante el desarrollo de este tercer capítulo el equipo de trabajo vislumbró una serie de falencias a nivel de las bases de datos que administra y tuiciona los correspondientes Servicios del Estado. Para implementar y desarrollar en forma óptima una red de monitoreo ambiental como la solicita el requirente del presente proyecto, sustentada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), es necesario remediar dichas imperfecciones a objeto de evaluar en el tiempo los efectos que generan las actividades de acuicultura sobre el medio acuático. En este sentido, a continuación se señala una serie de recomendaciones que son impescincibles de efectuar:

- Ubicación geográfica precisa de los centros de cultivo de recursos hidrobiológicos. Para ello es necesario contar con una base de datos que al menos disponga de los registros del titular y de las coordenadas geográficas (latitud y longitud) del centro de cultivo.
- Situación actualizada del sistema de concesiones para la acuicultura, tanto para aguas marinas como continentales, que permita disponer de información real y en tiempo breve sobre futuras áreas de concentración geográfica para el desarrollo de este tipo de actividades productivas.
- Normalización y delimitación de las áreas destinadas a la acuicultura. Si bien para aguas marinas estas áreas se encuentra bien establecidas, no ocurre lo mismo para aguas continentales en donde todavía existe una condición transitoria desde un punto de vista legal.
- Una identificación clara y una delimitación precisa de los cuerpos de agua marinos y continentales dentro del territorio nacional. Si bien existe una política nacional de uso del borde costero del litoral de la República (Decreto Supremo N° 475 del 14 de diciembre de 1994; DO 35.064 del 11.01.1995), que apunta a realizar una gestión coordinada de los distintos organismos e intereses en función de la diversidad de usos que pueden adoptarse para el borde costero del litoral, esta iniciativa aún se encuentra dentro de un estado de desarrollo preliminar y sólo considera aguas marinas o sectores de desembocaduras de ríos navegables.
- Una base cartográfica de tipo hidrográfica a escala nacional, oficial, actualizada y moderna que sirva de sustrato basal sobre la cual organizar actividades y usos ligados al ejercicio de la acuicultura en cuerpos de agua tanto marinos como continentales.

Actualmente, estos requisitos están en distintas fases de desarrollo y ninguno de ellos se encuentra plenamente consolidado. Bajo esta situación, en la cual no existen los antecedentes mínimos necesarios para efectuar una selección de cuerpos de agua, entonces fue necesario proponer un diseño de monitoreo ambiental orientado a las actividades de acuicultura considerando enfoques alternativos acordes con esta realidad.

# Diseñar y elaborar una base de datos generada para almacenar la información que se obtendrá de la ejecución de los monitoreos y que pueda ser enlazada con un Sistema de Información Geográfico

Capítulo

4

## A. Metodología de desarrollo del objetivo específico

La metodología empleada para el desarrollo del presente objetivo se basó en una adaptación al método Arbol de Problemas. Su selección como metodología a emplear en el diseño de la base de datos que permitiera almacenar la información generada de la aplicación del protocolo de monitoreo, así como su integración a un sistema de información geográfico (SIG), se basó, principalmente, en la experiencia del consultor en este tipo de proyectos y a la variedad de información, en cuanto a naturaleza y empleo.

Como primera etapa de desarrollo de la base de datos, se identificó la información susceptible de ser incorporada a la base de datos, de acuerdo a su naturaleza, cantidad, uso y relevancia, para los objetivos que persigue el proyecto como unidad. Esta identificación y categorización se logró mediante la realización de reuniones interdisciplinarias en la que cada profesional, de acuerdo a su especialidad, exponía la naturaleza, volumen, importancia y uso, para su disciplina de los diferentes datos generados de la aplicación del protocolo de monitoreo.

Como segunda etapa de desarrollo, se revisó la estructura lógica de las distintas plataformas SIG a las que se tuvo acceso. Así como sus capacidades para incorporar los datos identificados en la etapa anterior. La incorporación de los datos a la base de datos, al ser dependiente de la plataforma SIG que finalmente se seleccionaría, con los distintos agentes participantes del proyecto, se identificaron los problemas que esta acción significaría. En esta etapa se estableció el sistema de "Lluvia de Ideas", la que permitió establecer las necesidades, Imagen Objetivo, Diseño y elaboración de Base de Datos.



Como tercera etapa de desarrollo, se estratificaron los problemas, colocándolos de acuerdo con las relaciones de causa - efecto. Esto con el propósito de sistematizar la información, así como el ponderar en la evaluación económica los problemas identificados. Se enfocó el análisis a través de la selección de problemas principales. De esta forma se establecieron las propiedades de la base de datos, y se establecieron la cualidad de los registros.

Como cuarta etapa de desarrollo, y seleccionada la plataforma SIG, de acuerdo a evaluación económica de ellas, se esquematizó, mediante un sistema que mostrase las relaciones de causa - efecto en forma de árbol de problemas. De esta forma se pudo definir las columnas de la base de datos, y el resultado fue el diseño de la Base de Datos.

Finalmente, como última etapa, se probó el esquema completo, verificando su validez e integridad, así como su capacidad de realizar las operaciones planteadas en su diseño.

## **B. Resultados y Discusión**

### **4.1. Introducción a un sistema de información geográfica**

Un Sistema de Información Geográfico (SIG) constituye una herramienta que se basa en el uso de medios computacionales que, a modo de ejemplo, traza y analiza fenómenos geográficos existentes, y eventos que ocurren, en nuestro planeta. La tecnología SIG integra el funcionamiento de bases de datos, sistemas de búsqueda y selección de datos y el análisis estadístico, teniendo la totalidad de estos procesos la posibilidad de la visualización y análisis geográficos que ofrecen los mapas, cartas, fotografías e imágenes.

Estas habilidades distinguen a los SIG de otros sistemas de información y prestan una valiosa ayuda a una amplia gama de usuarios, servicios gubernamentales y empresas privadas. El uso de SIG en la actualidad permite su aplicación para tareas tan diversas como explicar eventos, predecir fenómenos y planear estrategias. Si bien la generación de mapas y el análisis geográfico no son nuevos, un SIG permite realizar estas tareas complejas con mayor rapidez y con mayor sofisticación que hacerlos con métodos más tradicionales.

#### **4.1.1. Subsistemas funcionales**

Un SIG se encuentra compuesto por cuatro subsistemas funcionales principales. Estos son:

**Entrada de Datos.** Un subsistema de entrada de datos que permite al usuario obtener, coleccionar, y transformar datos espaciales y temáticos a la forma digital. Las entradas de los datos normalmente se derivan de una combinación de mapas, fotografías aéreas, imágenes, informes, documentos de estudios, entre otros.

**Almacenamiento de los Datos y Recuperación.** El almacenamiento de los datos y el subsistema de la recuperación organiza los datos espacialmente y atribuye una posición en la base de datos, de forma que le permite ser recuperado rápidamente por el usuario para el análisis. Este componente normalmente involucra uso de un sistema de dirección de banco de datos para mantener los atributos del dato.

**Manipulación de los datos y Análisis.** La manipulación de los datos y el subsistema de análisis permite al usuario definir y ejecutar espacialmente los procedimientos del atributo para generar la información derivada. Este subsistema normalmente se piensa como el corazón de un SIG, y normalmente lo distingue de otros sistemas de administración de banco o bases de datos y sistemas de búsqueda asistidos por computadora.

**Producción y Despliegue de los datos.** El subsistema de despliegue de datos permite al usuario generar los despliegues gráficos, normalmente los mapas, e informes tabulados que representan los productos de información derivados del proceso de análisis.

#### 4.1.2. Componentes de un SIG

**Hardware.** Es el computador en que un SIG opera. Hoy en día, el software de los SIG funciona en una amplia gama de configuraciones de hardware, desde servidores a computadoras de escritorio aisladas o conectadas a una red de computadoras.

**Software.** El software de los SIG proporciona las funciones y herramientas necesarias para guardar, analizar, y desplegar la información geográfica.

**Datos.** Quizás el componente más importante de un SIG son los datos. Pueden coleccionarse datos geográficos y datos tabulables vinculados internamente, o de vez en cuando con datos comprados de un proveedor. Un SIG puede integrar los datos espaciales con otro tipo de datos, los que pueden ser de tipo paramétrico y no paramétrico, o simplemente metadatos.

**Personas.** La tecnología de los SIG es de valor limitado sin las personas que manejan el sistema y desarrollan los planes para aplicarlo a los problemas reales. Los usuarios de los SIG van de especialistas técnicos que diseñan y mantienen el sistema a aquéllos que lo usan para ayudarlos realice su trabajo cotidiano.

#### 4.2. Evaluación técnico económica de distintas plataformas SIG

De acuerdo al estado de avance del protocolo de monitoreo, las características de la información que éste generará, y estimados los volúmenes de datos que generará cada campaña de monitoreo, se presenta la evaluación de distintas plataformas SIG disponibles en el mercado. Oikos Chile S.A., solicitó información a proveedores de las siguientes plataformas SIGs.

|              |   |
|--------------|---|
| ArcInfo      | ☹ |
| Arc View GIS | ☹ |
| ENVI         | ☹ |
| ER Mapper    | ☺ |
| Idrisi       | ☹ |
| Manifold     | ☺ |
| MapInfo      | ☺ |
| PCI          | ☹ |
| TNT Mips     | ☺ |

|                             |
|-----------------------------|
| ☹ No se recibió información |
| ☺ Se recibió información    |

A la fecha, existen diversos proveedores de SIG que no han dado respuesta a las consultas realizadas por Oikos Chile S.A., por lo que se realizó la evaluación con aquellos que sí entregaron oportunamente la información. Sin embargo, el proyecto al encontrarse en su duodécimo mes, no será posible su incorporación en la evaluación.

Es importante destacar que, de acuerdo a los alcances del proyecto y de acuerdo a los alcances de la propuesta técnica, la evaluación de las plataformas SIG se centrará en los requerimientos de naturaleza de los datos, almacenamiento, procesamiento y presentación de la información generada por el presente proyecto.

##### 4.2.1. Evaluación del hardware

Este punto expone los requerimientos de hardware presentados por el fabricante de la plataforma SIG para su correcto desempeño.

**Plataforma de Trabajo.** Dice relación con el tipo de computadora para la que se encuentra diseñado el software que conforma la plataforma SIG. Básicamente, existe tres tipos de plataformas en el mercado, PC compatible IBM, Macintosh y Mainframe.

**Procesador.** Hace referencia al tipo de procesador y velocidad de éste.

**Memoria RAM.** Corresponde a la Memoria RAM instalada en la computadora para la correcta función de la plataforma SIG.

**Espacio Disco Duro.** El espacio disponible en el disco duro, una vez instalada la plataforma y la base datos, para la operación y uso del SIG.

**CD-ROM.** En la actualidad con el fin de optimizar el transporte de software entre el proveedor y el usuario, la distribución de las plataformas SIG evaluadas se realiza por medio de CD-ROM, por lo que su instalación requiere de una unidad lectora.

|                       | Manifold           | MapInfo           | TNT Mips                       | ER Mapper         |
|-----------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|
| Plataforma de Trabajo | PC Compatible IBM  | PC Compatible IBM | PC Compatible IBM<br>Macintosh | PC Compatible IBM |
| Procesador            | Pentium II 266 mhz | Pentium 200 mhz   | Pentium MMX 233<br>mhz         | Pentium 500 mhz   |
| Memoria RAM           | 128 MB             | 32 MB             | 32 MB                          | 256 MB            |
| Espacio Disco Duro    | 500 MB             | 50 MB             | 300 MB                         | 930 MB            |
| CD-ROM                | Sí                 | Si                | Si                             | Sí                |

Los requerimientos de hardware recomendados son vagos para el caso de la plataforma TNT Mips, puesto que explicita que de acuerdo a las operaciones que se realicen en el SIG, serán los requerimientos recomendados. En general, los requerimientos son los estándares para un software que trabaje en plataforma Windows 95/98/NT/2000. A su vez, ErMapper requiere de mayor capacidad de memoria RAM, así como unos 280 MB de disco duro para sus archivos temporales y swap. MapInfo es la plataforma que presentaría mejor desempeño para un mismo hardware, puesto que sus requerimientos son menores y presenta mayor versatilidad en su licencia básica.

#### 4.2.2. Evaluación del software

Este punto de la evaluación considera los compatibilidad con otros softwares, así como la plataforma informática en la que puede operar la plataforma SIG.

**Sistema operativo.** Los sistemas operativos en que se pueden ejecutar las plataformas SIG.

**Trabajo en Red.** Básicamente se consideró como trabajo en red la capacidad de la plataforma para trabajar en una red área local, con acceso a bases de datos remotas con protocolos de atributos y acceso.

**Lenguaje de Programación.** El uso de SIGs como herramientas de apoyo en el análisis de gran cantidad de información con componentes espaciales significa, en la mayoría de los casos, la realización de tareas repetitivas. Por ello es importante contar con un lenguaje de programación, compatible con la plataforma SIG, que permita la creación de rutinas para la automatización de estas tareas.

**Limitaciones.** Este punto hace referencia a las dimensiones máximas de los datos, tablas y bases de datos que conforman, junto con la plataforma y el usuario, el SIG.

**Compatibilidad Bases de Datos Comerciales.** Evaluar la capacidad que presenta la plataforma SIG en importar datos y bases de datos desde otros softwares de amplia difusión especializados en la administración de datos.

**Lenguaje de Consulta.** Dice relación con el lenguaje que se emplea para analizar la información guardada en bases de datos relacionales. En la actualidad el lenguaje de consulta da mayor difusión es el 'Structured Query Language' (SQL), el que es empleada por la mayoría de los programas de bases de datos en ambiente Windows.

**OBDC.** Determina la capacidad de la plataforma SIG para acceder a datos de una base de datos remotas directamente.

**Intercambio de Datos.** Determina la capacidad de adquirir información desde archivos y programas diferentes a administradores de bases de datos, tal como imágenes vectoriales, imágenes ráster u otros SIGs.

ErMapper, a pesar de ser considerada una plataforma SIG, está diseñado para Procesamiento de Imágenes, por lo que no soporta directamente bases de datos de otros softwares. Requiere la instalación de una utilidad denominada Dynamic Links la cual soporta archivos de ArcInfo, MapInfo, Autocad y Oracle. Por ello, no es adecuado para la administración de los datos generados por el Protocolo de Monitoreo.

TNT Mips presenta la mayor versatilidad en sistemas operativos en que puede trabajar y archivos que puede importar y exportar, presenta además, la posibilidad de intercambiar archivos entre distintos sistemas sin necesidad de compilación de archivos, lo cual representa una ventaja en la habilitación de un SIG en una red de usuarios. Las limitaciones referentes al tamaño de la base de datos están definidas para la totalidad de las plataformas, de acuerdo a las características del sistema operativo en que opera el SIG.

| Características                           | Manifold  | MapInfo   | TNT Mips  | ErMapper                           |
|---|---|---|---|------------------------------------|
| Sistema Operativo                         | Windows 95/98/2000  | DOS + Windows 3.x<br>Windows 95/98/2000<br>Windows Nt<br>Macintosh  | Windows 95/98/2000<br>Windows Nt<br>Macintosh<br>Linux<br>IRIX<br>HPUX<br>SOLARIS<br>SO Unix  | Windows NT<br>Windows 95/98        |
| Trabajo en Red                            | Sí, mantiene atributos y/o acceso de datos de la propia red.  | Sí, mantiene atributos y/o acceso de datos de la propia red   | Sí, mantiene atributos y/o acceso de datos de la propia red.  | No, Software monousuario           |
| Lenguaje de Programación                  | VBScript, Javascript, Visual C++  | Propio (MapBasic)<br>Conectividad con Visual Basic<br>Delphi<br>Borland   | Sin información   | Visual C++, o mayor                |
| Limitaciones                              | Limitaciones del Sistema Operativo en que se instale y de los softwares complementarios.  | Limitaciones del Sistema Operativo en que se instale.<br>4.000.000.000 registros por tabla                          | Limitaciones del Sistema operativo en que se instale.   | Limitaciones del Sistema Operativo |
| Compatibilidad Bases de Datos Comerciales | MS Access, requiere de softwares adicional de la empresa para generar base de datos.  | MS Access, FoxPro, Excel, Lotus, ASCII, Raster, Oracle, Informix, SQL Server, SYBASE, dBase IV, Paradox, OpenIngres | MS Access, Oracle, SQL Server, dBase III, dBase IV  | No presenta compatibilidad         |
| Lenguaje de Consulta                      | Software propio incorporado   | SQL Estándar  | Software propio incorporado   | No presenta                        |
| ODBC                                      | Sí  | Sí  | Sí  | No                                 |
| Intercambio de Datos                      | MBD, Coordinate-coded database, ESRI shape files, ESRI .e00, MapInfo mid-mif files, DLG, SDTS, VPF, TIGER, DXF, USGS DEM, Gtopo30, DEM, ASCII, TeleAtlas TAIF, NOAA GLOBE, NTAD 99. | DWG/DXF, ESRI Shape, ArcView Eoo, JPG, JPEG, TIFF, BMP, WMF   | TARGA, TIFF, PCX, SPOT, LANDSAT, ARCInfo, DXF, MOSS, DLG, DNG; DEM, GRASS, TIGER, GSMAP, ERDAS, Ermapper, MapInfo, MacPaint, IDIMS/IDIPS, TERRAMAR, EPPL-7, PCIPS, TYDAC, DTM, GIF, VPF, EOSAT, CCRS, CAT scan, MRI scans, World Data Bank II, Digital Chart of the World | No                                 |



#### 4.2.3. Evaluación del SIG

La evaluación SIG considera las bondades y flexibilidad que presenta la plataforma SIG, así como el tipo de datos que puede administrar. A su vez, revisa el tratamiento que puede realizarse a la data y su representación.

**Imágenes Ráster.** Corresponde a la capacidad que presente la plataforma SIG en incorporar imágenes ráster (imagen digital que consiste en filas consecutivas de pequeños puntos)

**Imágenes Vectoriales.** Corresponde a la capacidad de la plataforma SIG en incorporar estructuras de datos basada en coordenadas. Generalmente, estas imágenes se emplean en la representación de cartografía y están compuestas por una colección de puntos, líneas y polígonos.

**Dimensiones Geométricas.** Hace referencia a los ejes de coordenadas espaciales que incorpora el SIG.

**Proyecciones que Soporta.** Considera la capacidad de la plataforma SIG en localizar y compatibilizar, por medio de un modelo matemático, la posición de elementos en la superficie terrestre y en una cartografía.

**Digitalización.** Se evalúa la capacidad de digitalización de la plataforma SIG desde una tableta digitalizadora, puesto que la necesidad de contar con una cartografía digital es de vital importancia en el uso de esta herramienta en tareas de análisis e interpretación, evitándose el uso de programas de diseño asistido por computadora, lo que significaría aumentar los requerimientos de implementación de un SIG.

**Creación de Tablas.** Se evalúa la capacidad de la plataforma SIG en generar su propia base de datos, ello con el fin de evitar la dependencia de otro software lo que significaría un aumento en los requerimientos de implementación de un SIG

**Estadística.** Se revisa que la plataforma SIG realizar los cálculos estadísticos básicos para el análisis de la data presente en la base de registros. Estos corresponde a promedio, desviación estándar, máximo y mínimo.

**Creación de Gráficos.** Se revisa que la plataforma SIG genera gráficos básicos con la datos presente en la base de registros. Estos corresponden a gráficos de línea, barra y pie, para una o más variables.

**Periféricos de Salida.** Se revisa los requerimientos para la presentación de la información contenida en el SIG, así como el producto del análisis de la información, por medio de impresoras y plotters.

| Características          | Manifold  | MapInfo  | TNT Mips   | ErMapper  |
|--------------------------|---|--|--|---|
| Imágenes Raster          | No  | Sí   | Sí   | Sí  |
| Imágenes Vectoriales     | Sí  | Sí   | Sí   | Sí  |
| Dimensiones Geométricas  | 2 Dimensiones, software adicional de la empresa. permite la representación tridimensional de los datos.               | 2 Dimensiones, módulo adicional permite incorporar una tercera dimensión espacial  | 2 Dimensiones, módulo adicional permite incorporar una tercera dimensión           | 2 Dimensiones, además presenta algoritmos de representación tridimensional incorporados |
| Proyecciones que Soporta | Contiene una base de proyecciones de uso común para el hemisferio norte. Permite la creación de proyecciones propias. | Contiene una base de proyecciones de uso común, puede generar su propia proyección | Contiene una base de proyecciones de uso común, puede generar su propia proyección | Contiene una base de proyecciones de uso común.   |
| Digitalización           | No  | Sí   | Requiere de Módulo   | No  |
| Creación de Tablas       | No  | Sí   | No   | No  |
| Estadística              | Sí  | Sí   | Sí   | Sí  |
| Creación de Gráficos     | Sí  | Sí   | Sí   | No  |
| Periféricos de Salida    | Sí  | Sí   | Requiere de Módulo   | Sí  |

MapInfo presenta la mayor versatilidad como SIG, puesto que no requiere de software de apoyo, o la necesidad de un módulo complementario para realizar tareas básicas como digitalización y creación de bases de datos.

#### 4.2.4. Evaluación de la capacitación

En este punto se revisan los requerimientos de capacitación para el uso de las plataformas SIG evaluadas. Esta evaluación se basó en la experiencia de usuarios de estas plataformas, así como la experiencia propia de la División SIG de Oikos Chile S.A., para lo cual, adquirió versiones de prueba de las distintas plataformas evaluadas en el presente proyecto.

**Manifold.** De acuerdo a la experiencia de usuarios experimentados en el uso de SIGs, su aprendizaje es lento, presentando, el manual del usuario es poco claro, debiendo recurrir constantemente al soporte técnico vía correo electrónico. El lenguaje de la plataforma, las ayudas, manuales y soporte es inglés, por lo que el dominio de él es necesario. Posee una biblioteca con gran cantidad de aplicaciones y utilidades, sin embargo, no son aplicables a los requerimientos de análisis de Protocolo de Monitoreo, más que las operaciones estadísticas. Se requieren conocimientos previos en creación y administración de bases de datos. El tiempo dedicado al aprendizaje del uso de la plataforma es superior a los seis meses y requiere de una dedicación exclusiva. La dificultad del aprendizaje, también se debe, a la preparación de la totalidad de la información en otros softwares y su posterior importación al SIG. Por lo que, al tiempo de capacitación en el uso de la plataforma es necesario incorporar el tiempo de capacitación para el uso de los programas complementarios.

**MapInfo.** Su aprendizaje es relativamente rápido, los manuales son claros. La interfase con el usuario es simple y amigable. Posee una biblioteca de aplicaciones, la que se puede actualizar por Internet. Las operaciones estadísticas son sólo suficientes. El tiempo requerido para su aprender a usar es de dos días y para crear un SIG completo, no excede 10 días. Tanto la cartografía como las bases de registro pueden crear íntegramente en MapInfo, así como, la modificación de los registros, lo que facilita su aprendizaje y uso. No requerirse de otros programas o módulos para la habilitación y funcionamiento del SIG, por lo que no requiere de capacitación adicional.

**TNT Mips.** Su aprendizaje es relativamente rápido, sin embargo, su presentación al ser modular induce a confusión. La gran cantidad de módulos que componen la plataforma TNT. El lenguaje de la plataforma, las ayudas, manuales y soporte son en inglés, por lo que su conocimiento es necesario. La creación de la base de registros debe ser preparada en un software distinto a TNT Mips, por lo que requiere de aprendizaje adicional. La digitalización requiere de un módulo distinto, así como su capacitación.

**ErMapper.** Su aprendizaje es relativamente rápido, sus manuales, ayudas y ejemplos son claros y precisos, con una interfase con el usuario es simple. Su uso se limita casi en exclusividad a la interpretación de imágenes satelitales, para lo cual cuenta con una amplia gama de algoritmos de interpretación, pudiéndose crear algoritmos propios.

| Características  | Manifold  | MapInfo  | TNT Mips   | ErMapper   |
|------------------|---|--|--|--|
| Capacitación *   | No tiene soporte para capacitación en Chile. En el país de origen no existe capacitación, por lo que el aprendizaje se realiza por medio de ensayo error y consultas por e-mail | El distribuidor en Chile dicta cursos de capacitación de acuerdo a las necesidades de los usuarios (75 US \$/h). | El distribuidor en Chile dicta cursos de capacitación de acuerdo a las necesidades de los usuarios (70 US \$/h). | El distribuidor en Chile dicta cursos de capacitación básica. Dos días de capacitación a un costo mínimo de 1.215 US \$. |
| Tpo. Aprendiz. * | 6 meses   | 10 días  | 3 meses  | 2 días   |

\*Corresponde al tiempo requerido para adquirir los conocimientos básicos y utilidades que presenta la plataforma SIG.

Es importante mencionar que la inversión en tiempo y recursos en capacitación de nuevos usuarios en SIG depende, además de su capacidad de aprendizaje, de sus conocimientos previos en el uso de bases de datos y geográficos. Como soporte se entrega un manual de uso (Anexo 4).

#### 4.2.5. Requerimientos de la Base de Datos

La base de datos general del SIG se puede dividir en dos unidades temáticas, la primera y correspondiente a registros y la segunda a cartografía.

##### Unidad de Registros

La unidad de base de datos de registros considera la incorporación de los datos sobre parámetros ambientales y metadatos para las estaciones de monitoreo, así como sus coordenadas. También se incluirán en el SIG los datos de las líneas de custodia y otra información recopilada en terreno.

##### Unidad Cartografía

La unidad de base de datos cartografía considera la incorporación de las principales capas de información contenidas en la cartografía SHOA u otra para los cuerpos de agua incorporados al SIG. Estas capas dicen relación, principalmente, con: Línea de Costa, Batimetría, Toponimia, Casco Urbano, Concesiones de Acuicultura, entre otras.

### Unidad Consultas

La unidad de consultas considera la posibilidad de aplicar criterios de selección, búsqueda y cálculo con los datos presentes en la unidad de registros.

| Características | Manifold | MapInfo | TNT Mips | ErMapper |
|-----------------|----------|---------|----------|----------|
| Registro        | Si       | Sí      | Si       | No       |
| Cartografía     | Si       | Sí      | Si       | Si       |
| Consultas       | Si.      | Sí      | Si       | No       |

De las plataformas SIG evaluadas, tres cuentan con la capacidad de administrar los datos que se generarán a partir del Monitoreo propuesto.

#### 4.2.6. Evaluación Económica

De acuerdo a lo observado en los puntos anteriores, se utilizará MapInfo como plataforma SIG modelo en la evaluación económica, puesto que esta plataforma es la que presenta los mejores rendimientos en las áreas antes analizadas. En caso de requerirse de módulos complementarios o softwares de apoyo a las otras plataformas SIG, se valorizará la adquisición de ellos. Por lo demás, de acuerdo a las características propias de los registros, consultas y análisis que se solicitarán al SIG, MapInfo cumple con la totalidad de ellos.

La evaluación económica considerará como base de cálculo la habilitación de una estación de trabajo, ya que la totalidad de las plataformas SIG evaluadas no presentan diferencias entre licencias multiusuarios y mono usuarios.

La plataforma ErMapper, a pesar de ser considerada como una plataforma SIG, se encuentra diseñada principalmente a la fotointerpretación satelital, así como al manejo de imágenes. Presente importantes incompatibilidades con la información que generará la aplicación del Protocolo de monitoreo, por lo que es una plataforma SIG no elegible.

Realizada la evaluación técnica y económica de las plataformas SIG se infiere que consultor MapInfo es la plataforma SIG que resulta más adecuada desde el punto de vista técnico y económico para implementar un SIG con la información que generará el Protocolo de Monitoreo, así como otra información relevante.

| Características                     | Manifold                    | MapInfo            | TNT Mips                  | ErMapper                    |
|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Creación Base de Datos de Registro  | Adquisición MS<br>Access    |                    | Adquisición MS<br>Access  | No Aplicable                |
|                                     | Capacitación MS<br>Access   |                    | Capacitación MS<br>Access |                             |
| Creación Base de Datos Cartográfica | Adquisición Autocad<br>2000 |                    | TNT Edit                  | Adquisición Autocad<br>2000 |
|                                     | Capacitación Autocad        |                    |                           | Capacitación Autocad        |
| Impresión Impresora o Ploter        |                             |                    | TNT P15                   |                             |
| Capacitación                        | 6 Meses                     | 0,5 Meses          | 3 Meses                   | 0,1 Meses                   |
| Adquisición Licencia Básica         | 145 US \$                   | 1.950 US \$ + IVA  | 7.000 US \$ + IVA         | 5.150 US \$ + IVA           |
| Creación Base de Datos de Registro  | 339 US \$                   |                    | 339 US \$                 | No Aplicable                |
| Creación Base de Datos Cartográfica | 6.590 US \$                 |                    | 3.600 US \$ + IVA         | 6.590 US \$ + IVA           |
| Impresión Impresora o Ploter        |                             |                    | 1.800 US \$ + IVA         |                             |
| Capacitación Hora SERNAPESCA *, **  | 1440 US \$                  | 240 US \$          | 720 US \$                 | 48 US \$                    |
| Capacitación Hora Instructor *      |                             | 3.000 US \$ + IVA  | 16.800 US \$ + IVA        | 1.215 US \$ + IVA           |
| <b>Total</b>                        | <b>8.514 US \$</b>          | <b>6.081 US \$</b> | <b>31.267 US \$</b>       | <b>15.335 US \$</b>         |

\*Se consideró ochenta horas mensuales de capacitación

\*\*Se considera por concepto de costo de oportunidad un valor de 3 US \$ por hora

### 4.3. Diseño de la Base de Datos

Definida la plataforma MapInfo como aquella que mejor se ajusta a los requerimientos de la base de datos generada por el Protocolo de Monitoreo, se realizó el estudio de la arquitectura de las bases de datos que emplea MapInfo con el fin de optimizar su funcionalidad.

Básicamente, el modelo de datos que emplea MapInfo, y por consiguiente el SIG generado para el análisis de la información generada por la ejecución el Protocolo de Monitoreo, corresponde a un modelo lógico

basado en registros, siendo, específicamente, el modelo relacional. El modelo relacional representa los daños y las relaciones entre los datos mediante una colección de tablas, cada una de las cuales tiene un número de columnas con nombres únicos. Este modelo se ha establecido como el principal modelo de datos para aplicaciones comerciales de procesamiento de datos, siendo este éxito llevado a procesamiento de datos para diseño asistido por computador entre otras aplicaciones computacionales.

Previo al diseño de la base de datos propiamente tal se puso especial cuidado en evitar propiedades inherentes a un mal diseño, siendo estas, principalmente:

- Repetición de información,
- Incapacidad para representar cierta información, y
- Pérdida de Información.

Finalmente, la describe la base de datos implementada por Oikos Chile S.A. durante el desarrollo del presente proyecto para su uso en SIG, la que fue utilizada como herramienta de análisis los centros de cultivos, número, producción y especie cultivada, así como las áreas adecuadas para la acuicultura. Esta información se empleó, tal como se hiciera mención en capítulos anteriores, en la definición de los cuerpos de agua monitoreados y sus sectores.

#### **4.3.1. Registros**

Revisados los fundamentos de las bases de datos, específicamente las bases de datos basadas en el modelo relacional, modelo que emplea MapInfo en su base de registros; así como, revisada la totalidad de los datos generados por la aplicación del Protocolo de Monitoreo, y definida la información susceptible a ser solicitada al SIG por implementar, se diseñó una base de datos de registro estructurada en once tablas maestras.

En estas once tablas maestras se organizan los datos de acuerdo a su origen, naturaleza y uso, evitándose la pérdida de información. A su vez, se generan los vínculos entre ellas, a fin de evitar información redundante y posibilitar la generación y presentación de nueva información. Siendo expuesta la estructura de las tablas maestras a continuación.

**Tabla Localización.** Corresponde a la información correspondiente a la localización de las estaciones monitoreadas. En ella se entrega principalmente información referente a la georreferenciación de cada una de las estaciones.

| Nombre Columna  | Descripción  | Formato  |
|-----------------|--|----------|
| Región          | Región en la que se encuentra la estación  | Entero   |
| Cuerpo agua     | Cuerpo de agua en que se encuentra la estación   | Caracter |
| Sector          | Sector del cuerpo de agua en que se encuentra la estación  | Caracter |
| Tipo            | Tipo de cuerpo de agua en que se encuentra la estación   | Caracter |
| Campaña         | Campaña a la que corresponde la estación   | Entero   |
| Transecta       | Transecta a la que corresponde la estación   | Caracter |
| Estación        | Nombre de la estación  | Caracter |
| Código Estación | Cada estación se encuentra codificada, código que es usado por el diseño lógico en la recuperación de datos desde las tablas restantes | Caracter |
| Fecha           | Fecha en que se realizó el monitoreo   | Fecha    |
| Nº GPS          | Identificación equipo utilizado en la georreferenciación   | Caracter |
| WP              | Número de registro de las coordenadas de las estación  | Caracter |
| UTM E           | Coordenada Este estación   | Decimal  |
| UTM N           | Coordenada Norte estación  | Decimal  |
| Hora            | Hora en que se georreferenció la estación  | Caracter |
| Datum           | Datúm al que corresponden las coordenadas determinadas para la estación  | Caracter |
| EPE             | Error instrumental en georreferenciación de la estación  | Entero   |
| Cob Satelital   | Número de satélites empleados en georreferenciación de la estación   | Entero   |



**Tabla Hábitat.** Corresponde a la información correspondiente al tipo de hábitat en que se encuentran localizadas las estaciones monitoreadas.

| Nombre Columna       | Descripción   | Formato  |
|----------------------|---|----------|
| Región               | Región en la que se encuentra la estación                         | Entero   |
| Cuerpo agua          | Cuerpo de agua en que se encuentra la estación                    | Caracter |
| Sector               | Sector del cuerpo de agua en que se encuentra la estación         | Caracter |
| Tipo                 | Tipo de cuerpo de agua en que se encuentra la estación            | Caracter |
| Campaña              | Campaña a la que corresponde la estación                          | Entero   |
| Transecta            | Transecta a la que corresponde la estación                        | Caracter |
| Estación             | Nombre de la estación   | Caracter |
| Fecha                | Fecha en que se realizó el monitoreo                              | Fecha    |
| Responsable          | Responsable de la información presente en el registro             | Caracter |
| Tipo Costa           | Descripción de la morfología de la costa cercana a la transecta   | Caracter |
| Tipo Vegetación      | Descripción del tipo de vegetación costera cercana a la transecta | Caracter |
| Origen Vegetación    | Descripción del origen de la vegetación costera                   | Caracter |
| Sustrato             | Tipo de sustrato observado  | Caracter |
| Relieve Orilla       | Descripción del relieve de la orilla                              | Caracter |
| Fauna                | Presencia de fauna  | Entero   |
| Película Superficial | Presencia de película superficial                                 | Entero   |
| Macrófitas           | Presencia de macrófitas   | Entero   |
| Peces                | Presencia de peces  | Entero   |
| Casas                | Presencia de casas  | Entero   |
| Negocios             | Presencia de negocios   | Entero   |
| Plantas indust       | Presencia de Plantas Industriales                                 | Entero   |
| Muelles              | Presencia de Muelles  | Entero   |
| Puertos              | Presencia de Puertos  | Entero   |
| Campo                | Presencia de zonas de cultivo                                     | Entero   |
| Muros                | Presencia de Muros  | Entero   |
| Caminos              | Presencia de Caminos  | Entero   |
| Descargas            | Presencia de Descargas  | Entero   |
| Embarcaciones        | Presencia de embarcaciones  | Entero   |
| Jaulas               | Presencia de Jaulas   | Entero   |
| Cuelgas              | Presencia de Cuelgas  | Entero   |
| Boyas                | Presencia de Boyas  | Entero   |
| Sitio de fondeo      | Presencia de Sitios de Fondeo                                     | Entero   |

**Tabla Metadatos.** Esta tabla contiene la información definida como Metadatos para cada una de las estaciones muestreadas

| Nombre Columna   | Descripción   | Formato  |
|------------------|---|----------|
| Código Estación  | Nombre de la estación   | Caracter |
| Responsable      | Responsable de la información presente en el registro         | Caracter |
| Temperatura Aire | Temperatura del aire en °C al momento de realizar el muestreo | Entero   |
| Nubosidad        | Cobertura nubosa en octavos                                   | Entero   |
| Profundidad      | Profundidad en metros   | Decimal  |
| TSM              | Temperatura Superficial del agua                              | Decimal  |
| Dir viento       | Dirección del Viento  | Decimal  |
| Vel viento       | Velocidad del Viento m/s                                      | Decimal  |
| Dir oleaje       | Dirección del oleaje  | Decimal  |
| Estado           | Estado del cuerpo de agua                                     | Caracter |
| Precip           | Precipitaciones   | Caracter |
| Olor             | Olor que presenta el agua en la estación                      | Caracter |
| Color            | Color que presenta el agua en la estación                     | Caracter |

**Tabla Data Agua.** Esta tabla contendrá la totalidad de los resultados obtenidos para agua de los distintos parámetros medidos.

| Nombre Columna              | Descripción   | Formato  |
|-----------------------------|---|----------|
| Código Estación             | Nombre de la estación                                 | Caracter |
| Estrato                     | Estrato en que fue tomada la muestra de agua          | Caracter |
| Réplica                     | Número de la réplica de muestra                       | Entero   |
| Responsable                 | Responsable de la información presente en el registro | Caracter |
| Salinidad (ups)             | Salinidad   | Decimal  |
| S. susp (mg/l)              | Sólidos Suspendidos                                   | Decimal  |
| OD (mL/L)                   | Oxígeno Disuelto                                      | Decimal  |
| pH                          | pH  | Decimal  |
| COT (mg/L)                  | Carbono Orgánico Total                                | Decimal  |
| P <sub>t</sub> (mg/L)       | Fósforo Total   | Decimal  |
| PO <sub>4</sub> (mg/L)      | Fosfato   | Decimal  |
| N <sub>t</sub> (mg/L)       | Nitrógeno Total                                       | Decimal  |
| NH <sub>4</sub> (mg/L)      | Nitrato   | Decimal  |
| Clorof (mg/m <sup>3</sup> ) | Clorofila a   | Decimal  |
| Cobre(ug/L)                 | Cobre   | Decimal  |

**Tabla Data Sedimento.** Esta tabla incorporará los resultados obtenidos de los análisis en la matriz ambiental sedimentaria.

| Nombre Columna  | Descripción   | Formato  |
|-----------------|---|----------|
| Código Estación | Nombre de la estación                                 | Caracter |
| Réplica         | Número de la réplica de muestra                       | Entero   |
| Responsable     | Responsable de la información presente en el registro | Caracter |
| PG (phi)        | Tamaño medio de partícula                             | Decimal  |
| Clasif          | Clasificación de los sedimentos                       | Caracter |
| SG (phi)        | Grado de clasificación                                | Decimal  |
| AG (phi)        | Asimetría   | Decimal  |
| COT (%)         | Carbono Orgánico Total                                | Decimal  |
| Pt (ppm)        | Fósforo total   | Decimal  |
| Nt (ppm)        | Nitrógeno total                                       | Decimal  |
| Cobre (ppm)     | Cobre   | Decimal  |
| Sulf (ppm)      | Sulfuro   | Decimal  |

**Tabla Data MacroInfauna.** Esta tabla incorporará los resultados obtenidos de los análisis en la matriz ambiental macroinfauna.

| Nombre Columna  | Descripción   | Formato  |
|-----------------|---|----------|
| Código Estación | Nombre de la estación                                 | Caracter |
| Réplica         | Número de la réplica de muestra                       | Entero   |
| Responsable     | Responsable de la información presente en el registro | Caracter |
| Nº Esp          | Número de especies                                    | Entero   |
| Nº Indiv        | Número de individuos                                  | Entero   |
| Biom (g)        | Biomasa   | Decimal  |
| Div. (bit/ind)  | Diversidad  | Decimal  |
| Unif            | Uniformidad   | Decimal  |

**Tabla Custodia Agua.** Esta tabla contiene los datos correspondientes a la línea de custodia de las muestras de agua.

| Nombre Columna  | Descripción   | Formato  |
|-----------------|---|----------|
| Código Estación | Nombre de la estación                                 | Caracter |
| Etrato          | Etrato en que fue tomada la muestra de agua           | Caracter |
| Réplica         | Número de la réplica de muestra                       | Entero   |
| Responsable     | Responsable de la información presente en el registro | Caracter |
| Responsable Lab | Responsable de la muestra y análisis realizados       | Caracter |
| Parámetro       | Parámetro determinado                                 | Caracter |
| Código Muestra  | Código asignado a la muestra                          | Caracter |
| Laboratorio     | Laboratorio al que se envió la muestra                | Caracter |
| LD              | Límite de Detección                                   | Decimal  |
| MA              | Metodología de análisis                               | Caracter |

**Tabla Custodia Sedimento.** Esta tabla contiene los datos correspondientes a la línea de custodia de las muestras de sedimentos.

| Nombre Columna  | Descripción   | Formato  |
|-----------------|---|----------|
| Código Estación | Nombre de la estación                                 | Caracter |
| Estrato         | Estrato en que fue tomada la muestra de agua          | Caracter |
| Réplica         | Número de la réplica de muestra                       | Entero   |
| Responsable     | Responsable de la información presente en el registro | Caracter |
| Responsable Lab | Responsable de la muestra y análisis realizados       | Caracter |
| Parámetro       | Parámetro determinado                                 | Caracter |
| Código Muestra  | Código asignado a la muestra                          | Caracter |
| Laboratorio     | Laboratorio al que se envió la muestra                | Carácter |
| LD              | Límite de Detección                                   | Decimal  |
| MA              | Metodología de análisis                               | Caracter |

**Tabla Custodia MacroInfauna.** Esta tabla contiene los datos correspondientes a la línea de custodia de las muestras de macroinfauna.

| Nombre Columna  | Descripción   | Formato  |
|-----------------|---|----------|
| Código Estación | Nombre de la estación                                 | Caracter |
| Estrato         | Estrato en que fue tomada la muestra de agua          | Caracter |
| Réplica         | Número de la réplica de muestra                       | Entero   |
| Responsable     | Responsable de la información presente en el registro | Caracter |
| Responsable Lab | Responsable de la muestra y análisis realizados       | Caracter |
| Parámetro       | Parámetro determinado                                 | Caracter |
| Código Muestra  | Código asignado a la muestra                          | Caracter |
| Laboratorio     | Laboratorio al que se envió la muestra                | Caracter |
| LD              | Límite de Detección                                   | Decimal  |
| MA              | Metodología de análisis                               | Caracter |

**Tabla Responsables.** Finalmente, esta tabla presenta la identificación de la totalidad de los responsables que generaron información contenida en el SIG.

| Nombre Columna | Descripción   | Formato  |
|----------------|---|----------|
| Sigla          | Nombre o código por el que se identifica al responsable | Caracter |
| Nombre         | Nombre completo del responsable                         | Caracter |
| Institución    | Institución a la que pertenece el responsable           | Caracter |

#### 4.3.2. Cartografía

De similar forma a lo realizado en el diseño de la base de datos para los datos generados por la aplicación del protocolo de monitoreo, se revisaron la totalidad de la información cartográfica requerida en una correcta interpretación de la información, así como los estándares empleados en la elaboración de

cartografía por organismos como el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) y el Instituto Geográfico Militar (IGM).

Definida la información cartográfica por incorporar, y analizado su origen, naturaleza, número y uso, se diseñó la base de datos cartográfica detallada a continuación.

**Tabla Batimetría.** Esta tabla contiene las líneas batimétricas de las cartas digitalizadas y que se encuentran representadas en las cartas SHOA.

| Nombre Columna | Descripción  | Formato  |
|----------------|--|----------|
| N SHOA         | Número Carta SHOA  | Caracter |
| Nombre         | Nombre Carta SHOA  | Caracter |
| Escala         | Escala de la carta   | Caracter |
| Proyección     | Proyección de la carta                                       | Caracter |
| Dátum          | Dátum de la carta  | Caracter |
| Etiqueta       | Descripción de elemento de la carta                          | Caracter |
| Obj            | Polígono o línea que representa vectorialmente la batimetría | Objeto   |

**Tabla Casco Urbano.** En ella se presentan las superficies correspondientes a cascos urbanos considerados en la cartografía SHOA digitalizada.

| Nombre Columna | Descripción   | Formato  |
|----------------|---|----------|
| N SHOA         | Número Carta SHOA   | Caracter |
| Nombre         | Nombre Carta SHOA   | Caracter |
| Escala         | Escala de la carta  | Caracter |
| Proyección     | Proyección de la carta  | Caracter |
| Dátum          | Dátum de la carta   | Caracter |
| Etiqueta       | Descripción de elemento de la carta                               | Caracter |
| Obj            | Polígono o línea que representa vectorialmente los cascos urbanos | Objeto   |

**Tabla Hidrografía.** Contiene los principales cursos de agua presente en la cartografía SHOA digitalizada.

| Nombre Columna | Descripción   | Formato  |
|----------------|---|----------|
| N SHOA         | Número Carta SHOA   | Caracter |
| Nombre         | Nombre Carta SHOA   | Caracter |
| Escala         | Escala de la carta  | Caracter |
| Proyección     | Proyección de la carta  | Caracter |
| Dátum          | Dátum de la carta   | Caracter |
| Etiqueta       | Descripción de elemento de la carta                           | Caracter |
| Obj            | Polígono o línea que representa vectorialmente la hidrografía | Objeto   |

**Tabla Línea de Costa.** En ella se presenta la línea de costa correspondiente a la cartografía SHOA digitalizada.

| Nombre Columna | Descripción  | Formato  |
|----------------|--|----------|
| N SHOA         | Número Carta SHOA  | Caracter |
| Nombre         | Nombre Carta SHOA  | Caracter |
| Escala         | Escala de la carta   | Caracter |
| Proyección     | Proyección de la carta   | Caracter |
| Datúm          | Dátum de la carta  | Caracter |
| Etiqueta       | Descripción de elemento de la carta                              | Carácter |
| Obj            | Polígono o línea que representa vectorialmente la línea de costa | Objeto   |

**Tabla Muelle.** En ella se presentan los muelles y otras obras portuarias presente en la cartografía SHOA digitalizada.

| Nombre Columna | Descripción   | Formato  |
|----------------|---|----------|
| N SHOA         | Número Carta SHOA   | Caracter |
| Nombre         | Nombre Carta SHOA   | Caracter |
| Escala         | Escala de la carta  | Caracter |
| Proyección     | Proyección de la carta  | Caracter |
| Datúm          | Dátum de la carta   | Caracter |
| Etiqueta       | Descripción de elemento de la carta   | Carácter |
| Obj            | Polígono o línea que representa vectorialmente los muelles y otras obras portuarias | Objeto   |

**Tabla Toponimia.** En ella se presenta la toponimia destacable presente en la cartografía SHOA digitalizada.

| Nombre Columna | Descripción                                     | Formato  |
|----------------|---|----------|
| N SHOA         | Número Carta SHOA                               | Carácter |
| Nombre         | Nombre Carta SHOA                               | Carácter |
| Escala         | Escala de la carta                              | Carácter |
| Proyección     | Proyección de la carta                          | Carácter |
| Dátum          | Dátum de la carta                               | Carácter |
| Etiqueta       | Descripción de elemento de la carta             | Carácter |
| Obj            | Arreglo de texto correspondiente a la toponimia | Objeto   |

#### 4.3.3. Base de Datos de Oikos

La creación de esta base de datos obedece a la necesidad de revisar la totalidad de la información disponible sobre acuicultura en la zona sur austral del país (Séptima a la Décimo Segunda Región). Específicamente, esta base de datos permitió el análisis de los centros de cultivo, su distribución especial, calcular índices de producción en virtud de la localización de los centros. Ello permitió definir áreas

geográficas representativas para la acuicultura en virtud de la producción, especies cultivadas y densidad de centros de cultivo.

A su vez, se incorporó información pertinente a las áreas adecuadas para acuicultura, a fin de corroborar la información desplegada por las concesiones de acuicultura. La incorporación de esta nueva información se justifica principalmente a que el acceso a los decretos que entregan las concesiones de acuicultura son parciales para el periodo de tiempo comprendido entre 1994 y el primer semestre del 2000.

**Concesiones de Acuicultura.** Tabla que contiene información referente al otorgamiento de la concesión de acuicultura.

**Area de Concesión.** Tabla que contiene la superficie cartografiada de la concesión de acuicultura.

**Area Adecuada para Acuicultura.** Tabla que contiene la superficie cartografiada del área adecuada para la acuicultura.

#### 4.4. Creación de la base de datos Oikos

Tal como se hiciera mención en el punto anterior, esta base de datos tiene por finalidad el apoyar la elección de los sitios en que ejecutará y pondrá a punto el Protocolo de Monitoreo e implementará un SIG con la información generada por éste.

En una primera etapa se digitalizó la totalidad de los vértices expuestos en los decretos que otorgan concesiones de acuicultura para el periodo de tiempo comprendido entre 1994 y primer semestre del 2000. Para ello se creó en la plataforma SIG una tabla con la estructura definida en el punto 5.3.2.

Terminada la incorporación de los vértices de las concesiones de acuicultura presente en los decretos del periodo antes mencionado, se procedió a la representación espacial de cada uno de ellos en un 'mapa' de la plataforma SIG. Uniéndose, finalmente, los vértices correspondientes a cada concesión, por medio de herramientas de la plataforma SIG especialmente diseñadas para tales efectos, y, generando así, las superficies correspondientes a cada concesión de acuicultura.

Como se mencionara en capítulos anteriores, la información recabada para las concesiones de acuicultura es insuficiente en la definición de áreas representativas para ejecutar el Protocolo de Monitoreo. Por ello, se complementó la informa correspondiente a las concesiones de acuicultura, con la áreas adecuadas para la acuicultura. La incorporación de esta nueva información requirió de una nueva tabla de registros, la que se describe en el punto 5.3.3.

A diferencia de la tabla de concesiones de acuicultura, la incorporación de la áreas adecuadas para la acuicultura requirió del uso de tabletas digitalizadoras, puesto que la información contenida en los documentos a los que se tuvo acceso no correspondían a la representación gráfica con que cuenta la Subsecretaría de Pesca.

#### **4.5. Creación de la base de datos cartográfica**

Con la finalidad de generar una base cartográfica que se ajuste a la usada por la Subsecretaría de Pesca, se solicitó al SHOA, por medio de la propia subsecretaría, el acceso a la cartografía en formato digital con que cuenta ese servicio. Este procedimiento se sustenta en la necesidad de evitar inconsistencias entre la cartografía incorporada en el SIG y otra posible cartografía empleada en diferentes departamentos de la subsecretaría, es decir, obedece a una estandarización de la cartografía empleada al interior del organismo. Sin embargo, esta solicitud que no pudo ser satisfecha, por lo que se debió digitalizar desde cartas tradicionales la información a incluir en el SIG.

#### **4.6. Ingreso datos de muestreo**

De similar forma a lo realizado en la incorporación de los vértices de las concesiones de acuicultura, se creó la estructura de las once tablas que contendrán los datos generados en las dos campañas de monitoreo realizadas durante el desarrollo del proyecto. Creadas las estructuras de las tablas maestras en la plataforma SIG seleccionada, se procedió a la incorporación de los datos de terreno y laboratorio. Finalizada la incorporación de los datos de monitoreo se procedió, mediante una herramienta específica de la plataforma SIG a la representación en un mapa de la información con atributos espaciales.



## C. Conclusiones

Referente a la selección de la plataforma SIG a emplear, en la administración de la base de datos generada de la aplicación del protocolo de monitoreo, pueden existir diferencias en la plataforma elegida, si se modifican los requerimientos.

Referente a la estructura de la base de datos, la información de las concesiones de acuicultura se organiza en dos tablas vinculadas para los datos y georreferenciación de las concesiones, una se llama Concesiones\_Areas; la que contiene un identificador (ID) que la vincula mediante su número de resolución con la tabla ID\_Concesiones a través de un mismo identificador.

La tabla Concesiones\_Areas posee los atributos de ser una tabla mapeable, donde sus objetos corresponden a los polígonos formados por los vértices de sus resoluciones aprobatorias.

La tabla ID\_Concesiones incluye Registros que describen:

Secuencia (entero)

Vértice (entero)

Resolución (alfanumérico, vinculo indexado)

Fecha (fecha)

Año (entero)

Tipo Concesión (alfanumérico)

Especies (alfanumérico)

Sector (alfanumérico)

Localidad (alfanumérico)

Comuna (alfanumérico)

Provincia (alfanumérico)

Región (alfanumérico)

Superficie (decimal)

Observaciones (alfanumérico)

Resolución Anterior (alfanumérico)

Fecha Resolución Anterior (fecha)

Cada uno de los Registro que se localiza de acuerdo a su columna posee información que caracteriza cada área de una concesión.

Los datos generados de la aplicación del protocolo de monitoreo se organizan en nueve tablas relacionadas con los datos de los monitoreos efectuados en los distintos cuerpos de agua durante la aplicación del modelo de monitoreo. Estas nueve tablas poseen una vinculación con una de ellas, la tabla Metadata.

La Tabla Metadata da información respecto a los datos de observación del momento en que se realizaba la toma de muestra.

Existen tres tablas similares en sus objetivos que es controlar la toma de la muestra, codificándola y siguiendo su trayecto hasta el laboratorio. Se identifica a su vez la estación y el parámetro analizado. Estas tablas son Custodia\_Agua, Custodia\_Macrofauna y Custodia Sedimento.

Existen tres tablas similares en sus objetivos que es incluir los resultados de los parámetros medidos por estación. Las coordenadas de las estaciones aparecen en otra tabla, y están vinculadas mediante el código de la estación. Estas tablas son Data\_Agua, Data\_Macrofauna y Data\_Sedimento.

Existe una octava tabla, tabla Hábitat, la que se relaciona con las transectas trazadas para realizar el modelo de monitoreo. Esta tabla incluye su código y antecedentes de los sectores en que se realizaron los monitoreos.

La novena tabla, tabla Localización, esta tabla posee las coordenadas de las estaciones, así como información relacionada con la estación y antecedentes de los GPS.

La información cartográfica incorporada en la plataforma se puede desplegar como tabla o como mapa. En la tabla se puede incorporar información asociada al respectivo elemento del mapa que posteriormente es presentada como etiqueta.

En MapInfo, cada layer es un archivo diferente, es decir, Línea\_costa se encuentra en otro archivo que Batimetría. Por lo anterior se formaron 11 archivos.

Los archivos son los siguientes:

**Toponimia**, posee 5 campos distintos, ID, Número\_Carta, Nombre\_Carta, Escala, Etiqueta. Todos son propiedades Carácter.

**Océano**, posee 1 campo. Océano (Carácter).

**Muelle**, posee 5 campos distintos, ID, Número\_Carta, Nombre\_Carta, Escala, Topónimo. Todos son propiedades Carácter.

**Marco**, posee 1 campo. ID (Carácter).

**Línea de Costa**, posee 5 campos distintos, ID, Número\_Carta, Nombre\_Carta, Escala, Topónimo. Todos son propiedades Carácter.

**Hidrografía**, posee 5 campos distintos, ID, Número\_Carta, Nombre\_Carta, Escala, Topónimo. Todos son propiedades Carácter.

**Coordenadas FIP2**, posee 17 campos distintos, Región (Entero), Cuerpo\_Agua (Carácter), Sector (Carácter), Tipo (Carácter), Campaña (Entero), Transecta (Entero), Estación (Carácter), Fecha (Entero), NGPS (Entero), Wpoint (Entero), Coord\_Este (Entero), Coord\_Norte (Entero), Ajuste\_GPS (Entero), Hora (Carácter), Dátum (Carácter), EPE (Entero), Cob\_Satelital (Entero).

**Casco Urbano**, posee 5 campos distintos, ID, Número\_Carta, Nombre\_Carta, Escala, Etiqueta. Todos son propiedades Carácter.

**Batimetría**, posee 5 campos distintos, ID, Veril, Número\_Carta, Nombre\_Carta, Escala. Todos son propiedades Carácter.

**Bancos de Arena**, posee 4 campos distintos, ID, Número\_Carta, Nombre\_Carta, Escala. Todos son propiedades Carácter.

**A\_A\_A**, posee 5 campos distintos, ID, Sector, Número\_Carta, Nombre\_Carta, Escala. Todos son propiedades Carácter.

Así como existe a su vez un archivo por cada imagen ráster.

# Bibliografía Consultada

Capítulo

5

1. Ackefors, H. & M. Enell, 1994. The release of nutrients and organic matter from aquaculture systems in Nordic countries. *J.Appl.Ichthyol.*, 10:225-41
2. Ahumada, R. y S. Contreras. 1999. Contenido de metales (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pd, Sr, V y Zn) en sedimentos de los fiordos y canales adyacentes a Campos de Hielo Sur. *Cienc. Tecnol. Mar.*, 22: 47-58.
3. Alabaster, J.S. and R. Lloyd. 1982. *Water quality criteria for freshwater*. Second edition. London.
4. Alvial, A. 1993. Manejo ambiental en acuicultura. Tiempo de soluciones. Seminario Internacional Acuicultura y Medio Ambiente. pp. 1-16. Santiago, septiembre de 1993. Fundación Chile. 183 p.
5. Alvial A. y J.L. Orellana. 1996. La zona costera en Chile. Presente y futuro. Actas Primer Seminario Internacional. Noviembre de 1995, Fundación Chile. 319 p.
6. APHA (American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation). 1992. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, D.C.
7. AQUANOTICIAS. 1998a. Acuicultura en Chile: más allá de los salmones. *Aquanoticias*, 45: 33-73.
8. AQUANOTICIAS. 1998b. En vigencia control de residuos farmacéuticos. *Aquanoticias*, 40: 57-59.
9. AQUANOTICIAS. 1999. Compendio de la acuicultura y la pesca de Chile. Technopress S.A. 259 p.
10. AQUANOTICIAS. 2000. Compendio y directorio de la acuicultura y de la pesca de Chile 2000. Technopress. S.A. 342 p.
11. Arismendi, I. 1997. La pesca deportiva en el lago Llanquihue y sus implicancias económicas y ecológicas. Tesis para optar al título de Ingeniero Pesquero. Universidad Austral de Chile, 115 p.
12. Arrau, F. 2001. Distribución y comercialización de las aguas en Chile. Biblioteca del Congreso Nacional, 69 p. (<http://congreso.cl/biblioteca/estudios/esolis/178-02.htm>)
13. Aure, J. and A. Stigebrandt. 1990. Quantitative estimates of the eutrophication effects of fish farming on fjords. *Aquaculture*, 90: 135-156.
14. Aure, J., Ervik, A.S., Johannessen, P.J. and Ordemann, T., 1988. Resipientpavirkning fra fiskeoppdretti saltvann (The environmental effects of sea water fish farms). *Fisken Hav.*, 1: 1-94.
15. Avaria, S.; D. Cassis; P. Muñoz y P. Vera. 1997. Distribución del microfitoplancton marino en aguas interiores del sur de Chile en octubre de 1995 (Crucero CIMAR-FIORDO 1). *Cienc. Tecnol. Mar.* 20:107-123.
16. Avila, M. 1998. Estado de situación y perspectivas de la acuicultura en Chile. Instituto de Fomento Pesquero, 198 p.

17. AWWA. 1990. Water quality and treatment. McGraw Hill, Inc.
18. Barg, U.C., 1992. Guidelines for the promotion of environmental management of coastal aquaculture development. FAO Fish.Tech.Pap., (328): 122 p.
19. Bastén, J. y A. Clement. 1999. Oceanografía del estuario de Reloncaví, X Región de Chile. Cienc. Tecnol. Mar., 22: 31-46.
20. Bergheim, A. and O. I. Forsberg. 1992. Attempts to reduce effluent loadings from salmon farms by varying feeding frequencies and mechanical effluent treatment. Paper presented at BORDEAUX AQUACULTURE'92; Bordeaux, France, 25-27 March 1992
21. Beveridge M.; M. Phillips and R. Clarke. 1991. A quantitative and qualitative assessment of wastes from aquatic animal production. In: Aquaculture and water quality. D. Brune and J. Tomasso (Eds.). Baton Rouge, World Aquaculture Society. Adv. World Aquacult., (3): 506-33.
22. Blackburn, T.H.; B.A. Lund and M.D. Krom. 1988. C- and N-mineralization in the sediments of earthen marine fish ponds. Marine Ecology Progress Series, 44: 221-227.
23. Boesch, D.F. and R. Rosenberg. 1981. Response to stress in marine benthic communities. In: Stress effects on natural ecosystems. pp. 179-200. G.W. Barrett and R. Rosenberg (eds.). Wiley-Interscience, New York.
24. Bower S. and A. Figueras, 1989. Infectious diseases of mussels, especially pertaining to mussel translocation. World Aquacult., 20(4): 89 - 93
25. Boyd, C.E. 1974. Lime requirements of Alabama fish ponds. Alabama Agricultural Experiment Station Bulletin 459. Birmingham, Auburn University Press.
26. Boyd, C.E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Birmingham, Auburn University Press.
27. Braaten, B.; J. Aure; A. Ervik and E. Boge. 1983. Pollution problems in Norwegian fish farming. International Council for the Exploration of the Sea F: 26, Mariculture Committee.
28. Bravo, G. 1998. La impregnación de las redes en los criaderos de salmones. Aqunoticias, Año 10, N° 41, pp. 17-18. Abril - Mayo.
29. Bravo, S. Revisión de los medicamentos utilizados para el control de las enfermedades de peces en Chile. Veterinaria, 29 p. (sin fecha de publicación).
30. Briggs, M.R.P. and S.J. Funge-Smith, 1994. A nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in Thailand. Aquacult. Fish. Manage., 10: 789-811.
31. Brooks, K.M. 2001. An evaluation of the relationship between salmon farm biomass, organic inputs to sediments, physicochemical changes associated with those inputs and the infaunal response - with emphasis on total sediment sulfides, total volatile solids, and oxidation-reduction potential as surrogate endpoints for biological monitoring. 172 p. Aquatic Environmental Sciences, 644 Old Eaglemount Road, Port Townsend, Washington, U.S.A. (<http://www.salmonfarmers.org/network/publications.html>).
32. Brown, A.W. 1997. Mikroorganismen als mögliche Indikatoren zur Beurteilung des Wasser- und Sedimentzustandes im Bereich küstennaher Zuchtanlagen für die Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*). Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. 184 p.
33. Brown, J.R.; R.J. Gowen and D.S. McLusky. 1987. The effects of salmon farming on the benthos of a Scottish sea loch. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 109: 39-51.

34. Campbell, I.C. and T.J. Doeg. 1989. Impact of timber harvesting and production on streams: a review. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 40: 519-539.
35. Campos, H.; W. Steffen; C. Roman and G. Agüero. 1983. Limnological studies in lake Villarrica. Morphometrical, physical, chemical, planktonic factors and primary productivity. *Arch. fur. Hydrobiologie*, 5(4): 371-406.
36. Campos, H. 1987. Estudio de los lagos Villarrica y Llanquihue. Operación parcial de la red mínima de control de lagos. Dirección General de Aguas y Universidad Austral de Chile. Informe Final, 225 p.
37. Campos, H.; W. Steffen; G. Agüero; O. Parra y L. Zúñiga. 1987a. Limnology of lake Riñihue. *Limnologica*, 18(2): 339-357.
38. Campos, H.; W. Steffen; O. Parra; P. Domínguez y G. Agüero. 1987b. Estudios limnológicos en el lago Caburgua (Chile). *Gayana Bot.*, 44(1-4): 61-84.
39. Campos, H. 1994. Evaluación de la carga de fósforo y nitrógeno en el lago Villarrica. Dirección General de Aguas y Universidad Austral de Chile. Informe Final, 194 p.
40. Campos, H. 1995. Determinación de la capacidad de carga (stock explotable) y balance de fósforo y nitrógeno en el lago Rupanco, X Región. Fondo de Investigación Pesquera (Subsecretaría de Pesca) y Universidad Austral de Chile. Informe Final, 346 p.
41. Campos, H. 1996. Estudios limnológicos de los lagos Elizalde y Riesco. Informe Final DGA, 176 p.
42. Campos, H. 1997. Determinación de la capacidad de carga y balance de fósforo y nitrógeno de los lagos Natri, cucao, Huillinco, Tepuhueico y Tarahuin. Informes Técnicos FIP-IT/96-54, 110 p.
43. Campos, H. 1998. Determinación de la capacidad de carga y balance de fósforo y nitrógeno del lago Riñihue. Informes Técnicos FIP-IT/96-53, 290 p.
44. Cañón, J. y E. Morales. 1985. Geografía del Mar Chileno. Tomo IX. Instituto Geográfico Militar (ed.). 235 p.
45. Capone, D.G.; D.P. Weston; V. Miller and C. Shoemaker. (1996). Antibacterial residues in marine sediments and invertebrates following chemotherapy in aquaculture. *Aquacult.*, 145: 55-75.
46. Carlson, R.E. and J. Simpson. 1996. A coordinator's guide to volunteer lake monitoring methods. Chapter 4. Phosphorous. North American Lake Management Society, 9 p.  
[http://wi.water.usgs.gov/pmethods/nutrients/phos\\_no.htm](http://wi.water.usgs.gov/pmethods/nutrients/phos_no.htm).
47. Clément, A., S. Neshyba, T. Fonseca and N. Silva. 1988. Oceanographic and meteorological factors affecting the cage salmon industry in southern Chile. *In: Perspectivas de cultivo y manejo del salmón. Desarrollo reciente.* Tomo 1. Fundación Chile. Santiago. Chile.
48. Clément, A.; M. Seguel; L. Guzmán; G. Pizarro; G. Lembeye; X. Rojas and M. Hevia. 1999. Environmental and oceanographical characteristics of channels and fjords in South America. General environmental effects and dissolved nutrients in the water column in salmon farms. pp. 22-26. *In: Proceedings of the International Workshop Preservation of marine environment in the South of Latin America. Aquaculture extension and phytoplankton development.* Puerto Montt. EEC, INTESAL, IFREMER & IFOP.
49. CONA (Comité Oceanográfico Nacional). 1996. Informe de Crucero. Crucero de Investigación Científica Marina a los Fiordos y Canales adyacentes a Campos de Hielo Sur. 18 de agosto-4 de septiembre de 1995. 122 p.
50. CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). Reglamento para la descarga de aguas servidas. Consejo Federal de Suiza. Traducción no oficial de normas suizas para el SEIA.
51. CONAMA. Declaraciones de Impacto Ambiental y Resoluciones de Calificación Ambiental para actividades de acuicultura. Período 1999-2000. [www.conama.cl](http://www.conama.cl).

52. CONAMA. 1999. Orientaciones para la evaluación de impacto ambiental. Procesamiento y cultivo de recursos hidrobiológicos. Santiago de Chile, 219 p
53. CONAMA Xª Región de Los Lagos. 2000. Documento de apoyo para la elaboración de la Declaración de Impacto Ambiental para centros de cultivo de salmónidos en mar. Documento en elaboración (septiembre), 23 p.
54. Connell, D.W. and G.J. Miller. 1984. Chemistry and ecotoxicology of pollution. John Wiley and Sons., New York.
55. Chapman, P.M. 1989. Current approaches to developing sediment quality criteria. Environmental Toxicology and Chemistry, 8: 589-599.
56. Chen, D. 1991. Seaweed diseases in phyoculture systems. *In*: Fish health management in Asia-Pacific. Report on a regional study and workshop on fish disease and fish health management. Bangkok, Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific. Asian Dev. Bank Agric. Dep. Rep. Ser., (1): 583-92
57. Chew, K. 1990. Global bivalve shellfish introductions. World Aquacult., 21(3): 9 - 22
58. Common Wadden Sea Secretariat. 1995. Monitoring the Wadden Sea – The Trilateral Monitoring and Assessment Program (TMAP). Wilhelmshaven, Germany, 8 p.
59. Dahlback, B. and L.A.H. Gunnarsson, 1981. Sedimentation and sulphate reduction under a mussel culture. Mar.Biol., 63:269-75
60. Davies-Colley, R.J. 1991. Guidelines for optical quality waters and for protection from damage by suspended solids. Consultancy Report N° 6213/1, Water Quality Centre, Hamilton, New Zealand.
61. Dauer, D.M.; R.M. Ewing and A.J. Rodi. 1987. Macrobenthic distribution within the sediment along an estuarine salinity gradient. Internationale revue der gesamten hydrobiologie, 72: 529-538.
62. Dennison, W.C.; R.J. Orth; K.A. Moore, J.C. Stevenson; V. Carter; S. Kollar; P.W. Bergstrom and R.A. Batiuk. 1993. Assessing water quality with submersed aquatic vegetation. BioScience, 43(2): 86-94.
63. DGA (Dirección General de Aguas). 1983. Diseño de la red nacional mínima de control de lagos. Etapa 1. Catastro de los principales lagos y lagunas (V a XII Región).
64. DGA. 1984. Antecedentes de los lagos Villarrica, Riñihue, Ranco y Llanquihue. Convenio con la Universidad Austral de Chile.
65. DGA. 1985. Parámetros morfométricos de la red nacional mínima de control de lagos. Publicación Interna E.H. 85/11.
66. DGA. 1985a. Red nacional mínima de control de lagos. Estudio de la laguna Grande de San Pedro y del lago Lanalhue. Convenio con la Universidad de Concepción.
67. DGA. 1987. Operación parcial de la red nacional mínima de control de lagos. Estudio de los lagos Riñihue y Ranco. Convenio con la Universidad Austral de Chile.
68. DGA. 1995. Estudios limnológicos de los lagos Calafquén y Panguipulli. Convenio con la Universidad Austral de Chile.
69. DGA. 1998. Estudios limnológicos de los lagos Caburgua y Maihue. Convenio con la Universidad Austral de Chile.
70. DGA. 1999. Estudios limnológicos de los lagos Pihueico y Neltume. Convenio con la Universidad Austral de Chile.
71. Donoso, T. y J. Barra. 1994. Calidad de agua y salmicultura: Lago Rupanco – sector Huillin (40° 46' S; 72° 36' W). Medio Ambiente, 12(1): 82 – 92.

72. Downes, M.T. and H.W. Paerl. 1978. Separation of two dissolved reactive phosphorous fractions in lakewater. J. Fish Res. Board Can. 35: 1636-1639.
73. Dunne, T. and L.B. Leopold. 1978. Water in environmental planning. W.H. Freeman and Company, New York.
74. DWR. 1992. Towards healthy rivers. Consultancy Report N° 92/44, CSIRO, Canberra. Division of Water Resources.
75. EAO (Environmental Assessment Office), 1997. Report to the Provincial Environmental Assessment Review of Salmon Aquaculture in British Columbia. 457 pp.
76. EIFAC, 1998. Report of the symposium on water for sustainable inland fisheries and aquaculture. FAO Fisheries Report 580, Suppl. Rome, FAO. 56 p.
77. Enell, M. and J. Lof., 1983. Environmental impact of aquaculture-sedimentation and nutrient loadings from fish cage culture farming. Vatten, 39: 346-375.
78. Enger, Ø.; B. Husevåg and J. Goksøyr. 1989. Presence of the fish pathogen *Vibrio salmonicida* in fish farm sediments. Appl. Environ. Microbiol., 55: 2815-2818.
79. Environment Agency. 1998. Aquatic eutrophication in England and Wales. A proposed management strategy. Consultative Report. Environmental Issues Series. Bristol, 36 p.
80. Environment Canada. 1992. Canadian waterquality guidelines. Task Force on Water Quality Guidelines of the Canadian Council of Ministers of the Environment. Ontario.
81. Ervik, A.; P.K. Hansen; J. Aure; A. Stigebrandt; P. Johannessen and T. Jahnsen. 1997. Regulating the local environmental impact of intensive marine fish farming. I. The concept of the MOM system (Modelling – Ongrowing fish farms – Monitoring). Aquaculture, 158(1997): 85-94.
82. Figueras, A. 1989. Mussel culture in Spain and France. World Aquacult., 20(4): 8 - 17
83. FIP (Fondo de Investigación Pesquera). 1995. Determinación de la capacidad de carga (stock explotable) y balance de fósforo y nitrógeno en el lago Rupanco, Xª Región. Informe Final Proyecto FIP. Universidad Austral de Chile, 346 p.
84. FIP. 1997. Evaluación de impacto ambiental del fósforo proveniente de los alimentos utilizados en salmonicultura. Informe Técnicos FIP – IT/94-02, 91 p.
85. FIP. 1998. Evaluación del efecto de mitigación de aporte de nutrientes al medio, al desarrollar policultivos marinos de salmónidos. Informes Técnicos FIP – IT/ 94-01, 99 p.
86. FIP. 1999. Determinación de la capacidad de carga y balance de fósforo y nitrógeno de los lagos Riesco, Los Palos y laguna Escondida (lago Los Palos). Informe Final Proyecto FIP. Instituto de Zoología, Universidad Austral de Chile.
87. FIP. 1999. Determinación de la capacidad de carga y balance de fósforo y nitrógeno de los lagos Chapo, Yelcho, Popetán y Laguna San Antonio, en la X Región. Informe Final Proyecto FIP 97/40. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso, 14/99. 616 p.
88. Flint, R.W.; S. Rabalais and R.D. Kalke. 1982. Estuarine benthos and ecosystem functioning. In: Proceedings of the Symposium on Recent Benthological Findings in Texas and Adjacent States. pp. 185-201. J.R. Davies (Ed.). Aquatic Sciences Section, Texas Academy of Science, Austin.
89. Franko, D.A. and R.T. Heath. 1979. Functionally distinct classes of complex phosphorous compounds in lake water. Limnol. Oceanogr., 24: 463-473.
90. Freire, J., L. Fernández and E. González-Gurrían 1991. Influence of mussel raft culture on the diet of *Liocarcinus arcuatus* in the Ria de Arousa (Galicia, NW Spain). J. Shellfish Res., 9(1): 45 - 57



91. Fundación Chile. 1994. Criterios para control de efluentes en las pisciculturas. Informe final presentado a la Subsecretaría de Pesca, 83 p.
92. Fundación Chile. 1994. Evaluación del impacto ambiental del fósforo proveniente de los alimentos utilizados en salmonicultura. Fondo de Investigación Pesquera (Subsecretaría de Pesca) y Fundación Chile. Informe Final Proyecto FIP IT/94-02, 91 p.
93. Fundación Chile. 1995. Diagnóstico POAL Antártico 1995. Etapa prospección. 48 p.
94. Fundación Chile. 1999. Código de prácticas preliminar para centros de cultivo de salmonídeos ambientalmente bien manejados. Hatchery. Proyecto "Certificación Ambiental para la Salmonicultura Chilena". Financ. FDI-CORFO. 34 p.
95. Fundación Chile. 1999. Código de prácticas preliminar para centros de cultivo de salmonídeos ambientalmente bien manejados. Smolts. Proyecto "Certificación Ambiental para la Salmonicultura Chilena". Financ. FDI-CORFO. 37 p.
96. Fundación Chile. 1999. Código de prácticas preliminar para centros de cultivo de salmonídeos ambientalmente bien manejados. Engorda. Proyecto "Certificación Ambiental para la Salmonicultura Chilena". Financ. FDI-CORFO. 37 p.
97. Fundación Chile. 1999. Clasificación de los principales cuerpos de agua de Chile. Informe Final presentado a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, 3 Volúmenes.
98. Gallegos, M.; L. Sasso y C. Kirkwood. 1993. Catastro del espacio marítimo autorizado para la acuicultura y la necesidad de maximizar el uso del área en la Xª Región. Investigaciones Marinas, 21: 75-89.
99. Garland, D.; B. Ramírez y C. Orrego. 1997. Guía de revisión y evaluación técnica sectorial de estudios de impacto ambiental a la zona costera: proyectos de acuicultura. Area de Gestión Ambiental, Depto. de Administración Pesquera, Servicio Nacional de Pesca, 83 p.
100. Gaston, G.R. 1985. Effects of hypoxia on macrobenthos on the inner shelf off Cameron, Louisiana. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 20: 603-613.
101. Gaston, G.R. and J.C. Nasci. 1988. Trophic structure of macrobenthic communities in the Calcasieu Estuary, Louisiana. Estuaries, 11: 201-211.
102. Gaston, G.R. and J.C. Young. 1992. Effects on contaminants on macrobenthic communities in the Upper Calcasieu Estuary, Louisiana. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 49: 922-928.
103. GESAMP (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution), 1991. Reducing Environmental Impacts of Coastal Aquaculture. Rep.Stud.GESAMP, 47: 35 p.
104. GESAMP. 1996. Monitoring the ecological effects of coastal aquaculture wastes. Rep. Stud. GESAMP, 57: 38 p.
105. GESAMP. 1997. Towards safe and effective use of chemicals in coastal aquaculture. Rep. Stud. GESAMP, 65: 40 p.
106. Gowen, R.J. and I.A. Ezzi, 1992. Assessment and prediction of the potential for hypereutrophication and eutrophication associated with cage culture of salmonids in Scottish coastal waters. Oban, Scotland, Natural Environment Research Council, 136 p. (plus annexes)
107. Gowen, R.J.; J. Brown; N. Bradbury and D.S. McLusky. 1988. Investigations into benthic enrichment, hypereutrophication and eutrophication associated with mariculture in Scottish coastal waters (1984-1988). Stirling, Scotland, Dept. of Biological Sciences, University of Stirling, 289 p.
108. Gowen, R.J.; D.P. Weston and A. Ervik. 1991. Aquaculture and the benthic environment: a review. In: Nutritional strategies and aquaculture waste. pp. 187-205. C.B. Cowey and C.Y. Cho (eds.). Proceedings of the First International Symposium on Nutritional Strategies in management of Aquaculture Waste (NSMAW), Ontario, Canada.

109. Grentz, C.; Massé, H.; Morchid A.K. and A. Parache. 1991. An estimate of the energy budget between cultivated biomass and the environment around a mussel-park in the northwest Mediterranean Sea. ICES Mar. Sci. Symp., 192:63-67.
110. Guardabais L.; Dalsgaard A., Raffatellu M. and J.E. Olsen. 2000. Increase in the prevalence of oxolinic acid resistant *Acinetobacter* spp. observed in stream receiving the effluent from a freshwater trout farm following the treatment with oxolinic acid-medicated feed. *Aquaculture*, 188: 205-218.
111. Hakanson L. *et al.*, 1988. Basic concepts concerning assessments of environmental effects of marine fish farms. Copenhagen, Nordic Council of Ministres. Nord 1988(90): 103 p.
112. Hall, P.O.; L.G. Anderson; O. Holby; S. Kollberg and M. Samuelsson. 1990. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm: I. Carbon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 61: 61-73.
113. Hansen, P.K.; B.T. Lunestad and O. Samuelsen. 1992. Effects of oxytetracycline, oxolinic acid and flumequine on bacteria in an artificial fish farm sediment. *Can. J. Microbiol.*, 38: 1307-1312.
114. Hargrave, B.T.; D.E. Duplisea; E. Pfiffer and D.J. Wildish. 1993. Seasonal changes in benthic fluxes of dissolved oxygen and ammonium associated with marine cultures Atlantic salmon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 96: 249-257.
115. Harper, D.E. Jr.; L.D. McKinney; R.R. Salzer and R.J. Case. 1981. The occurrence of hypoxic bottom water off the upper Texas coast and its effects on the benthic biota. *Contributions in Marine Science*, 24: 53-79.
116. Harris, G.P. 1994. Pattern, process and prediction in aquatic ecology: a limnological view of some general ecological problems. *Freshwater Biology*, 32: 143-160.
117. Hauenstein, E.; M. González; L. Leiva y L. Falcón. 2001. Comparación florística en cuatro lagos de la IX Región y determinación de macrófitos indicadores de eutrofización. *In: Resúmenes del Taller Internacional de Eutrofización. Comité Nacional de Limnología, Universidad de Chile. 25 al 27 de junio del 2001.*
118. Heal, O.W.; J.C. Meanut and W.L. Steffen (Eds.). 1993. Towards a global terrestrial observing System (GTOS): detecting and monitoring change in terrestrial ecosystems. *MAB Digest 14 and IGBP Global Change Report*, 26, UNESCO, Paris and IGBP.
119. Hem, J.D. 1985. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper, 2254: 61-66.
120. Hickmann, R. 1989. Farming the green mussel in New Zealand. *World Aquacult.*, 20(4): 20-8.
121. Holmer, M. 1991. Impacts of aquaculture on surrounding sediment: generation of organic-rich sediments. pp. 155-175. *In: Aquaculture and the environment. Eur. Aquacult. Soc. Spec. Publ.*, 16. Belgium.
122. Holmer, M. and E. Kristensen. 1996. Seasonality of sulfate reduction and pore water solutes in marine fish farm sediment: the importance of temperature and sedimentary organic matter. *Biogeochemistry*, 32: 15-39.
123. Holtan, L.; L. Kamp-Nielson and A.O. Stuanes. 1988. Phosphorous in sediment, water and soil: an overview. *Hydrobiologia* 170: 19-34.
124. ICES, 1990. Report on the Working Group on Environmental impacts of mariculture, Aberdeen, Scotland, 27-31 März 1990. Copenhagen, ICES C.M. 1990/F:12, 69 p.
125. ICES, 2000. Report of the ICES/OSPAR steering group quality assurance of biological measurements related to eutrophication effects. ICES CM 2000/ACME:05: 81 p.
126. IFOP (Instituto de Fomento Pesquero), 1995. Investigación biológica-pesquera del salmón silvestre, Provincia Ultima Esperanza. Informe Final Proyecto BIP N° 20087343, 103 p.
127. Instituto Nacional de Estadísticas. 1992. Ciudades, pueblos y aldeas. Chile, Censo 1992. INE.

128. Iwama, G.K. 1991. Interactions between aquaculture and the environment. *Crit. Rev. Environ. Contr.*, 21: 177-216.
129. James, A. and L. Evison. 1979. *Biological indicators of water quality*. John Wiley and Sons, Ltd. New York.
130. Jaworski, N.A. 1981. Sources of nutrients and the scale of eutrophication problems in estuaries. *In: Estuaries and nutrients*. Nielsen, B.J. and L.E. Cronin (eds.) Humana Press, New Jersey.
131. Jorgensen, B.B. 1980. Seasonal oxygen depletion in the bottom water of a danish fjord and its effects on the benthic community. *Oikos*, 34: 68-76.
132. Karr, J.R. and E.W. Chu. 1999. *Restoring life in running waters*. Island Press.
133. Kaspar, H.F. 1985. Effect of mussel aquaculture on the nitrogen cycle and benthic communities in Kenepuro Sound, Marlborough Sounds, New Zealand. *Mar.Biol.*, 85:127-36
134. Kaspar, H.F., G.H. Hall and A.J. Holland. 1988. Effects of sea cage salmon farming on sediments nitrification and dissimilatory nitrate reductions. *Aquaculture*, 70:333-44.
135. Kerry, J.; M. Hiney; R. Coyne; D. Cazabon; S. NicGabhainn and P. Smith. 1994. Frequency and distribution of resistance to oxytetracycline in micro-organisms isolated from marine fish farm sediments following therapeutic use of oxytetracycline. *aquaculture*, 123: 43-54.
136. Kristal (1996). Proposición de normas de calidad de aguas para proteger usos determinados. Contrato N°07-0002-037.
137. Kryvi, H.; O. Ibrekk and S. Elvestad. 1991. LENKA – a method for a nation-wide analysis of the suitability of the norwegian coast for aquaculture. *Mar. Pollut. Bull.*, 23: 785-788.
138. Kupka P.; Lunestad B. and O. Samuelsen. 1991. Environmental effects of antibiotics/ chemotherapeutics from aquaculture. *EAS Special Publication 14 (1991): 178-179.*
139. Katz, 1989. Environmental impact assessment for the use of formalin-F in the control of external protozoa on penaeid shrimp. Unpublished report to US FDA, August 1989, 12 p.
140. Kennish, M.J. 1992. *Ecology of estuaries: anthropogenic effects*. CRC, Inc. Florida
141. Lambert, D. and W. Maher. 1995. An evaluation of the efficiency of the alkaline persulphate digestion method for the determination of total phosphorous in turbid waters.
142. Lambert, D.; I. Hogg and W. Maher. 1992. Changes in phosphorous fractions during storage of lake water. *Water Research*, 26: 645-648.
143. Lawson, T.B. 1995. *Fundamentals of aquacultural engineering*. New York, Chapman and Hall.
144. Liston, P. and W. Maher. 1996. *Water quality for maintenance of aquatic ecosystems: appropriate indicators and analysis*. Australia: State of the Environment Technical Paper Series (Inland Waters), Department of the Environment, Sport and Territories, Canberra. 22 p.
145. Lloyd, R. 1992. *Pollution and freshwater fish*. West Byfleet: Fishing News Book.
146. Lumb, C.M.. 1989. Self pollution by Scottish salmon farms?. *Marine Pollution Bulletin*, 20: 375-379.
147. MDBC. 1993. *Algal management strategy*. Technical Advisory Group Report, Murray-Darling Basin Commission, Canberra.

148. MMRC (Modeling, Monitoring and Research Committee). 2000. A framework for integrated and comprehensive monitoring plan for the estuaries of the Gulf of Mexico. Monitoring Subcommittee of the Modeling, Monitoring and Research Committee. Gulf of Mexico Program. 87 p.
149. McManus, J.W. and D. Pauly. 1990. Measuring ecological stress: variations on a theme by R.M. Warwick. *Marine Biology*, 106: 306-308.
150. McCabe, J.M. and C.L. Sandretto. 1985. Some aquatic impacts of sediments, nutrientes and pesticides in agricultural runoff. Publication N° 201. Limnological Research Laboratory, Dept. of Fisheries and Wildlife, Michigan State University.
151. Meade, J.W. 1989. *Aquaculture management*. New York, Van Nostrand Reinhold.
152. Méndez, R. 1990. ¿Contaminan los salmones?. Los cultivos en el lago Ranco, controversia pública. *Aquanoticias Internacional*, 7:26 – 33.
153. Méndez, R. 1992. Los lagos del sur: llaman a ineludible reflexión. *Aquanoticias Internacional*, 14: 4 – 13.
154. Messer, J.J.; R.A. Linthurst and W.S. Overton. 1991. An EPA program for monitoring ecological status and trends. *Environmental Monitoring and Assessment*, 17: 67-78.
155. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2001. *Reglamento Ambiental para la Acuicultura*. Versión borrador. República de Chile.
156. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2001. Decreto N°90. Establece Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. República de Chile, 15 p.
157. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2001. Anteproyecto de Norma de Calidad en Aguas Marinas: Nivel Nacional. CONAMA, República de Chile, 15 p.
158. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2001. Proyecto definitivo de Norma de Calidad para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales. República de Chile, CONAMA, 17 p.
159. Mok, T. 1982. The environmental impact of cage culture operations. *In: Report of the training course on small-scale pen and cage culture finfish, held October 1981 in Laguna, Philippines, and 1-13 November 1981 in Aberdeen, Hong Kong*. R.D. Guerrero and V. Soesanto (eds.), pp. 129-131. Manila, UNDP/FAO South China Sea Fisheries Development and Coordinating Programme. SCS/GEN/82/34.
160. Mueller, J.A. and R.V. Thomann. 1987. *Principles of surface water quality modeling and control*. Harper & Row Publishers, New York.
161. Muller-Haeckel, A. 1986. Control of water quality around a cage fish farm in the Norrby archipelago (northern Bothnian Sea). *Vatten*, 42: 205-209.
162. Muñoz, P. y A. Alvia. 1988. Proliferación de microalgas, origen, dinámica e impactos en pisciculturas. *In: Técnicas de cultivo y manejo del salmón: desarrollos recientes*. pp. 1-41. Seminario Internacional organizado por el Departamento de Recursos Marinos, Fundación Chile. Santiago, 19 al 21 de octubre de 1988.
163. NERC (National Environmental Research Council). 1994. *The United Kingdom Environmental Change Network*. Institute of Terrestrial Ecology, Cumbria, 8 p.
164. Nürnberg, G. and P.H. Peters. 1984. Biological availability of soluble reactive phosphorous in anoxic and oxic freshwaters. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 41: 757- 765.
165. NRC (National Research Council). 1979. *Ammonia*. Subcommittee on ammonia. University Park Press, Baltimore.

166. NSCT (National Science and Technology Council). 1995. Preparing for the future through science and technology, an agenda for environmental and natural resource research. Committee on Environment and Natural Resources.
167. NSCT. 1997. Integrating the nation's environmental monitoring and research networks and programs. The Environmental Monitoring Team, Committee on Environment and Natural Resources. 102 p.
168. O'Connor, B.D., J. Costelloe, B.F. Keegan and D.C. Rhoads. 1989. The use of REMOTS technology in monitoring coastal enrichment resulting from mariculture. *Mar. Poll. Bull.*, 20(8): 384-390.
169. OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 1993. OECD core set of indicators for environmental performance reviews. A synthesis report by the Group on the State of the Environment. *Environment Monographs*, 83: 39 p. OCDE/GD(93)179.
170. Oikos Chile. 2001. Manual de uso del Sistema de Información Georreferenciada Ambiental Acuática (SIGAA v3.2 Módulo 3). Preparado para la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante.
171. Paerl, H.W. 1988. Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine and inland waters. *Limnology and Oceanography*, 33: 823-847.
172. Paerl, H.W. 1993. Emerging role of atmospheric deposition in coastal eutrophication: biogeochemical and trophic perspectives. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 2254-2269.
173. Parra, O.; C. Valdovinos; R. Urrutia; M. Cisternas; E. Habit y M. Mardones. 2001. Usos de suelo y sus implicancias limnológicas en cinco lagos costeros, Región del Biobío, Chile. *In: Resúmenes del Taller Internacional de Eutrofización. Comité Nacional de Limnología, Universidad de Chile. 25 al 27 de junio del 2001.*
174. Pearson, T.H. and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 16: 229-311.
175. Pérez Camacho A., R. González and J. Fuentes, 1991. Mussel culture in Galicia (N.W. Spain). *Aquaculture*, (94): 263 – 78.
176. Perfetti, P.B. and C.R. Terrel. 1989. Water quality indicators guide: surface waters. USDA Misc. Publ. SCS-TP-161. Washington, D.C.
177. Persson, G., 1991. Eutrophication resulting from salmonid fish culture in fresh and salt waters: Scandinavian experiences. *In Nutritional strategies and aquaculture waste. Proceedings of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste. C.B. Cowey and C.Y. Cho (eds.) pp. 163-185. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.*
178. Peters, R.H. 1986. The role of prediction in limnology. *Limnol. Oceanogr.*, 31: 1143-1159.
179. Phillips, M.J., 1990. Environmental aspects of seaweed culture. *In: Regional workshop on the culture and utilization of seaweeds, held 27-31 August 1990 in Cebu City, The Philippines. Bangkok, Regional Seafarming Development and Demonstration Project RAS/90/002 and Network of Aquaculture Centres in Asia (NACA). Technical resource papers: Vol. 2: 51 – 62*
180. Phillips, M.J., 1995. Shrimp culture and the environment. *In Towards Sustainable Aquaculture in Southeast Asia and Japan. T.U. Bagarinao and E.E.C. Flores (eds.) pp.37-62. Iloilo, Philippines, SEAFDEC Aquaculture Department.*
181. Piker, L. and P. Krost. 1999. Effects of a salmon farm in the Dalcahue Channel (Isla Chiloe) on the sediment biogeochemistry and the benthos marine video presentation. Preliminary results within the EU – Project AQUATOXSAL. pp. 11-17. *In: Proceedings of the International Workshop Preservation of marine environment in the South of Latin America. Aquaculture extension and phytoplankton development. Puerto Montt. EEC, INTESAL, IFREMER & IFOP.*

182. Pinochet, P. y S. Salinas. 1996. Estructura térmica y salina de fiordos y canales adyacentes a Campos de Hielo Sur, Chile. *Cien. Tec. Mar.*, 19: 93-122.
183. Poblete T & A. Alvia, 1993. Introducción de especies para fines de acuicultura en Chile. El caso del abalón rojo de California (*Haliotis rufescens*). p. 1 – 11. Seminario Internacional Acuicultura y Medio Ambiente. Santiago, 2 y 3 de septiembre de 1993. Fundación Chile. 183 p.
184. PSWQA (Puget Sound Water Quality Authority). 1986. Recommended protocols measuring conventional sediment variables in Puget Sound. Puget Sound Estuary Program. 43 p.
185. Pullin, R.S.V., H. Rosenthal and J.L. Maclean (eds.), 1993. Environment and aquaculture in developing countries. *ICLARM Conf.Proc.*, (31):359p
186. Rashke, R. 1993. Guidelines for assessing and predicting eutrophication status of small southeastern piedmont impoundments. EPA-Region IV. Environmental Services Division, Ecological Support Branch, Athens, Georgia
187. Reynolds, C.S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge.
188. Richardson, K. and B.B. Jørgensen. 1996. Eutrophication: definition, history and effects. *In: Eutrophication in coastal marine ecosystems. Coastal and Estuarine Studies*, 52: 1-19. American Geophysical Studies.
189. Riestra, F. 2001. Análisis preliminar del estado trófico del lago Villarrica según lo establecido en el proyecto definitivo de Norma de Calidad para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales. *In: Resúmenes del Taller Internacional de Eutrofización. Comité Nacional de Limnología, Universidad de Chile. 25 al 27 de junio del 2001.*
190. Rigler, F.H. 1973. A dynamic view of the phosphorous cycle in lakes. *In: E.J. Griffith; A. Beeton; J.M. Spencer and D.T. Mitchell (Eds.), Environmental Phosphorous Handbook. John Wiley and Sons.*
191. Ritz, D.A.; M.E. Lewis and M. Shen. 1989. Response to organic enrichment of infaunal macrobenthic communities under salmonid seacages. *Mar. Biol.*, 103: 211-214.
192. Romaine, R.P. 1985. Water quality, crustacean and mollusk aquaculture in the United States. *In: J.V. Huner and E.E. Brown (Eds.). Westport, AVI Publishing.*
193. Rosenberg, R. 1977. Benthic macrofaunal dynamics, production, and dispersion in an oxygen-deficient estuary of west Sweden. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 26: 107-133.
194. Rosenthal, H.; Weston, D.; Gowen, R. and E. Black (Eds). 1987. Report of the *ad hoc* study group on environmental impact of mariculture. ICES, CM 1987, F:2, 69 p.
195. Rosenthal, H.; Weston, D.; Gowen, R. and E. Black. 1988. Report of the *ad hoc* study group on environmental impact of mariculture. International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen. ICES Coop. Res.Rep., 154: 83 p.
196. Royal Society of Canada. 1995. Looking ahead: long-term ecological research and monitoring in Canada 1995. Canadian Global Change Program, Technical Report N° 95-1, Ottawa, Ontario, 44 p.
197. Rueness, J. 1989. *Sargassum muticum* and other introduced Japanese macroalgae: biological pollution of European coasts. *Mar. Pollut. Bull.*, 20(4): 173-6
198. Rygg, B. 1986. Heavy-metal pollution and log-normal distribution of individuals among species in benthic communities. *Marine Pollution Bulletin*, 17: 31-36.
199. Samuelsen, O.B. 1987. Aeration rate, pH and temperature effects on the degradation of trichlorfon to DDVP and the half-lives of trichlorfon and DDVP in seawater. *Aquacult.*, 66:373-380.



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

**INFORMES TECNICOS FIP**

FIP - IT / 99 - 23

INFORME : DISEÑO DE MONITOREO AMBIENTAL PARA  
FINAL LAS ACTIVIDADES DE ACUICULTURA EN LA  
(TOMO II) ZONA SUR AUSTRAL

UNIDAD : OIKOS CHILE  
EJECUTORA



# Diseño de monitoreo ambiental para actividades de acuicultura en la zona sur-austral



## Informe Final

Anexos



Abril 2002

Preparado por OIKOS CHILE S.A. para el Consejo de Investigación Pesquera





FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

---

PROYECTO FIP 99-23  
Informe Final

---

Diseño de monitoreo ambiental para  
actividades de acuicultura en la zona sur-austral

**Requirente**

CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA  
Bellavista 168, Piso 21, Valparaíso  
Tel. 32 598354 Fax 32 250763  
sfip@subpesca.cl

**Ejecutante**

OIKOS CHILE S.A.  
Casilla 805  
11 Norte 907, Viña del Mar  
Tel. 32 684568 Fax 32 684550  
oikos\_chile@entelchile.net

Abril 2002

## Integrantes del Equipo de Trabajo

---

**Héctor Andrade V. (Jefe de Proyecto)**

Identificación de efectos ambientales  
Selección de variables y parámetros

**Claudio Alcázar G.**

Análisis de normativa nacional y extranjera

**Sixto Gutiérrez S.**

Análisis de experiencias de monitoreo nacional y extranjero  
Selección de variables y parámetros

**Héctor Andrade C.**

**Augusto Guidi C.**

**Ramón Andrade C.**

Digitalización de cartas  
Manejo del Sistema de Información Geográfico

**Rodrigo Acevedo G.**

**Patricio Guerrero S.**

**Lorena Opazo G.**

**Jary Valdivia S.**

Digitalización de datos  
Procesamiento de información  
Edición de informes

# Contenidos

---

|  | Pág.        |
|--|-------------|
| <b>Anexo 1.</b> Análisis de la normativa ambiental nacional y extranjera     | 1-1 a 1-95  |
| <b>Anexo 2.</b> Resultados de las campañas de muestreo                       | 2-1 a 2-123 |
| <b>Anexo 3.</b> Guía Técnica de Muestreo                                     | 3-1 a 3-62  |
| <b>Anexo 4 .</b> Manual de Uso – Procedimientos operativos mediante MapInfo® | 4-1 a 4-33  |

Análisis de la normativa  
ambiental nacional y extranjera

---

Anexo

**1**

# Contenidos

|   |      |
|---|------|
| 1.1. Análisis de la normativa ambiental nacional  | 1-4  |
| 1.1.1. Secretaría General de la Presidencia   | 1-4  |
| 1.1.2. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción   | 1-28 |
| 1.1.3. Ministerio de Defensa Nacional   | 1-43 |
| 1.1.4. Ministerio de Obras Públicas   | 1-53 |
| 1.1.5. Ministerio de Salud  | 1-55 |
| 1.2. Situación actual del marco legal ambiental aplicable a la acuicultura nacional 60  | 1-61 |
| 1.2.1. Antecedentes sobre medidas de protección ambiental de la acuicultura contenidas en documentos emanados de organismos ambientales estatales | 1-61 |
| 1.2.2. Síntesis de la situación actual  | 1-63 |
| 1.3. Análisis de la normativa ambiental extranjera  | 1-67 |
| 1.3.1. Valores establecidos en la normativa de distintos países que clasifican las aguas por su calidad   | 1-71 |
| 1.3.2. Normas de calidad ambiental para cuerpos lacustres   | 1-75 |
| 1.3.3. Análisis y evaluación  | 1-84 |
| 1.3.4. Análisis comparativo de valores establecidos en normas de calidad para cuerpos de agua continentales                                       | 1-84 |
| 1.4. Comparación de principales normativas extranjeras aplicables a la acuicultura con respecto al marco legal nacional                           | 1-88 |
| 1.4.1. Escocia  | 1-88 |
| 1.4.2. Normativa de la Confederación Suiza  | 1-92 |

# Tablas

|  |      |
|--|------|
| Tabla 1.1. Clasificación de normas genéricas de calidad de aguas   | 1-68 |
| Tabla 1.2. Comparación de los distintos usos incluidos en la Clase 1 en distintos países                                       | 1-70 |
| Tabla 1.3. Comparación de los distintos usos incluidos en la Clase 2 en distintos países                                       | 1-70 |
| Tabla 1.4. Comparación de los distintos usos incluidos en la Clase 3 en distintos países                                       | 1-71 |
| Tabla 1.5. Valores para las distintas clases de aguas continentales según su calidad en Francia                                | 1-72 |
| Tabla 1.6. Valores para las distintas clases de aguas continentales según su calidad en Italia                                 | 1-73 |
| Tabla 1.7. Valores para las distintas clases de aguas continentales según su calidad en Japón                                  | 1-75 |
| Tabla 1.8. Norma de calidad de aguas lacustres de Japón  | 1-78 |
| Tabla 1.9. Nitrógeno y fósforo en lagos y represas de Japón  | 1-78 |
| Tabla 1.10. Norma de calidad de aguas lacustres de Italia  | 1-79 |
| Tabla 1.11. Estado actual en consideración a fósforo   | 1-79 |
| Tabla 1.12. Estado actual en consideración a nitrógeno   | 1-79 |
| Tabla 1.13. Grado de perturbación antropogénica (GPA) (para fósforo y nitrógeno)   | 1-80 |
| Tabla 1.14. Condición de oxidación para lagos eutrofizados   | 1-80 |
| Tabla 1.15. Condición de oxígeno para lagos no eutrofizados  | 1-80 |
| Tabla 1.16. Grado de perturbación antropogénica (GPA): oxígeno en lagos estratificados   | 1-80 |
| Tabla 1.17. Grado de perturbación antropogénica (GAP): saturación de oxígeno en lagos no estratificados                        | 1-81 |
| Tabla 1.18. Grado de perturbación antropogénica (GPA): demanda de O <sub>2</sub> / materia orgánica en lagos no estratificados | 1-81 |
| Tabla 1.19. Estado en base a color   | 1-81 |
| Tabla 1.20. Estado en base a turbidez  | 1-81 |
| Tabla 1.21. Grado de perturbación antropogénica (GPA) en relación al color   | 1-82 |
| Tabla 1.22. Grado de perturbación antropogénica (GPA) en términos de turbidez  | 1-82 |
| Tabla 1.23. Estado según acidez en base a alcalinidad o en ausencia de alcalinidad, según pH                                   | 1-82 |
| Tabla 1.24. Grado de perturbación antropogénica (GPA) en base a alcalinidad  | 1-82 |
| Tabla 1.25. Estado del cuerpo de agua. Metales en sedimentos superficiales(0-1 cm) en mg/Kg peso seco.                         | 1-83 |
| Tabla 1.26. Estado del cuerpo de agua según metales en musgos acuáticos. Concentraciones en mg/Kg peso seco                    | 1-83 |
| Tabla 1.27. Estado y grado de perturbación del cuerpo de agua según metales presentes en peces. (1 Kg Pike, músculo)           | 1-83 |
| Tabla 1.28. Países desarrollados   | 1-85 |
| Tabla 1.29. Límites máximos permitidos para parámetros relevantes para la acuicultura en el extranjero                         | 1-87 |

## 1.1. Análisis de la normativa ambiental nacional

A continuación, se presenta el articulado legal organizado en base a los distintos Ministerios que tienen competencia ambiental sobre las actividades de acuicultura en Chile.

### 1.1.1. Secretaría General de la Presidencia

- Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, Ley N° 19.300/94.
- Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, D.S. N° 30/97.
- Norma de Calidad para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales, Res. Ext. N° 198/2000.
- Norma de Emisión a Aguas Subterráneas, Res. Ext. N° 466/2000.
- Reglamento para el Manejo de Lodos No Peligrosos generados en Plantas de Tratamiento de Aguas, Res. Ext. N° 563/2000.
- Norma de Calidad en Aguas Marinas: Nivel Nacional, Res. Ext. N° 1.485/99.
- 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

### Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente

La Ley N° 19.300 fue publicada en el D.O. el 9 de marzo de 1994, denominada "Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente" (LBGMA). El artículo N° 1 de esta Ley establece que el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental se regularán por las disposiciones de esta Ley, sin perjuicio de lo que otras normas legales establezcan sobre la materia.

El artículo N° 2 define los siguientes conceptos relacionados con este trabajo:

- *Biodiversidad o Diversidad Biológica*: la variabilidad de los organismos vivos, que forman parte de todos los ecosistemas terrestres y acuáticos. Incluye la diversidad dentro de una misma especie, entre especies y entre ecosistemas.
- *Conservación del Patrimonio Ambiental*: el uso y aprovechamiento racionales o la reparación, en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellos propios del país que sean únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración.
- *Contaminación*: la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones o concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente.
- *Contaminante*: todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.
- *Daño Ambiental*: toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes.

- *Declaración de Impacto Ambiental:* el documento descriptivo de una actividad o proyecto que se pretende realizar, o de las modificaciones que se le introducirán, otorgado bajo juramento por el respectivo titular, cuyo contenido permite al organismo competente evaluar si su impacto ambiental se ajusta a las normas ambientales vigentes.
- *Desarrollo Sustentable:* el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras.
- *Estudio de Impacto Ambiental:* el documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos significativamente adversos.
- *Evaluación de Impacto Ambiental:* el procedimiento, a cargo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente o de la Comisión Regional respectiva, en su caso, que, en base a un Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, determina si el impacto ambiental de una actividad o proyecto se ajusta a las normas vigentes.
- *Impacto Ambiental:* la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada.
- *Línea de Base:* la descripción detallada del área de influencia de un proyecto o actividad, en forma previa a su ejecución.
- *Medio ambiente:* el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.
- *Medio ambiente libre de contaminación:* aquél 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.
- *Norma primaria de calidad ambiental:* aquélla 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.
- *Norma secundaria de calidad ambiental:* aquélla 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.
- *Normas de emisión:* las que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora.
- *Preservación de la naturaleza:* el conjunto de políticas, planes, programas, normas y acciones, destinadas a asegurar la mantención de las condiciones que hacen posible la evolución y el desarrollo de las especies y de los ecosistemas del país.
- *Protección del medio ambiente:* el conjunto de políticas, planes, programas, normas y acciones destinados a mejorar el medio ambiente y a prevenir y controlar su deterioro.
- *Recursos naturales:* los componentes del medio ambiente susceptibles de ser utilizados por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades o intereses espirituales, culturales, sociales y económicos.



- *Reparación*: la acción de reponer el medio ambiente o uno o más de sus componentes a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas.
- *Zona latente*: aquélla 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.
- *Zona saturada*: aquélla en que una o más normas de calidad ambiental se encuentran sobrepasadas.

El artículo N° 3 señala que sin perjuicio de las sanciones que señale la Ley, todo el que culposa o dolosamente cause daño al medio ambiente, estará obligado a repararlo materialmente, a su costo, si ello fuere posible, e indemnizarlo en conformidad a la Ley. De acuerdo al artículo N° 8, los proyectos o actividades señalados en el artículo N° 10 sólo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental, de acuerdo a lo establecido en la presente Ley.

Todos los permisos o pronunciamientos de carácter ambiental, que de acuerdo con la legislación vigente deban o puedan emitir los organismos del Estado, respecto de proyectos o actividades sometidos al sistema de evaluación, serán otorgados a través de dicho sistema, de acuerdo a las normas de este párrafo y su Reglamento. Corresponderá a la Comisión Regional o Nacional del Medio Ambiente, en su caso, la administración del sistema de evaluación de impacto ambiental, así como la coordinación de los organismos del Estado involucrados en el mismo, para los efectos de obtener los permisos o pronunciamientos a que se refiere el inciso precedente.

El artículo N° 9 establece que el titular de todo proyecto o actividad comprendido en el artículo N° 10 deberá presentar una Declaración de Impacto Ambiental o elaborar un Estudio de Impacto Ambiental, según corresponda. Aquéllos no comprendidos en dicho artículo podrán acogerse voluntariamente al sistema previsto en este párrafo. Las Declaraciones de Impacto Ambiental o los Estudios de Impacto Ambiental se presentarán, para obtener las autorizaciones correspondientes, ante la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región en que se realizarán las obras materiales que contemple el proyecto o actividad, con anterioridad a su ejecución. En los casos en que la actividad o proyecto pueda causar impactos ambientales en zonas situadas en distintas regiones, las Declaraciones o los Estudios de Impacto Ambiental deberán presentarse ante la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente. En caso de dudas corresponderá a esta Dirección determinar si el proyecto o actividad afecta zonas situadas en distintas regiones, de oficio o a petición de una o más Comisiones Regionales del Medio Ambiente o del titular del proyecto o actividad.

El proceso de revisión de las Declaraciones de Impacto Ambiental y de calificación de los Estudios de Impacto Ambiental considerará la opinión fundada de los organismos con competencia ambiental, en las materias relativas al respectivo proyecto o actividad, para lo cual la Comisión Regional o Nacional del Medio Ambiente, en su caso, requerirá los informes correspondientes.

El artículo N° 10 establece que los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, dentro de los cuales se rescatan los siguientes:

- a) Acueductos, embalses y tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el Artículo N° 294 del Código de Aguas, presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas;

- e) Aeropuertos, terminales de buses, camiones y ferrocarriles, vías férreas, estaciones de servicio, autopistas y los caminos públicos que puedan afectar áreas protegidas;
- n) Proyectos de explotación intensiva, cultivo, y plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos;
- o) Proyectos de saneamiento ambiental, tales como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de aguas o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos;
- p) Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita.

De acuerdo al artículo N° 11, los proyectos o actividades enumerados en el artículo precedente requerirán la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental, si generan o presentan a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias:

- a) Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos;
- b) Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire;
- c) Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos;
- d) Localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar;
- e) Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona, y
- f) Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

Para los efectos de evaluar el riesgo indicado en la letra a) y los efectos adversos señalados en la letra b), se considerará lo establecido en las normas de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que señale el reglamento.

El artículo N° 12 indica que los Estudios de Impacto Ambiental considerarán las siguientes materias:

- a) Una descripción del proyecto o actividad;
- b) La línea de base;
- c) Una descripción pormenorizada de aquellos efectos, características o circunstancias del artículo N° 11 que dan origen a la necesidad de efectuar un Estudio de Impacto Ambiental;
- d) Una predicción y evaluación del impacto ambiental del proyecto o actividad, incluidas las eventuales situaciones de riesgo;
- e) Las medidas que se adoptarán para eliminar o minimizar los efectos adversos del proyecto o actividad y las acciones de reparación que se realizarán, cuando ello sea procedente;
- f) Un plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes que dan origen al Estudio de Impacto Ambiental, y**
- g) Un plan de cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.

De acuerdo al artículo N° 18, los titulares de los proyectos o actividades que deban someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental y que no requieran elaborar un Estudio de Impacto Ambiental, presentarán una Declaración de Impacto Ambiental, bajo la forma de una declaración jurada, en la cual

expresarán que éstos cumplen con la legislación ambiental vigente. No obstante lo anterior, la Declaración de Impacto Ambiental podrá contemplar compromisos ambientales voluntarios, no exigidos por la ley. En tal caso, el titular estará obligado a cumplirlos.

De acuerdo al artículo N° 24, el proceso de evaluación concluirá con una resolución que califica ambientalmente el proyecto o actividad, la que deberá ser notificada a las autoridades administrativas con competencia para resolver sobre la actividad o proyecto, sin perjuicio de la notificación a la parte interesada.

Si la resolución es favorable, certificará que se cumple con todos los requisitos ambientales aplicables, incluyendo los eventuales trabajos de mitigación y restauración, no pudiendo ningún organismo del Estado negar las autorizaciones ambientales pertinentes. En cambio, si la resolución es desfavorable, la autoridad quedará obligada a denegar las correspondientes autorizaciones o permisos, en razón de su impacto ambiental, aunque se satisfagan los demás requisitos legales, en tanto no se les notifique de pronunciamiento en contrario.

El artículo N° 25 señala que el certificado a que se refiere el artículo anterior establecerá, cuando corresponda, las condiciones o exigencias ambientales que deberán cumplirse para ejecutar el proyecto o actividad y aquéllas bajo las cuales se otorgarán los permisos que de acuerdo con la legislación deben emitir los organismos del Estado.

Si no se reclamare dentro de los 30 días contados desde su notificación, en contra de las condiciones o exigencias contenidas en el certificado señalado precedentemente, se entenderá que éstas han sido aceptadas, quedando su incumplimiento afecto a las sanciones establecidas en el artículo N° 64 de esta Ley.

El artículo N° 26 indica que corresponderá a las Comisiones Regionales y a la Comisión Nacional del Medio Ambiente, según el caso, establecer los mecanismos que aseguren la participación informada de la comunidad organizada en el proceso de calificación de los Estudios de Impacto Ambiental que se les presenten.

El artículo N° 32 establece que mediante decreto supremo, que llevará las firmas del Ministro Secretario General de la Presidencia y del Ministro de Salud, se promulgarán las normas primarias de calidad ambiental. Estas normas serán de aplicación general en todo el territorio de la República y definirán los niveles que originan situaciones de emergencia.

Mediante decreto supremo que llevará las firmas del Ministro Secretario General de la Presidencia y del ministro competente según la materia de que se trate, se **promulgarán las normas secundarias de calidad ambiental.**

Un reglamento establecerá el procedimiento a seguir para la dictación de normas de calidad ambiental, que considerará a lo menos las siguientes etapas: análisis técnico y económico, desarrollo de estudios científicos, consultas a organismos competentes, públicos y privados, análisis de las observaciones formuladas y una adecuada publicidad. Establecerá además los plazos y formalidades que se requieran para dar cumplimiento a lo dispuesto en este artículo y los criterios para revisar las normas vigentes.

Toda norma de calidad ambiental será revisada por la Comisión Nacional del Medio Ambiente a lo menos cada cinco años, aplicando el mismo procedimiento antes señalado. La coordinación del proceso de generación de las normas de calidad ambiental, y la determinación de los programas y plazos de cumplimiento de las mismas, corresponderá a la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

El artículo N° 33 establece que **los organismos competentes del Estado desarrollarán programas de medición y control de la calidad ambiental del aire, agua y suelo** para los efectos de velar por el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Estos programas serán regionalizados. **Respecto de la Zona Económica Exclusiva y del Mar Presencial de Chile se compilarán los antecedentes sobre estas materias.**

De acuerdo al artículo N° 34, el Estado administrará un Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas, que incluirá **los parques y reservas marinas**, con objeto de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza y conservar el patrimonio ambiental.

Según el artículo N° 36, formarán parte de las áreas protegidas mencionadas en los artículos anteriores, **las porciones de mar, terrenos de playa, playas de mar, lagos, lagunas, embalses, cursos de agua, pantanos y otros humedales, situados dentro de su perímetro.** Sobre estas áreas protegidas mantendrán sus facultades los demás organismos públicos, en lo que les corresponda.

El artículo N° 37 establece que el reglamento fijará el procedimiento para clasificar las especies de flora y fauna silvestres, sobre la base de antecedentes científico-técnicos, y según su estado de conservación, en las siguientes categorías: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerables, raras, insuficientemente conocidas y fuera de peligro.

El artículo N° 38 señala que los organismos competentes del Estado confeccionarán y mantendrán actualizado un inventario de especies de flora y fauna silvestre y fiscalizarán las normas que imponen restricciones a su corte, captura, caza, comercio y transporte, con el objeto de adoptar las acciones y medias tendientes a conservar la diversidad biológica y preservar dichas especies. Los inventarios indicados en el inciso precedente privilegiarán las especies consideradas en las siguientes categorías de conservación: extinguidas, en peligro de extinción, vulnerables, raras e insuficientemente conocidas.

De acuerdo al artículo N° 40, las normas de emisión se establecerán mediante decreto supremo, el que señalará su ámbito territorial de aplicación. Tratándose de materias que no correspondan a un determinado ministerio, tal decreto será dictado por intermedio del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Corresponderá a la Comisión Nacional del Medio Ambiente proponer, facilitar y coordinar la dictación de normas de emisión, para lo cual deberá sujetarse a las etapas señaladas en el artículo N° 32, inciso tercero, y en el respectivo reglamento, en lo que fueren procedentes, considerando las condiciones y características ambientales propias de la zona en que se aplicarán.

El artículo N° 41 por su parte, indica que el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables se efectuará asegurando su capacidad de regeneración y la diversidad biológica asociada a ellos, en especial de aquellas especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas.

Asimismo, el artículo N° 42 señala que el organismo público encargado por la Ley de regular el uso o aprovechamiento de los recursos naturales en un área determinada, exigirá, de acuerdo con la normativa vigente, la presentación y cumplimiento de planes de manejo de los mismos, a fin de asegurar su conservación.

Estos incluirán, entre otras, las siguientes consideraciones ambientales:

- a) Mantenimiento de caudales de aguas y conservación de suelos;
- b) Mantenimiento del valor paisajístico, y
- c) Protección de especies en peligro de extinción, vulnerables, raras o insuficientemente conocidas.

Lo dispuesto en este artículo es sin perjuicio de lo establecido en otros cuerpos legales, sobre planes de manejo de recursos naturales renovables, y no se aplicará a aquellos proyectos o actividades respecto de los cuales se hubiere aprobado un Estudio o una Declaración de Impacto Ambiental.

De acuerdo al artículo N°43, la declaración de una zona del territorio como saturada o latente se hará por decreto supremo que llevará la firma del Ministro Secretario General de la Presidencia y contendrá la determinación precisa del área geográfica que abarca. Llevará además la firma del Ministro de Salud, si se trata de la aplicación de normas primarias de calidad ambiental, o del ministro sectorial que corresponda, según la naturaleza de la respectiva norma secundaria de calidad ambiental.

Esta declaración tendrá como fundamento las mediciones, realizadas o certificadas por los organismos públicos competentes, en las que conste haberse verificado la condición que la hace procedente. El procedimiento estará a cargo de la Comisión Regional del Medio Ambiente. Si la zona objeto de la declaración estuviere situada en distintas regiones, el procedimiento estará a cargo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

De acuerdo al artículo N°44, mediante decreto supremo del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que llevará además la firma del ministro sectorial que corresponda, se establecerán planes de prevención o de descontaminación, cuyo cumplimiento será obligatorio en las zonas calificadas como latentes o saturadas, respectivamente.

La elaboración de estos planes y su proposición a la autoridad competente para su establecimiento corresponderá a la Comisión Nacional del Medio Ambiente, previo informe de la Comisión Regional respectiva. Para estos efectos se seguirá el mismo procedimiento y etapas establecidos en el inciso tercero del artículo N°32 de la presente Ley.

Según el artículo N°46, en aquellas áreas en que se esté aplicando un plan de prevención o descontaminación, sólo podrán desarrollarse actividades que cumplan los requisitos establecidos en el respectivo plan. Su verificación estará a cargo de la respectiva Comisión Regional del Medio Ambiente, o de la Comisión Nacional del Medio Ambiente si el plan abarca zonas situadas en distintas regiones.

El artículo N°51 señala que todo el que culposa o dolosamente cause daño ambiental responderá del mismo en conformidad a la presente Ley. No obstante, las normas sobre responsabilidad por daño al medio ambiente contenidas en leyes especiales prevalecerán sobre las de la presente Ley. Sin perjuicio de lo anterior, en lo no previsto por esta Ley o por leyes especiales, se aplicarán las disposiciones del Título XXXV del Libro IV del Código Civil.

De acuerdo al artículo N°52, se presume legalmente la responsabilidad del autor del daño ambiental, si existe infracción a las normas de calidad ambiental, a las normas de emisiones, a las planes de prevención o de descontaminación, a las regulaciones especiales para los casos de emergencia ambiental o a las normas sobre protección, preservación o conservación ambiental, establecidas en la presente ley o en otras disposiciones legales o reglamentarias.

Con todo, sólo habrá lugar a la indemnización, en este evento, si se acreditare relación de causa a efecto entre la infracción y el daño producido.

El artículo N°64 señala que corresponderá a los organismos del Estado que, en uso de sus facultades legales, participan en el sistema de evaluación de impacto ambiental, fiscalizar el permanente cumplimiento de las normas y condiciones sobre la base de las cuales se aprobó el Estudio o se aceptó la Declaración de Impacto Ambiental.

En caso de incumplimiento, dichas autoridades podrán solicitar a la Comisión Regional o Nacional del Medio Ambiente, en su caso, la amonestación, la imposición de multas de hasta quinientas unidades tributarias mensuales e, incluso, la revocación de la aprobación o aceptación respectiva, sin perjuicio de su derecho a ejercer las acciones civiles o penales que sean procedentes.

En contra de las resoluciones a que se refiere el inciso anterior, se podrá recurrir, dentro del plazo de diez días, ante el juez y conforme al procedimiento que señalen los artículos 60 y siguientes, previa consignación del equivalente al 10% del valor de la multa aplicada, en su caso, sin que esto suspenda el cumplimiento de la resolución revocatoria, y sin perjuicio del derecho del afectado a solicitar orden de no innovar ante el mismo juez de la causa.

### **Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental**

El D.S. N° 30 fue publicado en el D.O. el 3 de abril de 1997, denominado "Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental" (RSEIA). El artículo N° 3 define que proyecto deben ingresar al SEIA, el literal n) señala los cultivos de recursos hidrobiológicos, sin definir excepciones por capacidad productiva como ocurre con otras actividades económicas. Por su parte el literal o) del mismo artículo señala que los proyectos de saneamiento ambiental, tales como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de agua o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos. Por lo tanto los centros de cultivos deben entrar por su propia actividad como por sus sistemas de tratamiento de efluente y disposición de mortalidad.

El Título II señala cuando se debe presentar un Estudio de Impacto Ambiental, dependiendo de los efectos que genere, y las características o circunstancias que esto ocurra. Debido a que los proyectos de acuicultura no generan estos efectos sobre el medio ambiente, hasta la fecha el 100 % de los 103 proyectos han ingresado a la CONAMA a través de la modalidad de Declaración de Impacto Ambiental. Si se quisieran importar nuevas especies hidrobiológicas u organismos genéticamente modificados (transgénicos), de acuerdo al artículo N° 6 letra ñ) debe presentarse un Estudio de Impacto Ambiental.

El Título III señala los contenidos de los Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental. Las Declaraciones de Impacto Ambiental deberán contener, a lo menos, lo siguiente:

- La indicación del tipo de proyecto o actividad de que se trata.
- La descripción del proyecto o actividad que se pretende realizar o de las modificaciones que se le introducirán.
- La indicación de los antecedentes necesarios para determinar si el impacto ambiental que generará o presentará el proyecto o actividad se ajusta a las normas ambientales vigentes, y que éste no requiere de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, de acuerdo a lo dispuesto en la Ley y en el presente Reglamento.
- La descripción del contenido de aquellos compromisos ambientales voluntarios, no exigidos por la legislación vigente, que el titular del proyecto o actividad contemple realizar.

La DIA que presente el titular del proyecto o actividad, deberá acompañarse de la documentación y los antecedentes necesarios para acreditar el cumplimiento de la normativa de carácter ambiental y de los requisitos y contenidos de los permisos ambientales sectoriales contemplados en los artículos del Título VII de este Reglamento. Tratándose de una modificación a un proyecto o actividad en operación, los antecedentes presentados que se señalan en las letras del artículo anterior, deben considerar la situación del proyecto o actividad en operación.

El Título IV especifica la evaluación del impacto ambiental, en el se establece la forma de presentación de los Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental, la forma y plazos para la evaluación de las Declaraciones de Impacto Ambiental y las condiciones de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA). El artículo N° 37 señala que la resolución que califique el proyecto o actividad contendrá, a lo menos:

- la indicación de los elementos, documentos, facultades legales y reglamentarias que se tuvieron a la vista para resolver;
- las consideraciones técnicas u otras en que se fundamenta la resolución y la ponderación de las observaciones formuladas por las organizaciones ciudadanas con personalidad jurídica y por las personas naturales directamente afectadas, si corresponde; y
- la calificación ambiental del proyecto o actividad, aprobándolo, rechazándolo o, si la aprobación fuere condicionada, fijando las condiciones o exigencias ambientales que deberán cumplirse para ejecutar el proyecto o actividad y aquéllas bajo las cuales se otorgarán los permisos ambientales sectoriales que de acuerdo con la legislación deben emitir los organismos del Estado.

El Párrafo 5° trata los procedimientos para realizar las Reclamaciones a las resoluciones de la CONAMA.

El Título VI, trata del plan de medidas de mitigación, reparación y compensación, y del plan de seguimiento ambiental y de la fiscalización. El Plan de Medidas de Mitigación, Reparación y Compensación de un proyecto o actividad deberá contener, cuando proceda, uno o más de los siguientes planes:

- Plan de Medidas de Mitigación.
- Plan de Medidas de Reparación y/o Restauración.
- Plan de Medidas de Compensación.

El Plan de Seguimiento Ambiental de un proyecto o actividad tiene por finalidad asegurar, que las variables ambientales relevantes que dieron origen al Estudio de Impacto Ambiental evolucionan según lo establecido en la documentación que forma parte de la evaluación respectiva.

En contra de las resoluciones a que se refiere el inciso anterior, se podrá recurrir, dentro del plazo de diez días, ante el juez, y conforme al procedimiento que señalan los artículos 60 y siguientes de la Ley, previa consignación del equivalente al diez por ciento (10%) del valor de la multa aplicada, en su caso, sin que esto suspenda el cumplimiento de la resolución revocatoria, y sin perjuicio del derecho del afectado a solicitar orden de no innovar ante el mismo juez de la causa.

El Título VII trata los permisos ambientales sectoriales, de los cuales pueden ser aplicables a proyectos de acuicultura los siguientes:

Artículo N° 66. Permiso para 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 daños o perjuicios en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, y en puertos, ríos y lagos, a que se refiere el artículo 142 del D.L. 2.222/78, Ley de Navegación, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo.

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas y normas adecuadas para evitar daños o perjuicios en tales aguas, puertos, ríos y lagos, en consideración a:

- a) Las pautas señaladas de acuerdo al "Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos de 1954", promulgado por D.S. N° 474/77 del Ministerio de Relaciones Exteriores, y los textos aprobados de sus enmiendas.
- b) Las disposiciones contenidas en el "Convenio sobre Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otras Materias, con sus Anexos I, II y III, de 1972", promulgado por D.S. N° 476/77 del Ministerio de Relaciones Exteriores.

Artículo N°67. Permisos para efectuar vertimientos en aguas sometidas a jurisdicción nacional o en alta mar, desde naves, aeronaves, artefactos navales, construcciones y obras portuarias, a que se refieren los artículos 108 y 109 del D.S. 1/92 del Ministerio de Defensa Nacional, Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo.

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas, en consideración a los factores que figuran en el Anexo III del "Convenio sobre Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otras Materias", con sus Anexos I, II y III, de 1972, promulgado por D.S. 476/77 del Ministerio de Relaciones Exteriores, incluyendo los estudios previos de las características del lugar de vertimiento, según se estipula en las secciones B y C de dicho anexo.

Artículo N°71. Permiso para introducir o descargar en aguas sometidas a la jurisdicción nacional, materias, energía o sustancias nocivas o peligrosas de cualquier especie, que no ocasionen daños o perjuicios en las aguas, la flora o la fauna, a que se refiere el artículo 140 del D.S. 1/92 del Ministerio de Defensa Nacional, Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, los requisitos para su otorgamiento y los



contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo.

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para el control de la contaminación acuática, evitando daños o perjuicios en las aguas, la flora o la fauna, de acuerdo a:

- a) La ubicación del lugar donde serán evacuados los efluentes.
- b) El tipo del caudal, caracterización y tratamiento del efluente que se evacuará.

Artículo N° 72. Permisos para realizar actividades de cultivo y producción de recursos hidrobiológicos, a que se refiere el Título VI de la Ley N° 18.892, Ley General de Pesca y Acuicultura y sus modificaciones, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado se contiene en el D.S. N° 430, de 1992, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo.

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas ambientales adecuadas para su ejecución.

Artículo N° 89. Permiso para vaciar residuos líquidos que contengan sustancias nocivas a la bebida o al riego, provenientes de establecimientos industriales, sean mineros, metalúrgicos, fabriles o de cualquiera otra especie, en los acueductos, cauces artificiales o naturales, que conduzcan aguas o en vertientes, lagos, lagunas o depósitos de agua, a que se refiere el artículo 3 de la Ley N° 3.133/16, sobre Neutralización de los Residuos Provenientes de Establecimientos Industriales y su Reglamento, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo.

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas y normas ambientales adecuadas, de acuerdo a:

- a) El sistema de depuración y neutralización que se proponga adoptar.
- b) Los residuos industriales líquidos y del efluente tratado, consignando los parámetros en conformidad a las normas vigentes.
- c) Los planos y especificaciones que se fijen y en forma que no ofrezcan peligro alguno de contaminación de las aguas o terrenos de la región vecina, si el sistema que se adopte contempla la construcción de estanques o depósitos.

Artículo N° 91. Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros, a que se refiere el artículo 71 letra b) del D.F.L. 725/67, Código Sanitario, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo.

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para el control de aquellos factores, elementos o agentes del medio ambiente que puedan afectar la salud de los habitantes, de acuerdo a:

- a) El análisis físico-químico (NCh 1333.Of78) y bacteriológico correspondiente al residuo industrial de que se trate.
- b) La cuantificación del caudal a tratar.
- c) La disposición final de los residuos industriales tratados.
- d) Los mecanismos de control de posibles olores, residuos o vibraciones hacia los sectores colindantes, producidos por la planta y la justificación técnica de los mismos.

Artículo N° 92. Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza, a que se refiere el artículo 71 letra b) del D.F.L. 725/67, Código Sanitario, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo.

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para el control de aquellos factores, elementos o agentes del medio ambiente que puedan afectar la salud de los habitantes, de acuerdo a:

- a) En caso de disposición de las aguas por infiltración:
  - a.1. La profundidad de la napa en su nivel máximo de agua, desde el fondo del pozo filtrante.
  - a.2. La calidad del terreno para efectos de determinar el índice de absorción;
  - a.3. La cantidad de terreno necesario para filtrar.
- b) En caso que las aguas sean dispuestas en un cauce superficial:
  - b.1. La entrega del efluente sobre la superficie del agua;
  - b.2. La forma de disposición de los lodos generados por la planta.

Artículo N° 94. Permisos para la construcción, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase; o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase, a que se refieren los artículos 79 y 80 del D.F.L. 725/67, Código Sanitario, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en este artículo.

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas adecuadas para el control de aquellos factores, elementos o agentes del medio ambiente que puedan afectar la salud de los habitantes, de acuerdo a:

- a) El tipo de instalación y residuos que se dispondrán.
- b) Las características del terreno.
- c) Las medidas de control de emisiones de material particulado en los caminos de acceso e internos que se pretenda implementar.
- d) El programa de aprovechamiento del gas o transformación del gas en CO<sub>2</sub> y vapor de agua que se propone implementar.
- e) El manejo y control de los líquidos percolados, que eviten la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, como también la generación de olores.

- f) El manejo adecuado de las aguas que puedan ingresar al lugar de disposición.
- g) El cierre perimetral del relleno.

### **Norma de calidad para la protección de las aguas continentales superficiales**

La Res. Ex. N° 198 publicada en el D.O. el 1 de abril de 2000, aprobó el "Anteproyecto de Norma de Calidad para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales" y la sometió a consulta pública. En la actualidad este proyecto de norma, ya aprobado por el Consejo de Ministros, se encuentra en tramitación en la Contraloría General de la República. Se incluye en este estudio por ser de gran importancia para el futuro desarrollo de la actividad acuícola en aguas continentales, en la medida que regula la calidad de dichos cuerpos de agua.

El Título I señala que las aguas superficiales continentales se encuentran físicamente en porciones acotadas con dinámicas muy distintas. A los cursos y cuerpos de agua se van incorporando diferentes sustancias de origen natural o antropogénicas dando origen a diversas calidades de agua.

El objetivo de esta norma es constituirse en un instrumento básico para el desarrollo sustentable, al establecer las condiciones en que el agua puede considerarse libre de contaminación. De esta manera, se busca prevenir el deterioro ambiental, recuperar, proteger y conservar la calidad básica de las aguas continentales superficiales permitiendo su aprovechamiento óptimo y maximizando los beneficios sociales, económicos, culturales y medioambientales.

El Anteproyecto establece los niveles de calidad ambiental que deberán tener las aguas continentales superficiales del país para salvaguardar la salud de la población, los recursos naturales y el medio ambiente. De esta manera, en un mismo texto, se establece una norma de calidad primaria y una secundaria, sin la determinación o fijación de usos específicos para el recurso.

La norma primaria trata de la calidad del agua necesaria para la protección de actividades con contacto directo y para el riego de verduras y frutas que se desarrollan a ras de suelo y que habitualmente se consumen sin proceso de cocción. Respecto de las normas secundarias de calidad ambiental cabe señalar que las comunidades acuáticas, el riego, la acuicultura, la pesca deportiva, la captación de agua para su potabilización, y demás usos que se hacen del agua necesitan diferentes calidades. Estos usos, sin embargo, pueden ser compatibles con una calidad, de manera que es posible fijar calidades que protejan todos los usos, incluyendo la vida acuática y otras que protejan sólo alguno de ellos.

La norma de calidad será un instrumento fundamental en el ejercicio de las atribuciones de fiscalización de los organismos públicos con competencia ambiental. Asimismo, servirá de base para la dictación de las normas de emisión de aguas residuales para cada curso o cuerpo de agua y para la dictación en su caso, de los planes de prevención y de descontaminación.

Dentro de los objetivos específicos que se señalan en el Anteproyecto esta "mantener o mejorar la calidad de las aguas para proteger y conservar las comunidades acuáticas" y "mantener o mejorar la calidad de las aguas de manera que sean aptas para el desarrollo de la acuicultura y la pesca deportiva".

El artículo N° 2 define algunos términos de utilidad para el estudio:

- **Acuicultura:** actividad realizada en aguas continentales superficiales que tiene por objeto la producción de recursos hidrobiológicos organizada por el hombre. Corresponderá a la Subsecretaría de Pesca informar sobre la existencia de zonas destinadas a la acuicultura.
- **Aguas continentales superficiales:** son aguas terrestres que se encuentran naturalmente a la vista del hombre y que pueden escurrir por cauces naturales o estar detenidas o acumuladas en depósitos naturales o artificiales de uso público.
- **Calidad natural:** es la concentración de un contaminante en el cuerpo y/o curso de agua continental superficial, que corresponde a la situación original del agua sin intervención antrópica más las situaciones permanentes, irreversibles o inmodificables de origen antrópico. Esta calidad será determinada por la Dirección General de Aguas o por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante.
- **Calidad objetivo:** es la meta de calidad para el recurso que la sociedad desea mantener o alcanzar en un determinado período. La calidad objetivo es establecida sobre la base de criterios tales como usos actuales, potenciales o futuros, calidad natural actual, costos de manejo y control, compatibilidad con el desarrollo de la vida acuática, necesidades de los usos *in situ* (pesca deportiva, recreación, etc.), objetivos de protección o conservación, la existencia de recursos hídricos con características únicas escasas y representativas u otros objetivos de carácter social y económico.
- **Clases de calidad:** tipificación del agua de acuerdo a niveles de calidad por contaminante. Comprende aguas de calidad de excepción, aptas para todo uso y para la protección o conservación de las comunidades acuáticas, hasta una categoría no apta para los usos prioritarios ni la vida acuática, sin perjuicio de su aprovechamiento para fines industriales.
- **Comunidades acuáticas:** conjunto de poblaciones biológicas de diferentes especies, que dependen directa o indirectamente, sea en cantidad como en calidad del ecosistema acuático para su supervivencia y/o reproducción. Son organismos vivos pertenecientes a la flora o fauna que, por ser únicos, escasos, representativos o de valor económico, requieren protección para asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración.
- **Contaminantes de mayor significación:** aquellos que sean prioritarios de controlar ya que pueden afectar los usos existentes o potenciales y/o la vida acuática en el área de control ocasionando efectos en el corto plazo o daños de gravedad.
- **Índice de Calidad Ambiental del Agua:** corresponde a la categoría indicativa del estado de calidad de las aguas.
- **Intervención antrópica:** acción por la cual el hombre altera la calidad natural de las aguas mediante actividades tales como extracción de caudal o descarga directa o difusa de contaminantes a cuerpos o cursos de agua receptores.
- **Metal Disuelto Total:** metal cuya medición se realiza luego de que la muestra ha sido filtrada a través de un poro de 0,40 a 0,45 micrómetros de diámetro.
- **Metal esencial:** metal requerido por los organismos vivos para su sobrevivencia debido a que son constituyentes de proteínas esenciales para la fisiología celular.
- **Nivel trófico o nivel de trofia:** es el nivel de productividad biológica determinado por la cantidad de nutrientes y los factores físicos y químicos de un cuerpo de agua. Estos van desde una baja productividad biológica (ultraoligotrófico), hasta una excesiva productividad (eutroficación).
- **Plan de monitoreo:** programa de muestreo sistemático destinado a caracterizar o controlar la calidad de las aguas.
- **Sólidos disueltos:** material residual que queda en una cápsula después de la evaporación y secado de una muestra de agua que previamente ha pasado a través de un filtro con tamaño de poro de 2,0  $\mu\text{m}$  o menor, bajo condiciones específicas.

- *Sólidos suspendidos*: material residual de una muestra, retenido por un filtro de tamaño de poro de 2,0 µm o menor, después de su evaporación y secado, bajo condiciones específicas.
- *Usos del agua*: todo aprovechamiento del recurso hídrico o utilización a que puede verse afecto un cuerpo o curso de agua.
- *Usos prioritarios*: corresponden a la acuicultura y pesca deportiva, bebida para animales, riego irrestricto o restringido y captación de agua para potabilizarla.
- *Zona de mezcla*: volumen o zona donde se produce la dilución de las descargas de uno o más contaminantes en el cuerpo receptor. Dicha zona será establecida caso a caso por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante o por la Dirección General de Aguas según corresponda.

El artículo N°3 señala los valores máximos de concentración o unidad del contaminante en las aguas continentales superficiales aptas para actividades con contacto directo y para el riego de verduras y frutas que se desarrollan a ras de suelo y que habitualmente se consumen sin proceso de cocción. El artículo N°4 señala los valores máximos de concentración o unidad de los contaminantes en las aguas continentales superficiales aptas para la protección y conservación de las comunidades acuáticas y usos prioritarios. Define 5 clases de calidad con distintos niveles de exigencia en los parámetros. El artículo N° 5 define estas clases:

- a) Clase de calidad excepcional, corresponde a aguas continentales superficiales de calidad superior a la clase 1, que por su extraordinaria pureza y escasez, forman parte del patrimonio ambiental. Esta calidad es adecuada también para la conservación de las comunidades acuáticas y demás usos definidos en esta norma cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase.
- b) Clase 1 (muy buena calidad), corresponde a la calidad de aguas continentales superficiales aptas para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3.
- c) Clase 2 (buena calidad), corresponde a la calidad de aguas continentales superficiales aptas para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y para los usos comprendidos en la clase 3.
- d) Clase 3 (regular calidad), corresponde a la calidad de aguas continentales superficiales adecuadas sólo para bebida para animales y para riego restringido.
- e) Clase 4 (mala calidad), corresponde a la calidad de aguas continentales superficiales que no cumplen con los requisitos establecidos para las clases 1,2 y 3, sin perjuicio de su aprovechamiento industrial.

El artículo N°7 señala que en caso que un cuerpo o curso de agua tenga como calidad natural una inferior a la clase 3, deberá ser protegido hasta el valor de su calidad natural, con el objeto de que esta no empeore.

El artículo N°8 señala los valores máximos de concentración o unidad del contaminante para las aguas continentales superficiales que permiten mantener o mejorar el nivel trófico de los cuerpos de agua lacustres. Señala 4 niveles de trofia: Ultraoligotrófico, oligotrófico, oligomesotrófico y mesoeutrófico.

El artículo N°10 señala que la implementación de la norma de calidad secundaria se realizará mediante la dictación de las normas de calidad objetivo por áreas territoriales.

El artículo N°12 señala que el cumplimiento de la norma secundaria deberá verificarse por contaminante mediante mediciones en las áreas de control de las aguas continentales superficiales donde hayan sido establecidas las normas calidad objetivo.

El artículo N°16 señala que le corresponderá a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, a la Dirección General de Aguas y al Servicio Agrícola y Ganadero fiscalizar el cumplimiento de la norma secundaria de calidad ambiental. Lo anterior no obsta a las atribuciones que, sobre fiscalización sanitaria, protección de cultivos, suelos, flora, fauna, preservación de recursos hidrobiológicos y ecosistemas acuáticos, posean los organismos públicos mencionados u otros, conforme a la legislación vigente.

El artículo N°17 señala que el monitoreo destinado a verificar el cumplimiento de las normas que trata este anteproyecto, se efectuará de acuerdo a los métodos establecidos en las normas chilenas oficiales, teniendo en cuenta que dicho monitoreo excluirá la zona de mezcla.

El artículo N°22 señala que el análisis de los contaminantes incluidos en estas normas deberá efectuarse de acuerdo a los métodos establecidos en las normas chilenas oficiales, teniendo en cuenta que los resultados deberán referirse a valores totales en los contaminantes que corresponda.

El artículo N°25 señala que la Comisión Nacional del Medio Ambiente coordinará la elaboración de un informe trienal sobre el estado de la calidad de las aguas del país. Las autoridades competentes deberán proveer a dicha Comisión toda la información pertinente. Dicha información comprenderá a lo menos antecedentes tales como calidad natural, índice de calidad del agua y calidad objetivo de las áreas establecidas en los cuerpos o cursos de agua.

#### **Norma de emisión a aguas subterráneas**

La Resolución Exenta N°466 de CONAMA da inicio a la elaboración del "Anteproyecto de Norma de emisión a aguas subterráneas", y fue publicada en el D.O. el 9 de junio de 2000. Esta Resolución fue rectificada a través de la Resolución Exenta N° 649/2000 porque en el título original decía Norma de infiltración en vez de Norma de emisión. Esta Norma se podrá aplicar especialmente a los cultivos que se realizan en tierra. Esta norma completó su etapa de consulta pública y se encuentra en trámite de aprobación por el Consejo de Ministros.

#### **Reglamento para el manejo de lodos no peligrosos por plantas de tratamiento de aguas**

La Resolución Exenta N° 563 de CONAMA aprobó el "Anteproyecto de Reglamento para el manejo de lodos no peligrosos generados por plantas de tratamiento de aguas", fue publicado en el D.O. el 29 de junio de 2000. Esta Norma se aplicará principalmente a los centros de cultivos que se ubican en tierra y que tengan sistemas de tratamiento para sus efluentes.

#### **Norma de calidad ambiental en aguas marinas**

La Resolución Exenta N° 1.485 de CONAMA de inicio a la elaboración del "Anteproyecto de Norma de Calidad Ambiental en Aguas Marinas": Nivel Nacional, y fue publicada en el D.O. el 28 de diciembre de 1999. En la actualidad completó su etapa de consulta pública y se encuentra en tramitación para su aprobación por el Consejo de Ministros. Esta norma regulará la calidad de los cuerpos de agua marinos, por lo que reviste gran importancia para las actividades de acuicultura .

El objetivo general de esta norma es proteger, conservar, recuperar o preservar la calidad de las aguas marinas y estuarinas de manera de salvaguardar la salud de las personas; la protección y conservación de

las comunidades acuáticas; la protección y conservación de los recursos hidrobiológicos, maximizando los beneficios sociales, económicos y ambientales. En tanto que sus objetivos específicos son:

1. Proteger, conservar, recuperar o preservar la calidad de las aguas marinas y estuarinas aptas para las actividades de recreación con contacto directo de manera de salvaguardar la salud de las personas
2. Proteger, conservar, recuperar o preservar la calidad de las aguas marinas y estuarinas para asegurar la mantención y conservación de las comunidades acuáticas.
3. 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.
4. Proteger, conservar, recuperar o preservar la calidad de las aguas marinas y estuarinas aptas para la desalinización del agua para consumo potable.
5. 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.
6. Proteger, conservar o preservar aquellos cuerpos de agua marinos que, por sus aguas de extraordinaria calidad ambiental se constituyen en áreas costeras y marinas protegidas por el Estado o que se establezcan de acuerdo a la legislación nacional e internacional vigente.

De acuerdo al Artículo 1º, se establece la norma primaria de calidad ambiental de las aguas marinas y estuarinas, aptas para las actividades de recreación con contacto directo. Asimismo, establece las normas secundarias de calidad ambiental de las aguas marinas y estuarinas, aptas para la conservación de las comunidades acuáticas; para el desarrollo de actividad pesquera extractiva y la acuicultura; para mantener y recuperar el estado trófico de los fiordos, canales y estuarios y para la protección de los cuerpos de agua declarados como áreas marinas y costeras protegidas por el Estado.

Según algunas de las definiciones contempladas en el Art.2º, para los efectos de lo dispuesto en este decreto, se entenderá por:

*Actividad pesquera extractiva:* Actividad que tiene por objeto capturar, cazar, segar o recolectar recursos hidrobiológicos. Incluye, entre otras, la pesca industrial, la pesca artesanal y la pesca deportiva.

*Actividad de acuicultura o acuicultura:* Actividad organizada por el hombre y que tiene por objeto la producción de recursos hidrobiológicos, cualquiera sea su finalidad.

*Autoridad competente:* Aquella designada por la ley para velar por la calidad de las aguas marinas. Corresponde a los organismos públicos señalados en el artículo 17º del presente decreto.

*Calidad natural:* Es la unidad o concentración de un compuesto o elemento en el cuerpo de agua marino, que corresponde a la situación original del agua sin intervención antrópica. Esta calidad será determinada por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante y/o el Servicio Nacional de Pesca.

*Comunidades acuáticas:* Conjunto de poblaciones biológicas que, en cualquier fase de desarrollo, tienen en el agua marina su medio normal o más frecuente de vida. Son organismos que por ser únicos, escasos, representativos y/o de valor económico para el país, requieren de protección para asegurar su protección.

*Estado trófico o de trofia:* Es la categoría de calidad que representa el estado productivo biológico determinado por la cantidad de nutrientes de un cuerpo de agua marino.

*Intervención antrópica:* Para efectos de lo dispuesto en el este decreto es la acción por la cual el hombre altera la calidad de las aguas mediante la descarga directa o difusa de contaminantes a cuerpos de agua

receptores, o mediante la modificación de la morfología del borde costero que afecte la calidad del agua marina en un cuerpo de agua o en la porción intervenida.

*Programa de Vigilancia:* Programa de muestreo sistemático o el conjunto de ellos, destinado a caracterizar, medir la variación o evaluar la calidad de las aguas en un periodo de tiempo.

*Usos del agua:* Para efectos de este decreto, corresponden a los usos más vulnerables respecto de la condición del agua, cuyos requerimientos de calidad permiten asegurar el resto de los usos de que es objeto el agua marina o estuarina.

*Zona de dilución de residuos líquidos:* Volumen o zona donde se produce la dilución de uno o más compuestos o elementos en el cuerpo receptor provenientes de las descargas de residuos líquidos de establecimientos emisores. Dicha zona será certificada por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante a partir de los antecedentes presentados por el usuario, el que podrá usar como referencia la "Guía Metodológica sobre procedimientos y consideraciones ambientales básicas para la descarga de aguas residuales mediante emisarios submarinos", elaborada por esa Autoridad Marítima Superior.

El Art. 3° fija los valores máximos de concentración o unidad de los compuestos o elementos en las aguas marinas aptas para actividades de recreación con contacto directo, mientras que el Art. 4° fija los valores máximos de concentración o unidad de los compuestos o elementos en las aguas marinas aptas para la conservación de las comunidades acuáticas, y para los usos del agua considerados en este decreto:



Proyecto FIP 99-23. Informe Final  
 Anexo 1. Análisis de la normativa ambiental nacional y extranjera

|                                     |                                       |             |                              | CLASES DE CALIDAD |                     |                |
|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------|------------------------------|-------------------|---------------------|----------------|
| GRUPO DE COMPUESTOS O ELEMENTOS     | Unidad                                |             |                              | CLASE 1           | CLASE 2             | CLASE 3        |
| FÍSICOS Y QUÍMICOS                  |                                       |             |                              |                   |                     |                |
| 1                                   | Oxígeno disuelto                      | % sat       | OD                           | > 90              | 70- 89              | 40 - 69        |
| 2                                   | Temperatura <sup>1</sup>              | °C          | T°                           | D2                | D3                  | D5             |
| 3                                   | pH                                    | unidad      | 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          |
| TÓXICOS NO ACUMULATIVOS             |                                       |             |                              |                   |                     |                |
| 9                                   | Amonio                                | µmol/L      | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | < 5               | 5 - 10              | 10 - 15        |
| 10                                  | Cianuro                               | mg/L        | CN <sup>-</sup>              | < 0,005           | 0,005-0,01          | 0,005 - 0,01   |
| 11                                  | Cloro libre residual                  | mg/L        |                              | < 0,002           | 0,002- 0,01         | 0,01- 0,1      |
| 12                                  | Fenoles                               | mg/L        | Fenoles                      | < 0,001           | 0,001 - 0,01        | 0,01 - 1       |
| 13                                  | Fluoruro <sup>2</sup>                 | mg/L        | F <sup>-</sup>               | < 0,0369×S        | 0,0369×S - 0,0443×S | 0,0443×S - 2,3 |
| 14                                  | Sulfuro                               | mg/L        | S <sup>2-</sup>              | < 0,002           | 0,002-0,005         | 0,005- 0,01    |
| TÓXICOS 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                                  | Demeton                               | µg/L        | Demeton                      | < 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 - 10              | 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 <sup>3</sup>       | NMP/ 100 mL | Coli.fec./ 100 mL            | < 2               | < 43                | < 1.000        |
| 39                                  | Coliformes totales                    | NMP/ 100 mL | Coli.tot./ 100 mL            | < 70              | 70 - 1.000          | < 1.000        |

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: La norma se establece en función de la salinidad del agua, medida como PSU.

3: se aplicará como límite máximo de concentración de 14 NMP/100 mL en aquellos sectores donde se desarrolle cultivo de bivalvos.

El Art. 5º establece que las clases de calidad asociadas a la protección de las aguas marinas y estuarinas aptas para la conservación de las comunidades acuáticas y demás usos considerados en este decreto, son las siguientes:

- a) Clase 1: Muy buena calidad. Indica agua apta para la conservación de comunidades acuáticas, desalinización de agua para consumo humano y demás usos definidos en esta norma, cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase.
- b) 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.
- c) Clase 3: Regular calidad. Indica un agua apta para actividades portuarias, navegación u otros de menor requerimiento en calidad de agua.

El Art. 7º señala que los bioensayos y los bioindicadores podrán ser utilizados como herramientas de aproximación para determinar el impacto producido por situaciones de emergencia que tengan relación con la conservación de las comunidades acuáticas, los usos prioritarios y/o el estado trófico de los canales, fiordos, y estuarios.

Por su parte, el Art. 9º fija los valores máximos de concentración o unidad de los compuestos o elementos que permiten mantener o recuperar el estado trófico de fiordos, canales y estuarios. Los valores expresados se refieren a concentraciones o unidades totales o disueltas, en los compuestos o elementos que corresponda:

| Compuesto o Elemento                  | Unidad       | Valor Límite |
|---------------------------------------|--------------|--------------|
| Clorofila a                           | µg/L         | 2            |
| Fósforo total - P <sub>total</sub>    | µg/L         | 45           |
| Ortofosfato disuelto                  | µmol/L       | 0,5          |
| Nitrógeno total - N <sub>total</sub>  | µg/L         | 80           |
| Amonio - NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | µmol N/L     | 2,5          |
| Oxígeno disuelto (OD)                 | % saturación | 90           |
| pH                                    | unidad       | 7,5 - 8,5    |

En forma similar a su homóloga para aguas dulces, esta norma establece en su Art. 10º que la implementación de las normas de calidad secundarias se realizará mediante la dictación de las normas de calidad objetivo por áreas de vigilancia.

De acuerdo a lo anterior, la asignación de las calidades objetivo de las aguas marinas y estuarinas del país, de conformidad a las normas secundarias contenidas en el presente decreto, deberá cumplir las siguientes etapas:

- a) En el plazo de un año, contado desde la entrada en vigencia del presente decreto, las autoridades competentes, coordinadas por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, harán pública la calidad de los cuerpos de agua de los cuales se posea información y el procedimiento en virtud del cual se obtuvo la misma.
- b) En el mismo plazo señalado, la Comisión Nacional del Medio Ambiente coordinará a las autoridades nacionales y regionales competentes, en conjunto con las Comisiones Regionales de Uso de Borde

Costero respectivas, en la formulación de una propuesta técnica de asignación de la calidad objetivo para los cuerpos de agua marinos prioritarios del país. Tal propuesta será realizada por áreas de vigilancia teniendo en cuenta que la calidad objetivo establecida no deberá ser inferior a la calidad existente o natural del recurso.

c) La propuesta de asignación de la calidad objetivo señalada en la letra b) precederá el inicio del proceso de dictación de la Norma de Calidad Objetivo, previa incorporación en el Programa Priorizado de Normas y de acuerdo a lo establecido en el D.S. N°93 de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión.

d) En el proceso de asignación de la calidad objetivo, los valores de concentración del compuesto o elemento normado, podrán ser modificados sobre la base de la calidad natural y de los criterios sitio-específicos a los que hace referencia el número 6 del art. 2° de este decreto, y que resulten de los estudios o investigaciones científicas a que se refiere el Título II y III del Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, ya mencionado.

El Art. 11° indica que el Director Ejecutivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente informará a la Comisión Regional del Medio Ambiente respectiva y a las instancias que correspondan, sobre el procedimiento de dictación de la norma de calidad objetivo, en particular sobre la resolución que aprueba el anteproyecto y el proyecto definitivo.

Por su parte, el Art. 12° señala que una vez a que hace mención el artículo 10°, se aplicarán los siguientes criterios en la gestión de la calidad objetivo:

a) Si el valor de la concentración o unidad del compuesto o elemento se sitúa sobre el valor de la clase de calidad objetivo, de acuerdo a los criterios señalados en el Art. 14° y 15° de este decreto, se deberá declarar la zona específica del territorio como saturada con el fin de elaborar el plan de descontaminación.

b) Si el valor de la concentración o unidad del compuesto o elemento se sitúa entre el 80% y el 100% del valor de la clase de calidad objetivo, se deberá declarar la zona específica del territorio como latente con el fin de elaborar el plan de prevención.

c) Si el compuesto o elemento se sitúa bajo el 80% del valor de la clase de calidad objetivo se deberán iniciar los estudios científicos y técnicos respectivos para la definición de normas de emisión específicas u otros instrumentos de gestión ambiental que permitan mantener dicho objetivo ambiental.

El Art. 15° indica que las aguas marinas cumplen con las normas secundarias de calidad establecida en el respectivo decreto, cuando el percentil 66 de las concentraciones de las muestras analizadas para un compuesto o elemento en un área de vigilancia durante dos años consecutivos, sea menor o igual a los límites establecidos en el presente decreto.

Por su parte, el Art. 16° establece que para efectos de la declaración de una zona como saturada o latente, no se considerarán sobrepasadas las normas de calidad establecidas en el presente decreto, cuando:

a) La calidad natural de un cuerpo de agua marino exceda los valores establecidos por la presente norma de calidad y sólo hasta el límite de dicha calidad natural.

b) La superación de los valores establecidos por la presente norma sea consecuencia de catástrofes naturales u otras situaciones relacionadas con fenómenos a escala mundial o regional.

De acuerdo al Art. 17°, corresponderá a los Servicios de Salud fiscalizar el cumplimiento de la norma primaria de calidad ambiental, mientras que corresponderá a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante y al Servicio Nacional de Pesca vigilar por el cumplimiento de la norma secundaria de calidad ambiental, de acuerdo a sus atribuciones. Lo anterior no obsta a las atribuciones sobre fiscalización que éstos u otros organismos públicos posean conforme a la legislación vigente.

En el Art. 18° se establece que la Comisión Nacional del Medio Ambiente coordinará a las autoridades competentes, en el diseño y operación de un programa de vigilancia destinado a verificar el cumplimiento de las normas secundarias que trata este proyecto. Dicha vigilancia se efectuará de acuerdo a los métodos de muestreo establecidos en las normas chilenas oficiales respectivas

El Art. 20° indica que el monitoreo para el control de las normas secundarias deberá efectuarse de acuerdo a un Plan de Vigilancia elaborado por la autoridad competente. El plan deberá indicar el área de vigilancia, la zona de dilución de residuos líquidos, los compuestos o elementos de mayor significación, profundidades de muestreo, frecuencia mínima de muestreo, la que no deberá ser inferior a 2 veces al año y en condiciones extremas equivalentes a los períodos de invierno y verano.

De acuerdo al Art. 22°, la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante y/o el Servicio Nacional de Pesca, mediante resolución fundada y según corresponda, podrán aprobar planes de monitoreo efectuados por instituciones privadas cuando dichos planes cumplan con las condiciones contenidas en este título.

El Art. 26° establece que las autoridades competentes deberán elaborar un informe nacional trianual sobre el estado de la calidad de las aguas marinas en relación con las normas de calidad secundarias de acuerdo a las áreas establecidas conforme al artículo 10° y al plan de vigilancia establecido en el artículo 20°. La Comisión Nacional del Medio Ambiente coordinará la elaboración de dichos informes por servicio, y elaborará un informe general sobre el tema. Dicho informe general deberá ser puesto en conocimiento de la opinión pública a nivel nacional.

Finalmente, el Art. 27° señala que las normas primarias de calidad ambiental contenidas en el presente decreto entrarán en vigencia el día de su publicación en el Diario Oficial. La vigencia de las normas secundarias de calidad ambiental se regirá por lo dispuesto en el Título VIII del respectivo decreto.

#### **Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.**

El D.S. N° 90 fue firmado el 30 de mayo de 2000, y contiene la "Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales". Esta norma fue publicada en el Diario Oficial el 3 de Marzo de 2001, y entró en vigencia en septiembre pasado. Se incluye en este análisis porque afectará a los centros de cultivos que se ajusten a esta descripción.

El objetivo de esta norma es 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 receptores. Establece la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras, a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile.

El artículo N° 3 define algunos términos de importancia para este estudio:

- *Carga contaminante media diaria:* es el cociente entre la masa o volumen de un contaminante y el número de días en que se descarga el residuo líquido al cuerpo de agua, durante el mes del año en que se genera la máxima producción de dichos residuos. La masa o volumen de un contaminante corresponde a la suma de las masas o volúmenes diarios descargados durante dicho mes. La masa se determina mediante el producto del volumen de las descargas por su concentración.
- *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 Dirección General de Aguas, o a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante según sea el caso, debiendo cumplir con las condiciones para la extracción de muestras, volúmenes de la muestra y metodologías de análisis, establecidos en la presente norma.
- *Contenido 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 o a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, según sea el caso, determinar el contenido natural del cuerpo receptor.
- *Cuerpos de agua receptor o cuerpo receptor:* es el curso o volumen de agua natural o artificial, marino o continental superficial, que recibe la descarga de residuos líquidos. No se comprenden en esta definición los cuerpos de agua artificiales que contengan, almacenen o traten relaves y/o aguas lluvias o desechos líquidos provenientes de un proceso industrial o minero.
- *Descargas de residuos líquidos:* es la evacuación o vertimiento de residuos líquidos a un cuerpo de agua receptor, como resultado de un proceso, actividad o servicio de una fuente emisora.
- *Fuente emisora:* es el establecimiento que descarga residuos líquidos a uno o más cuerpos de agua receptores, como resultado de su proceso, actividad o servicio, con una carga contaminante media diaria o de valor característico superior en uno o más de los parámetros indicados en la Tabla 2.1. (ver página 66).

Las fuentes que emitan una carga contaminante media diaria o de valor característico igual o inferior al señalado, no se consideran fuentes emisoras para los efectos de esta norma y no quedan sujetos a la misma, en tanto se mantengan esas circunstancias.

- *Fuentes existentes:* son aquellas fuentes emisoras que a la fecha de entrada en vigencia del presente decreto se encuentren vertiendo sus residuos líquidos.
- *Fuentes nuevas:* son aquellas fuentes emisoras que a la fecha de entrada en vigencia del presente decreto, no se encuentren vertiendo sus residuos líquidos.
- *Residuos líquidos, aguas residuales o efluentes:* son aquellas aguas que se descargan desde una fuente emisora, a un cuerpo receptor.
- *Sólidos sedimentables y suspendidos totales:* son aquellos que se adecuan a la definición contenida en la NCh 410.Of 96. No se consideran en este concepto aquellos sólidos que son vertidos mediante la

utilización de aguas, como forma de transporte de residuos sólidos, en un lugar de disposición legalmente autorizado.

- *Tasa de dilución del efluente vertido (d)*: 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.
- *Zona de Protección Litoral*: es un ámbito territorial de aplicación de la presente norma que corresponde a 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, fijada por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante.

El artículo N° 4 señala que los sedimentos, lodos y/o sustancias sólidas provenientes de sistemas de tratamiento de residuos líquidos no deben disponerse en cuerpos receptores y su disposición final debe cumplir con las normas legales vigentes en materia de residuos sólidos. Si el contenido natural y/o de captación de un contaminante excede al exigido en esta norma, el límite máximo permitido de la descarga será igual a dicho contenido natural y/o de captación.

El punto 2 del artículo N° 4, a través de la tabla N° 1, fija los límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de aguas fluviales de 35 parámetros. Las fuentes emisoras podrán aprovechar la capacidad de dilución del cuerpo receptor, incrementando las concentraciones límites establecidas en la Tabla N° 1, de acuerdo a una fórmula. Si valor obtenido es superior a lo establecido en la Tabla N° 2, entonces el límite máximo permitido para el contaminante será lo indicado en dicha tabla.

El punto 3 del artículo N° 4, a través de la tabla N° 3 fija los límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres de 32 parámetros. Esto se aplica a descargas de residuos líquidos que se viertan en forma directa sobre cuerpos de agua lacustres naturales (lagos, lagunas) como aquéllos que se viertan a cuerpos fluviales que sean afluentes de un cuerpo de agua lacustre. Las descargas a cuerpos lacustres de naturaleza artificial deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla N° 1.

El punto 4 del artículo N° 4 señala los límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos. Estas se dividen en de acuerdo al lugar de descargas, dentro o fuera de la zona de protección litoral. Las descargas de residuos líquidos, que se efectúen al interior de la zona de protección litoral, deberán cumplir con los valores contenidos en la Tabla N° 4, 32 parámetros. Si descargan fuera, deben cumplir con la tabla N° 5, 25 parámetros.

El artículo N° 5 señala el programa y plazos de cumplimiento de la norma. El artículo N° 6 señala los procedimientos de medición y control. Se especifica que deben cumplirse con los procedimientos para el monitoreo señalados en las Normas Chilenas. La determinación de los contaminantes incluidos en esta norma se debe efectuar de acuerdo a los métodos establecidos en las normas chilenas oficializadas, teniendo en cuenta que los resultados deberán referirse a valores totales en los contaminantes que corresponda. También se señala la metodología de análisis para la determinación de calidad de aguas tratadas con presencia de microalgas.

El artículo N° 7 señala que la fiscalización le corresponderá a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante y a los Servicios de Salud, según corresponda.

El artículo N° 8 señala que entrará en vigencia 180 días después de su publicación en el Diario Oficial.

### 1.1.2. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción

- Ley General de Pesca y Acuicultura, Ley N° 18.892/89
- Reglamento internación especies primera importación, D.S. N° 730/96
- Reglamento importación especies hidrobiológicas, D.S. N° 96/96
- Reglamento para realizar actividades pesqueras, D.S. N° 175/80
- Reglamento sobre limitaciones a las áreas de concesiones o autorizaciones de acuicultura, D.S. N° 550/92
- Reglamento de concesiones y autorizaciones de acuicultura, D.S. N° 290/93
- Requisitos que deben cumplir las solicitudes sobre pesca de investigación, D.S. N° 461/95
- Procedimiento de solicitud y autorización para capturar aves marinas, Res. Ex. N° 487/93
- Establece veda extractiva de aves, reptiles y mamíferos marinos, D.S. N° 225/95
- Establece veda extractiva para el recurso lobo marino común, D.S. Ex. N° 366/99
- Reglamento de medidas de protección del medio ambiente para las actividades de acuicultura. Versión final de Diciembre de 2001.

### Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA)

De acuerdo al artículo N° 1 la actividad de acuicultura se rige por esta la Ley y los Reglamentos que se dicten para su aplicación. La LGPA, corresponde a la Ley N° 18.892/89, cuyo texto fue refundido, coordinado y sistematizado por el D.S. N° 430/92. Desde su promulgación, esta Ley a sufrido diversas modificaciones (Apéndice 2-1)

El artículo N° 2 define distintos términos utilizados en la Ley, de los cuales se rescatan los que tiene relación con el presente estudio:

- *Acuicultura*: actividad que tiene por objeto la producción de recursos hidrobiológicos organizada por el hombre.
- *Aguas interiores*: son aquellas aguas situadas al interior de la línea de base del mar territorial.
- *Autorización de acuicultura*: es el acto administrativo mediante el cual la Subsecretaría de Pesca faculta a una persona para realizar actividades de acuicultura por tiempo indefinido, en aquellas áreas que corresponden al ámbito de competencia de la Dirección General de Aguas. Estas autorizaciones otorgan a sus titulares el derecho de aprovechamiento de las aguas concedidas. Los derechos del acuicultor serán transferibles y en general susceptibles de negocio jurídico. Cuando éste signifique un cambio en la titularidad de la autorización, deberá ser aprobado por la autoridad que lo otorgó. Esta clase de autorizaciones sólo estarán afectas al pago de patente anual cuando se trate de porciones en cuerpos de agua.
- *Concesión de acuicultura*: es el acto administrativo mediante el cual el Ministerio de Defensa Nacional otorga a una persona los derechos de uso y goce, por tiempo indefinido sobre determinados bienes nacionales, para que ésta realice en ellos actividades de acuicultura. Los derechos del concesionario serán transferibles y en general susceptibles de negocio jurídico. Cuando esto signifique una cesión, traspaso o arriendo de la concesión, deberá ser aprobado por la autoridad concedente.

- *Cultivo abierto*: actividad de acuicultura en la cual la producción de recursos hidrobiológicos se realiza aprovechando el ciclo biológico de especies, como las anádromas y catadromas. que permite que una o más de las fases del cultivo se realice en áreas no confinadas.
- *Especies anádromas*: son aquellas especies hidrobiológicas cuyo ciclo de vida se inicia en aguas terrestres para posteriormente migrar al mar, lugar donde crecen y se desarrollan hasta que alcanzan su madurez sexual, etapa en que vuelven a sus cursos de origen completando su ciclo con el proceso reproductivo, y en algunos casos luego de ocurrido éste, mueren.
- *Especies catádromas*: son aquellas especies hidrobiológicas cuyo ciclo de vida se inicia en el mar, lugar desde donde migran a cursos de agua dulce, en donde crecen y se desarrollan hasta volver a las aguas de origen cuando han alcanzado su madurez sexual, donde completan el proceso reproductivo.
- *Fondo de mar, río o lago*: extensión del suelo que se inicia a partir de la línea de más baja marea aguas adentro en el mar, y desde la línea de aguas mínimas en sus bajas normales aguas adentro en ríos o lagos.
- *Línea de base normal*: línea de bajamar de la costa del territorio continental e insular de la República. En los lugares en que la costa tenga profundas aberturas y escotaduras, o en los que haya una franja de islas a lo largo de la costa situada en su proximidad inmediata, podrá adoptarse, de conformidad al Derecho Internacional, como método para trazar la línea de base desde la que ha de medirse el mar territorial, el de líneas de base rectas que unan los puntos apropiados.
- *Porción de agua*: espacio de mar, río o lago, destinado a mantener cualquier elemento flotante estable.
- *Propagación*: acción que tiene por objeto introducir artificialmente una o más especies hidrobiológicas en aguas terrestres, aguas interiores, mar territorial o zona económica exclusiva de la República.
- *Registro Nacional de Acuicultura*: nómina nacional de titulares de concesiones y autorizaciones de acuicultura habilitados para efectuar actividades de cultivo, que llevará el Servicio Nacional de Pesca.

El Párrafo 3° del Título II denominado "de la administración de las pesquerías", señala los procedimientos para realizar importación de especies hidrobiológicas. Para tales efectos el Ministerio de Economía debe emitir reglamentos y procedimientos específicos, tanto para la primera importación como para la importación de especies que se encuentre en la nómina de especies autorizadas para ser importadas que se publica anualmente en el Diario Oficial, la nómina de especies actualmente autorizadas para ser importadas fue promulgada a través de la Res. Ex. N° 2.089 publicada en el D.O. del 30 de septiembre de 2000. Estos Reglamentos fueron emitidos a través de los D.S. N° 730/96 y D.S. N° 96/96, respectivamente.

El Título VI "de la acuicultura", señala los procedimientos para desarrollar esta actividad. Los lugares donde se puede desarrollar la acuicultura están definidos en el artículo N° 67. En el siguiente cuadro se indica el tipo de permiso y la autoridad que lo concede:



| Clases                  | Terrenos fiscales, cursos y cuerpos de aguas navegables por embarcaciones de más de 100 TRG | Cursos de agua no navegables por embarcaciones de más de 100 TGR. Sólo sobre la extensión en que estén afectados por las mareas | Terrenos fiscales, cursos y cuerpos de aguas no navegables por embarcaciones de más de 100 TRG | Cuerpos y cursos de agua que nacen, corren y mueren en una misma heredad |
|-------------------------|---|---|--|--|
| Playa                   | Concesión de acuicultura. Ministerio de Defensa Nacional                                    | Concesión de acuicultura. Ministerio de Defensa Nacional  | Autorización de acuicultura. Subsecretaría de Pesca  | Sólo inscripción en el Registro Nacional de Acuicultura                  |
| Terrenos de playa       | Concesión de acuicultura. Ministerio de Defensa Nacional                                    | Concesión de acuicultura. Ministerio de Defensa Nacional  | Autorización de acuicultura. Subsecretaría de Pesca  | Sólo inscripción en el Registro Nacional de Acuicultura                  |
| Porción de agua y fondo | Concesión de acuicultura. Ministerio de Defensa Nacional                                    | Concesión de acuicultura. Ministerio de Defensa Nacional  | Autorización de acuicultura. Subsecretaría de Pesca  | Sólo inscripción en el Registro Nacional de Acuicultura                  |
| Porción de rocas        | Concesión de acuicultura. Ministerio de Defensa Nacional                                    | Concesión de acuicultura. Ministerio de Defensa Nacional  | Autorización de acuicultura. Subsecretaría de Pesca  | Sólo inscripción en el Registro Nacional de Acuicultura                  |

Para poder entregar una concesión, el lugar solicitado debe estar ubicado dentro de las áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura (AAA), las cuales son propuestas por la Subsecretaría de Pesca, con la debida consulta a los organismos encargados de los usos alternativos de esos terrenos o aguas. Luego deben ser ratificadas por la Subsecretaría de Marina (Submarina) a través de un decreto supremo que fija las AAA. En el Apéndice 2-2 se indican las AAA fijadas por la Submarina y las propuestas por la Subpesca para la zona en estudio. Están excluidas aquellas áreas en que existan bancos naturales de recursos hidrobiológicos incluidas las praderas naturales de algas.

De acuerdo al artículo N° 69, las concesiones o autorizaciones de acuicultura se otorgan para el cultivo de una especie o grupo de especies hidrobiológicas específicas, indicadas en la resolución o autorización. Previo al inicio de actividades, el titular debe inscribirse en el Registro Nacional de Acuicultura.

De acuerdo al artículo N° 74, la mantención de la limpieza y del equilibrio ecológico de la zona concedida, cuya alteración tenga como causa la actividad acuícola será de responsabilidad del concesionario, de conformidad con los reglamentos que se dicten.

De acuerdo al artículo N° 86, el Ministerio de Economía, debe dictar un Reglamento que establecerá las medidas de protección y control para evitar la introducción de enfermedades de alto riesgo y especies que constituyan plagas, aislar su presencia en caso de que éstas ocurran, evitar su propagación y propender a su erradicación. A la fecha este Reglamento no ha sido promulgado, por el momento se continúa utilizando el D.S. N° 162/85 "Reglamento sobre control de enfermedades de peces de la familia Salmonidae y otras especies hidrobiológicas".

De acuerdo al artículo N° 87, el Ministerio de Economía debe reglamentar las medidas de protección del medio ambiente para que los establecimientos que exploten concesiones o autorizaciones de acuicultura operen en niveles compatibles con las capacidades de los cuerpos de agua lacustres, fluviales y marítimos. A la fecha este Reglamento no ha sido promulgado, se puede señalar que esta consultora, a solicitud de la Subpesca, participó en 1993 en su formulación. De acuerdo a informaciones entregadas por la mencionada Subsecretaría, actualmente se estaría reestudiando el Reglamento elaborado en la década pasada y estaría próximo a publicarse. Por el momento se utiliza el D.S. N° 427/89, que no es un reglamento en sí, si no es una modificación al D.S. 175/80 "Reglamento para realizar actividades pesqueras".

De acuerdo al artículo N° 88, con el fin de lograr un adecuado aprovechamiento de las porciones de agua y fondo, el Ministerio de Economía podrá limitar las áreas de las concesiones o autorizaciones, considerando las dimensiones y naturaleza de los elementos que se utilicen en los cultivos de recursos hidrobiológicos, los cultivos específicos de estos recursos hidrobiológicos y las aguas utilizadas. Este Reglamento fue promulgado mediante el D.S. N° 550/92 "Reglamento sobre limitaciones a las áreas de concesiones o autorizaciones de acuicultura" y complementado por el D.S. N° 290/93 "Reglamento de concesiones y autorizaciones de acuicultura".

El artículo N° 90 señala que los establecimientos de cultivos en áreas de propiedad privada, que no requieran de concesión de parte del Ministerio de Defensa Nacional o autorización de la Subsecretaría, estarán obligados a dar cumplimiento a todas las disposiciones reglamentarias que al efecto se dicten.

De acuerdo al artículo N° 118, en el caso de que el titular de una concesión o autorización de acuicultura no adoptare las medidas de protección dispuestas en los artículos 86 u 87, será sancionado con una multa de 50 a 3.000 unidades tributarias mensuales (UTM). Si la infracción se refiere al incumplimiento de las medidas de protección dispuestas en los artículos 88 ó 90, la sanción será una multa de 3 a 300 UTM. En caso de reincidencia, el juez podrá aplicar las sanciones establecidas precedentemente, multiplicadas por tres o por cuatro. En caso de actuar con dolo, se sancionará de acuerdo a lo establecido en el artículo 136 del Título X. El gerente o administrador del establecimiento de acuicultura será sancionado personalmente con una multa de 3 a 150 UTM.

De acuerdo al artículo N° 122, la fiscalización del cumplimiento de las disposiciones de la LGPA, será ejercida por funcionarios del Servicio Nacional de Pesca y personal de la Armada y de Carabineros, según corresponda, a la jurisdicción de cada una de estas instituciones.

De acuerdo al artículo N° 135, el que capturare o extrajere recursos hidrobiológicos utilizando elementos explosivos, tóxicos u otros cuya naturaleza provoque daño a esos recursos o a su medio, será sancionado con multa de 50 a 300 UTM, y con la pena de presidio menor en su grado mínimo.

De acuerdo al artículo N° 136, el que introdujere o mandare introducir en el mar, ríos, lagos o cualquier otro cuerpo de agua, agentes contaminantes químicos, biológicos o físicos que causen daño a los recursos hidrobiológicos, sin que previamente hayan sido neutralizados para evitar tales daños, será sancionado con multa de 50 a 3.000 UTM. Si procediere con dolo, además de la multa, la pena a aplicar será la de presidio menor en su grado mínimo. Si el reo ejecuta medidas destinadas a reparar el daño causado y con ello se recupera el medio ambiente, el tribunal rebajará la multa hasta en un cincuenta por ciento, sin perjuicio de las indemnizaciones que corresponda.

De acuerdo al artículo N° 137, el que internare especies hidrobiológicas sin obtener la autorización previa a que se refiere el párrafo 3° del Título II de la presente Ley, será sancionado con multa de 3 a 300 UTM, y con la pena de prisión en su grado máximo. Si además la especie internada causare daño a otras existentes, o al medio ambiente, se aplicará la pena aumentada en un grado.

Según el artículo N° 158, las zonas lacustres, fluviales y marítimas que integren el Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas por el Estado en conformidad con la Ley N° 18.362, quedarán excluidas de toda actividad pesquera extractiva y de acuicultura. Cabe mencionar que esta Ley aún no entra en vigencia, por lo tanto esta restricción no es aplicable.

### **Reglamento de internación de especies de primera importación**

El D.S. N° 730 fue publicado en el D.O. del 28 de noviembre de 1996, denominado "Reglamento de internación de especies de primera importación". El artículo N° 1 define los siguientes conceptos relacionados con tema tratado en este trabajo:

- *Agua tratada*: agua a la que se ha aplicado procedimientos físicos, químicos o biológicos, en términos tales que no resulte nociva para el ecosistema en que se restituye.
- *Circuito abierto*: sistema de mantención de especies hidrobiológicas en ambiente natural, o cuyos efluentes son evacuados directamente a éste.
- *Circuito controlado*: sistema de mantención de especies hidrobiológicas que permite su aislamiento del ambiente acuático natural, impide el acceso y escape de individuos en cualquier fase de su desarrollo y cuyos efluentes son debidamente tratados antes de ser evacuados.
- *Zona zoogeográfica continental*: área geográfica del país que de acuerdo a características de los cuerpos de agua continentales determinan la distribución de organismos acuáticos.
- *Zona zoogeográfica marítima*: área geográfica del país que de acuerdo a las características de sus masas de agua determinan la distribución de organismos acuáticos.

El artículo N° 2 define las zonas zoogeográficas continentales:

- a) Desde el límite norte del territorio nacional a latitud 36°47'00" S.
- b) Desde la latitud 36°47'00" S. a latitud 41°50'00" S.
- c) Desde la latitud 41°50'00" S, al límite sur de la X Región.
- d) El área comprendida por la XI Región.
- e) Desde el límite norte de la XII Región al sur.

De estas zonas, los literales b) a e) están dentro la zona de estudio.

El artículo N° 3 define las zonas zoogeográficas marítimas:

- a) Desde el límite norte del territorio nacional a latitud 26°00'00" S.
- b) Desde la latitud 26°00'00" S. a latitud 34°00'00" S.
- c) Desde la latitud 34°00'00" S. a latitud 41°50'00" S.
- d) Desde la latitud 41°50'00" S. a latitud 43°44'17" S.
- e) Desde la latitud 43°44'17" S. a latitud 48°49'25" S.
- f) Desde la latitud 48°49'25" S. a latitud 54°30'00" S.
- g) Desde la latitud 54°30'00" S. al Sur.
- h) Chile insular oceánico.

De estas zonas, los literales c) a g) están en la zona de estudio.

Para realizar la primera importación se debe presentar una serie de antecedentes sobre la especie, el lugar de procedencia y el lugar donde se recibirán en Chile. En todo caso los organismos importados (ovas, alevines, juveniles, adultos, reproductores, etc) deben ingresar a una Unidad de Aislamiento aprobada por el Sernapesca. La SUBPESCA puede solicitar un estudio sanitario que incluya efectos de impacto ambiental. El estudio sanitario, de una duración no superior a un año, deberá incluir efectos de impacto ambiental, destinado a verificar la presencia de signos de enfermedades, o la ocurrencia de deterioro del ecosistema y la evaluación de ellos, para lo cual podrá autorizar la internación limitada de la especie. Este plazo podrá ampliarse por una sola vez, hasta por un año.

El estudio sanitario deberá considerar los siguientes aspectos:

1. Descripción del hábitat en donde se realiza el estudio en términos bióticos y abióticos.
2. Identificación de los efectos directos e indirectos de la especie sobre las especies acuáticas silvestres y en cultivo, existentes en la zona zoogeográfica que corresponda.
3. Caracterización de cada uno de los efectos sobre el ecosistema acuático, de modo de determinar:
  - a) Probabilidad de su ocurrencia y estimación cuantitativa y/o cualitativa, de su impacto debidamente fundamentadas.
  - b) Tolerancia ambiental a la ocurrencia y duración de los impactos.
  - c) Área de posible influencia.
  - d) Grado de reversibilidad de los efectos y estimación del tiempo requerido para ello.
4. Especificar la metodología y el cronograma de actividades del estudio, incluyendo la cantidad y uso de ejemplares provenientes de la internación limitada de la especie.
5. Proponer un sistema de monitoreo preventivo de las variables de riesgo sanitario y ecológico.
6. Características técnicas de la Unidad de Aislamiento, la que deberá estar a cargo de un profesional que cumpla con los requisitos del artículo 13°.

El estudio deberá considerar además una metodología que involucre observaciones de campo y actividades experimentales estadísticamente significativas, que permitan definir los siguientes aspectos:

- a. Distribución espacial de los gametos, embriones, larvas u otros, según corresponda.
- b. Patrones de comportamiento y estado sanitario en su nuevo hábitat.
- c. Probabilidad del éxito reproductivo y viabilidad de la fecundación: en caso que las especies dependan del sustrato, además, se deberá indicar la probabilidad de éxito del asentamiento larval y fijación a éste, como la permanencia y desarrollo de los nuevos individuos asentados.

Los informes relativos a la Unidad de Aislamiento, cuando corresponda, deberán contemplar mediciones y análisis de las características físicas, químicas y biológicas de los afluentes y efluentes, a intervalos regulares conforme lo indique la respectiva resolución.

#### **Reglamento de procedimiento para la importación de especies hidrobiológicas**

El D.S. N° 96 fue publicado en el D.O. del 26 de febrero de 1996, denominado "Reglamento de procedimiento para la importación de especies hidrobiológicas". Este Reglamento no tiene aspectos ambientales, sólo sanitarios.

#### **Reglamento para realizar actividades pesqueras**

El D.S. N° 175 fue publicado en el D.O. el: 20 de mayo de 1980, denominado "Reglamento para realizar actividades pesqueras", el cual ha sufrido diversas modificaciones, siendo la última de ellas la introducida por el D.S. N° 427/90.

El artículo N° 1 del D.S. 175/80 define los siguientes términos relacionados con el presente estudio:

- *Actividad de acuicultura*: es aquella parte de la actividad pesquera destinada al cultivo controlado de recursos hidrobiológicos.
- *Establecimientos de cultivo*: es todo lugar o instalación en la que con procedimientos técnicos se realizan actividades de reproducción o crianza de recursos hidrobiológicos.
- *Vivero*: es el lugar o instalación destinado a la mantención temporal de recursos hidrobiológicos, que han alcanzado el tamaño mínimo reglamentario, para su posterior comercialización. Los viveros sólo podrán instalarse en superficies de fondos de mar comprendidas entre el límite de la más alta marea y hasta 10 metros bajo la línea de la más baja marea. Los viveros flotantes sólo podrán instalarse en lugares que no interfieren la navegación o el desarrollo de cultivos.
- *Semilla*: término utilizado para denominar en las especies de invertebrados, a los individuos en su fase de post-larva y que han adquirido las características morfológicas del adulto.
- *Reproductor*: organismo adulto que aporta los gametos para la obtención de nuevos individuos.
- *Alevín*: denominación dada en los peces, al periodo comprendido desde la eclosión hasta después de transcurridos los estados larvales y en el cual el individuo presenta las características de adulto.

El artículo N° 12 que se refiere a la actividad de acuicultura, fue modificado por el D.S. N° 427/90. Para realizar actividades de cultivo de **salmónidos**, además de los requisitos de identificación establecidos en el artículo N° 3, los interesados deberán cumplir las exigencias que a continuación se indican:

1. Para iniciar actividades de acuicultura los interesados deberán presentar en sus solicitudes una proyección de la producción anual por especies.
2. Las solicitudes de concesiones marítimas destinadas a cultivos de salmónidos en **cuerpos de aguas marinas y lacustres** deberán observar en sus proyectos una distancia mínima de separación entre cada área destinada a cultivo de 1,5 millas náuticas, la que se medirá trazando una línea recta imaginaria entre los límites externos más próximos de cada área.

No estarán afectos al requisito de distancia las áreas de cultivo en que el trazado de la línea recta imaginaria de unión se vea interrumpida por accidentes geográficos naturales, tales como islas, istmos, puntas u otras similares. Sin embargo, en éstos casos se deben observar las características de cada lugar, prohibiendo la instalación de cultivos en áreas con profundidades inferiores a 25 metros y corrientes que presenten valores inferiores a 2,5 cm/seg.

3. Las solicitudes de concesiones marítimas destinadas a cultivos de salmónidos en **cuerpos lacustres** se autorizarán hasta alcanzar en cada cuerpo un nivel de producción conjunta máxima, expresado en toneladas, equivalente a dividir por 35 la extensión total del lago, medida en Há (hectáreas). Las solicitudes deberán observar las siguientes condiciones técnicas:
  - a) Una distancia de separación mínima de 1.500 metros de las riberas de lagos constituidas por playas, muelles, atracaderos, rampas u otras instalaciones dedicadas a la operación de embarcaciones deportivas o de turismo.
  - b) Una velocidad de circulación del agua superior a 1,0 cm/seg.
  - c) Las unidades productivas (balsas-jaula) deberán mantener una distancia mínima de 5 metros entre el sustrato y el fondo de la balsa-jaula.
  - d) Los ejemplares en cultivo no podrán superar los tamaños alcanzados al término del proceso de esmoltificación. Se exceptúan de esta prohibición, las especies de truchas arcoiris (**Oncorhynchus**

- mykiss*) y café (*Salmo trutta fario*) los que podrán alcanzar tamaños de hasta 300 g (trucha porción).
- e) Los fondos sobre los cuales se ubiquen las unidades productivas deberán poseer una pendiente mínima de un 2%.
  - f) Las unidades de cultivo deberán contar, en un plazo máximo de dos años, con un sistema de remoción de desechos orgánicos diseñado para la descontaminación de al menos 85% de los sólidos en suspensión producidos, siempre que el nivel de fósforo total sea superior a 9 (g/L (microgramos por litro), como promedio anual.
4. Las solicitudes para operar establecimientos de cultivo de salmónidos en aguas fluviales, se autorizarán hasta alcanzar en cada sistema fluvial una producción conjunta máxima, expresada en toneladas, equivalente a dividir por 25 el caudal mínimo, medido en L/seg (litros por segundo), en época de estiaje, los caudales se calcularán sobre la base de un promedio de caudales mínimos para un periodo de 15 años, preferentemente. Las solicitudes deberán observar las siguientes condiciones técnicas:
- a) Una distancia mínima de separación entre ellos de 3 kilómetros la que se medirá siguiendo el eje principal del río, desde los lugares de descarga de las aguas efluentes de un establecimiento y hasta las áreas de captación del establecimiento más cercano ubicado aguas arriba y abajo.
  - b) Cada establecimiento ubicado en cursos fluviales deberá contar con un sistema de decantación para las aguas efluentes, diseñado para la decantación de al menos un 85% de los sólidos en suspensión producidos por el establecimiento de cultivo. Además se deberá utilizar, en las mismas aguas efluentes, sustancias naturales tampones que neutralicen el amonio y se recuperen los niveles de pH y oxígeno originales.

De acuerdo al artículo N° 17°, las personas interesadas en instalar viveros deberán previamente solicitar la inscripción correspondiente en el registro que para estos efectos mantendrá el Servicio Nacional de Pesca. La solicitud de inscripción deberá indicar, además, de las especificaciones establecidas en el artículo 3° del presente Reglamento, los recursos hidrobiológicos que se mantendrán en el vivero. Para determinar la procedencia de la inscripción, el Servicio Nacional de Pesca deberá pronunciarse técnicamente sobre la solicitud respectiva.

De acuerdo al artículo N° 18°, el Servicio Nacional de Pesca mantendrá un control estadístico de la producción de los establecimientos de cultivos.

#### Reglamento sobre limitaciones a las áreas de concesiones o autorizaciones de acuicultura

El D.S. N° 550 fue publicado en el D.O. del 11 de marzo de 1993, denominado "Reglamento sobre limitaciones a las áreas de concesiones o autorizaciones de acuicultura". De acuerdo al artículo N° 1, las autorizaciones y concesiones de acuicultura de cultivos de especies salmónidas ejecutados en sistema de balsas-jaula deberán tener una relación máxima entre la superficie útil de ese sistema de cultivo y la extensión de superficie de agua y fondo a conceder de 1:20; esto es, de multiplicar los metros cuadrados de superficie útil de las balsas-jaula por un factor de 20.

El artículo N° 2 señala que las autorizaciones y concesiones de acuicultura de cultivos de moluscos suspendidos en sistema de balsas, deberán tener una relación máxima entre la superficie útil de ese

sistema de cultivo y la extensión de superficie de agua y fondo a conceder de 1:15; esto es, de multiplicar los metros cuadrados de superficie útil de las balsas por un factor de 15.

El artículo N° 3 señala que las autorizaciones y concesiones de acuicultura de cultivos de moluscos suspendidos en líneas, deberán tener una relación máxima entre la longitud de la línea madre y la extensión de superficie de agua y fondo a conceder de 1:50; es decir, de multiplicar los metros lineales de línea madre por un factor de 50.

En el caso de las autorizaciones y concesiones de acuicultura de cultivo de moluscos en un sistema de parrón o bandeja, el artículo N° 4 señala que deberán tener una relación máxima entre la superficie de los sistemas de cultivo y la extensión de superficie de agua y fondo a conceder de 1:4; es decir, de multiplicar cada metro cuadrado de superficie de estructura por un factor de 4. Finalmente, el artículo N° 5 señala que las concesiones de acuicultura de cultivos de algas deberán tener una tasa de siembra mínima de 0,5 kg/m<sup>2</sup>.

#### Reglamento de concesiones y autorizaciones de acuicultura

El D.S. N° 290 fue publicado en el D.O. del 26 de julio de 1993, denominado "Reglamento de concesiones y autorizaciones de acuicultura". El artículo N° 1 define algunos términos que son de utilidad:

- Línea de las más altas mareas: aquella que de acuerdo con el artículo 594 del Código Civil, señala el deslinde superior de la playa hasta donde llegan las olas en las más altas mareas y que, por lo tanto, sobrepasa tierra adentro a la línea de la pleamar máxima. Para la determinación de la línea de más alta marea la Subsecretaría de Marina, si lo estima necesario, podrá solicitar un informe técnico al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.
- Playa de mar: la extensión de tierra que las olas bañan y desocupan alternativamente hasta donde llegan en las más altas mareas.
- Playa de río o lago: la extensión del suelo que bañan las aguas en sus crecidas normales hasta la línea de las aguas máximas.
- Líneas de las aguas máximas en ríos y lagos: es el nivel hasta donde llegan las aguas en los ríos o lagos, desde el lecho o cauce adentro, en sus crecientes normales de invierno y verano.
- *Ribera*: la línea divisoria entre el cauce o lecho de un río o lago, hasta donde llegan las aguas máximas, y los terrenos colindantes.
- *Terreno de playa*: la franja de terreno de propiedad del Fisco de hasta 80 metros de ancho, medida desde la línea de más alta mareas de la costa del litoral y desde la ribera en los ríos o lagos. Para los efectos de determinar la medida señalada, no se considerarán los rellenos artificiales hechos sobre la playa o fondos de mar, río o lago. No perderá su condición de terreno de playa el sector que queda separado por la construcción de caminos, calles, plazas, etc.

Los terrenos de propiedad particular que, según sus títulos deslinden con la línea de más alta marea de la costa del litoral o de la ribera en los ríos o lagos, no son terrenos de playa. En aquellos títulos de dominio particular que señalan como deslinde el mar, el Océano Pacífico, la marina, la playa, el puerto, la bahía, el río, el lago, la ribera, la costa, etc., debe entenderse que este deslinde se refiere a la línea de más alta marea.

El artículo N° 21° bis señala la denominación de especies por grupos:

a) Salmónidos:

|                        |                                 |
|------------------------|---------------------------------|
| Salmón del atlántico   | <i>Salmo salar</i>              |
| Salmón plateado o coho | <i>Oncorhynchus kisutch</i>     |
| Salmón rey             | <i>Oncorhynchus tshawytscha</i> |
| Salmón cereza          | <i>Oncorhynchus masou</i>       |
| Salmón keta            | <i>Oncorhynchus keta</i>        |
| Salmón rosado          | <i>Oncorhynchus gorbuscha</i>   |
| Trucha arcoiris        | <i>Oncorhynchus mykiss</i>      |
| Trucha café            | <i>Salmo trutta</i>             |
| Trucha de arroyo       | <i>Salvelinus fontinalis</i>    |
| Trucha de la montaña   | <i>Salvelinus leucomaenis</i>   |

b) Mitilidos:

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| Cholga  | <i>Aulacomya ater</i>      |
| Chorito | <i>Mytilus chilensis</i>   |
| Choro   | <i>Choromytilus chorus</i> |

c) Pectínidos:

|                  |                              |
|------------------|------------------------------|
| Ostión del Norte | <i>Argopecten purpuratus</i> |
| Ostión del Sur   | <i>Chlamys patagonica</i>    |

d) Ostreídeos:

|                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| Ostra chilena      | <i>Ostrea chilensis</i>  |
| Ostra del Pacífico | <i>Crassostrea gigas</i> |

De acuerdo al artículo N° 46, los agentes que no requieren de concesión ni autorización de acuicultura, previamente a la inscripción en el Registro Nacional de Acuicultura, deberán presentar, para su aprobación por resolución del Servicio Nacional de Pesca, un proyecto técnico con el objeto de verificar que da cumplimiento a las normas de protección ambiental y de control de enfermedades de las especies hidrobiológicas.

De acuerdo al artículo N° 47, las Autoridades Marítimas y las oficinas del Servicio tendrán la obligación de: llevar y mantener al día un Registro de todas las concesiones o autorizaciones de acuicultura otorgadas dentro de su jurisdicción, llevar y mantener al día una carpeta archivo individual de cada concesión o autorización de acuicultura, que contenga los planos y las resoluciones de concesión o autorización, sus modificaciones, transferencias o arriendos, mantener al día un plano general de ubicación de las concesiones y autorizaciones otorgadas dentro de su jurisdicción.

### Requisitos que deben cumplir las solicitudes sobre pesca de investigación

El D.S. N° 461 fue publicado en el D.O. el 3 de noviembre de 1995 y establece los requisitos que deben cumplir las solicitudes sobre pesca de investigación. La pesca de investigación esta definida en el artículo N° 2 numeral 30) de la LGPA: "actividad pesquera extractiva que tiene por objeto la realización de los siguientes tipos de pesca sin fines comerciales: pesca exploratoria, pesca de prospección y pesca experimental". La misma LGPA en su Párrafo 3° del Título VII (artículos 98 al 102) señala cuando se debe



solicitar pesca de investigación, al saber, cuando las especies están sujetas al régimen general de acceso o cuando tengan algún grado de regulación, es decir, régimen de explotación, en recuperación o de desarrollo incipiente. Pero desde el 1999, la autoridad pesquera (Subpesca y Sernapesca) están requiriendo que se solicite la mencionada autorización para poder realizar los estudios de línea base y monitoreos de los proyectos que ingresan al SEIA y en general a cualquier muestreo de organismos biológicos acuáticos, por esta razón se incluyó dentro de las normas que debe cumplir la actividad de acuicultura.

### **Procedimientos de solicitud y autorización para capturar aves marinas**

La Resolución Exenta N° 487 del Sernapesca fue publicada en el D.O. el 14 de julio de 1993 y establece los procedimientos de solicitud y autorización para capturar aves marinas. Esta norma se aplica indirectamente a la actividad de acuicultura, porque su objetivo es realizar capturas con fines de investigación. Por su lado en los centros de cultivos, se producen capturas incidentales de aves marinas en los artes de cultivo, redes, mallas, long-lines, etc, cuando las aves se acercan a comer los piensos que flotan en el agua o directamente los organismos en cultivo, peces, moluscos, etc.

### **Veda extractiva**

El D.S. Ex. N° 225 fue publicado en el D.O. el 11 de noviembre de 1995 y establece una veda extractiva por 30 años para mamíferos, ave y reptiles marinos. Esto quiere decir que no se pueden cazar ni capturar estas especies hasta el año 2025, esta norma afecta a la actividad de acuicultura porque en sus artes de cultivos quedan atrapados distintos organismos que actualmente se encuentra protegidos, lo que constituye un delito y debe tratar de evitarse. Esta norma esta íntimamente ligada con el D.S. Ex. N° 366 publicado en el D.O. el 29 de septiembre de 1999, que establece una veda extractiva por 5 años del lobo marino común, principal especie que se ve afectada por lo señalado anteriormente.

### **Reglamento de medidas de protección del medio ambiente para las actividades de acuicultura**

Se analiza la versión final del anteproyecto de reglamento (de aquí en adelante, RAMA), aprobado por el Consejo Nacional de Pesca en Julio y por la Contraloría General de la República el 6 de Diciembre de 2001.

El artículo N°1 señala que estas disposiciones se aplicarán a todo tipo de actividad de acuicultura, ya sea que ésta se someta al régimen de concesiones de acuicultura, de autorizaciones o requiera simplemente de su inscripción en el registro nacional de acuicultura, en los términos previstos en el artículo 67 de la Ley General de Pesca y Acuicultura. Asimismo, todo aquel que realice actividades de acuicultura quedará sujeto al cumplimiento de las medidas de protección ambiental, que de forma general o particular, se establezcan para un área geográfica, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 87 de dicha Ley, sin perjuicio de lo dispuesto en otros cuerpos legales o reglamentarios.

El Artículo 2 señala que para los efectos de este Reglamento, se entenderá por:

a) Accidente geográfico: Todas aquellas masas terrestres que toman contacto con el agua bajo la forma de punta, cabo, península, istmo, isla o grupo de islas.

- b) Acuicultura: actividad que tiene por objeto la producción de recursos hidrobiológicos organizada por el hombre.
- c) Anti-incrustante: sustancia o agente destinado a evitar que organismos acuáticos se fijen a las estructuras artificiales utilizadas en la acuicultura.
- d) Área de sedimentación: fondo o zona directamente bajo los módulos de cultivo.
- e) Caracterización preliminar de sitio (CPS): determinación de los parámetros y variables físicas, biológicas y químicas del área en que se pretende desarrollar acuicultura.
- f) Centro de cultivo o centro: lugar e infraestructura donde se realizan actividades de acuicultura.
- g) Condiciones aeróbicas: condición que indica la presencia de oxígeno disuelto en el agua intersticial de los primeros 3 cm del sedimento.
- h) Condiciones anaeróbicas: condición que indica la ausencia de oxígeno disuelto en el agua intersticial de los primeros 3 cm del sedimento.
- i) Cuerpos de agua terrestres: aguas terrestres superficiales en los términos del artículo 2 del Código de Aguas, ya sean naturales o artificiales.
- j) Digestibilidad: es el porcentaje de asimilación que tiene un alimento en el tracto digestivo de un organismo.
- k) Efluente: toda descarga de aguas residuales provenientes de centros u otras instalaciones ubicadas en tierra.
- l) Ley: Ley N° 18.892 General de Pesca y Acuicultura y sus modificaciones.
- m) Módulo de cultivo o módulo: balsa individual, grupo de balsas unidas, líneas de cultivo o cualquier tipo de estructura utilizada para el confinamiento de los recursos hidrobiológicos.
- n) Organismos vivos modificados: cualquier organismo vivo que posea una combinación nueva de material genético que se haya obtenido mediante la aplicación de la biotecnología.
- o) Plan de contingencia: conjunto de medidas previstas para evitar o mitigar el daño al ambiente, derivado de la ocurrencia voluntaria o involuntaria de circunstancias extraordinarias al normal funcionamiento de un centro de cultivo.
- p) Información ambiental: antecedentes del estado ambiental del centro de cultivo en un momento determinado, basados en la medición de las condiciones del agua, del área de sedimentación y del área circundante a la misma.
- q) Servicio: Servicio Nacional de Pesca.
- r) Sistema de producción extensivo: cultivo de recursos hidrobiológicos cuya alimentación durante la etapa de engorda se realiza en forma natural o con una escasa intervención antrópica.
- s) Sistema de producción intensivo: cultivo de recursos hidrobiológicos cuya alimentación en etapa de engorda se basa principalmente en dietas suministradas antrópicamente y/o en la fertilización de las aguas en que se realiza.
- t) Subsecretaría: Subsecretaría de Pesca.

El Artículo 3º establece que para los efectos del presente Reglamento, constituyen instrumentos para la conservación y evaluación de las capacidades de los cuerpos de agua, los requisitos de operación previstos en las normas generales y especiales del mismo, así como la Caracterización Preliminar de Sitio y la información ambiental en los casos en que resulten procedentes. Asimismo, para los efectos del presente reglamento, se entenderá que se supera la capacidad de un cuerpo de agua cuando el área de sedimentación presente condiciones anaeróbicas.

El Artículo 4º señala que todo centro de cultivo deberá cumplir siempre con las siguientes condiciones:

- a) Mantener la limpieza del área y terrenos aledaños al centro de cultivo de residuo sólido generado por éste. En ningún caso se podrán eliminar desechos, residuos o desperdicios ni al agua ni a los terrenos circundantes.
- b) Disponer los desechos o residuos sólidos y líquidos, incluidos compuestos sanguíneos y los ejemplares muertos, en depósitos y condiciones que no resulten perjudiciales para el medio circundante. Su acumulación, transporte y disposición final se realizará conforme a los procedimientos establecidos por la autoridad competente.
- c) Retirar, al término de su vida útil o a la cesación de las actividades centro, todo tipo de soportes no degradables o de degradación lenta hubieren sido utilizados como sistema de fijación al fondo, con excepción las estructuras de concreto utilizadas para el anclaje.
- d) Impedir que las redes, linternas o líneas de cultivo que penden de estructuras flotantes, tengan contacto, en momento alguno, con los fondos. condición no será aplicable a los sistemas de anclajes y mecanismos que estructuras de cultivo al fondo.
- e) Contar con sistemas de seguridad adecuados para prevenir el escape recursos en cultivo.

El Artículo 5º indica que en cada centro deberá existir un plan de contingencia, que describa en orden cronológico las acciones a desarrollar en caso de ocurrir circunstancias susceptibles de constituir riesgo de daño o que causen daño ambiental. Dicho plan deberá considerar, a lo menos, los casos de mortalidades, escapes desprendimientos masivos de los organismos en cultivo y las pérdidas accidentales de alimento y/u otros materiales. Entre las acciones a seguir, el plan deberá comprender como mínimo la recaptura de los individuos, la recolección de materiales y la eliminación de los ejemplares muertos en la forma prevista en el artículo precedente. En el caso de escape peces desde módulos de cultivo, las acciones de recaptura se extenderán hasta 400 m de distancia desde el módulo siniestrado y por un período de 5 desde ocurrido éste. En casos calificados, el plazo y área indicados podrán modificados por resolución fundada del Servicio, el que no podrá extenderse allá de 30 días ni a un área superior a 5 km. Todos los costos que signifiquen la aplicación del plan de contingencia recaptura de los ejemplares escapados serán de cargo del titular del centro cultivo.

Según el Artículo 6º, el escape o pérdida masiva de ejemplares desde centros de cultivo, así como la sospecha de que haya ocurrido, deberá ser puesto en conocimiento del Servicio de la Capitanía de Puerto respectiva, por el titular del centro dentro de las horas de su detección. Asimismo, deberá presentarse un informe en el plazo días de detectado el hecho, incluyendo los siguientes datos:

- a) Localidad exacta del escape o desprendimiento, señalando la identificación del centro de cultivo;
- b) Especies y razas involucradas;
- c) Número estimado de individuos y su peso aproximado;
- d) Circunstancias en que ocurrió el hecho;
- e) Estado sanitario de los ejemplares escapados;
- f) Periodo del último tratamiento terapéutico, señalando el compuesto utilizado, si correspondiere y;
- g) Estado de aplicación del plan de contingencia.

De acuerdo al Artículo 7º, sólo con la autorización expresa de la Subsecretaría podrán liberarse ejemplares desde centros de cultivo al medio natural. Estas sólo tendrán fines experimentales, de repoblamiento de especies nativas o de apoyo a la pesca deportiva y/o recreativa. En caso alguno procederá la liberación al medio acuático de organismos vivos modificados u organismos que no se distribuyan habitualmente en el área geográfica en la cual se pretenden liberar, cualquiera sea su etapa de desarrollo. No se podrán

realizar cultivos de organismos vivos modificados, a menos que cuente con autorización expresa de la Subsecretaría.

El Artículo 8º indica que los centros de cultivo ubicados en tierra deberán cumplir con las normas de emisión dictadas en conformidad con el artículo 40 de la Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

El Artículo 9º señala que sólo se podrá realizar la limpieza de los artes de cultivo (linternas, cuelgas, flotadores, etc.) y los lavados de redes con y sin anti-incrustantes en instalaciones que permitan el tratamiento de sus efluentes, los cuales deben cumplir con las normas de emisión fijadas de acuerdo al Art. 40 de la Ley 19.300. Los residuos sólidos en ellas generados deben ser dispuestos de acuerdo a lo que estipule la normativa pertinente. Para realizar la limpieza antes indicada en áreas sometidas a la competencia de la Autoridad Marítima, se requerirá la autorización expresa de ésta.

El Artículo 10º establece que en los centros autorizados para operar cultivos de fondo y/o praderas de algas, no se podrán utilizar mangas plásticas para la fijación de recursos al sustrato. Sin perjuicio de lo anterior, en los casos de sustratos duros o semi duros, podrá autorizarse por el Servicio el uso de mangas plásticas previa aprobación de un plan de manejo de residuos.

El Artículo 11º indica además, que los centros de producción extensiva ubicados en porciones de agua y fondo deberán conservar una distancia mínima entre sí de 200 metros y respecto de centros de producción intensiva de 400 metros. Quedarán excluidos de ésta exigencia aquellos centros que se encuentran en la situación prevista en la letra a) del artículo 13 y todos los cultivos de algas.

Por su parte, el Artículo 12º indica que aquellos individuos fijados en colectores de semillas y no usados para fines de cultivo, no deberán ser reingresados a cuerpos de agua. Se exceptúan de esta obligación aquellos cultivos en los cuales no se realice una selección de los organismos fijados.

En el Artículo 13º se señala que los centros de producción intensiva ubicados en porciones de agua y fondo deberán conservar una distancia mínima entre sí de 2778 metros. La distancia mínima de dichos centros respecto de centros de producción extensivos, deberá ser de 400 metros. Dichos requisitos no serán exigibles en los siguientes casos:

- a) Si entre los límites de ambas solicitudes de concesión y/o concesiones el trazado de cualquier línea recta imaginaria se ve interrumpido por un accidente geográfico, incluso en las más altas mareas.
- b) En todo cultivo cuya alimentación se base exclusiva y permanentemente en algas. En este caso la distancia mínima exigible entre centros será de 400 m.

El Artículo 14º establece que en los centros ubicados en porciones de agua y fondo de cuerpos de aguas terrestres deberán dar cumplimiento a las siguientes obligaciones:

- a) Los salmónidos sólo podrán ser mantenidos en estos centros hasta que hayan alcanzado la esmoltificación. Se exceptúan de esta disposición las especies trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) y trucha café (*Salmo trutta fario*), cuyos ejemplares podrán ser mantenidos en el centro de cultivo hasta alcanzar un tamaño de 300 gramos; los salmónidos reproductores que no sean alimentados y; los salmónidos mantenidos en centros de engorda ubicados en ríos que desemboquen directamente al mar.

- b) Se prohíbe el uso de anti-incrustantes, que contengan como productos activos elementos tóxicos no degradables o bioacumulables, en redes u otros artefactos empleados en la actividad.
- c) Los alimentos que se suministren en los cultivos desarrollados en cuerpos de agua lacustres no podrán contener una digestibilidad inferior al 80% de la materia seca.
- d) Instalar sistemas detectores de alimento no ingerido o, alternativamente, sistemas para la captación de dicho alimento y de las fecas. Se exceptúan de esta obligación los centros ubicados en ríos.

El Artículo 15° establece que la CPS será exigible sólo a los proyectos en sectores de agua y fondo que deban someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de la ley N° 19.300. La CPS contendrá los elementos que deberá considerar la autoridad pesquera para evaluar ambientalmente los proyectos y si procediere, otorgar el correspondiente Permiso Ambiental Sectorial. El titular de un centro de cultivo no podrá superar los niveles de producción informados.

En el Artículo 16° se señala que tanto los contenidos como las metodologías para elaborar la CPS, serán fijados por Resolución de la Subsecretaría. Esta Resolución sólo podrá establecer requerimientos relativos a la descripción de la ubicación y topografía del centro, características hidrográficas del sector, número y ubicación de los sitios de muestreo, registro visual del área, información relativa a parámetros y variables ambientales en el sedimento y columna de agua. La Resolución considerará los distintos sistemas de producción y las producciones anuales proyectadas.

De acuerdo al Artículo 17°, en los casos previstos en el artículo 15, el pronunciamiento ambiental de la autoridad sectorial será favorable sólo cuando la CPS determine que la futura área de sedimentación presenta condiciones aeróbicas. Es responsabilidad del titular de concesión o autorización de acuicultura que su centro opere en niveles compatibles con las capacidades de los cuerpos de agua lacustres, fluviales y marítimos, para lo cual deberá mantener siempre condiciones aeróbicas en la superficie del área de sedimentación.

Según el Artículo 18°, los proyectos de acuicultura de agua y fondo que se encuentren fuera de los casos previstos en el artículo 15, para obtener la correspondiente autorización o concesión, sólo deberán proporcionar la información relativa a parámetros y variables ambientales en el sedimento a que se refiere la Resolución señalada en el artículo 16.

En el Artículo 19° se plantea que sin perjuicio de lo dispuesto en los artículos anteriores, la información ambiental a que se refiere el artículo 2 letra p), será exigible a todos los centros de cultivo y deberá considerar el sistema de producción y las producciones anuales proyectadas en la época del año de máxima biomasa en cultivo. La información ambiental deberá ser entregada al Servicio local, el cual remitirá copia del mismo a la Subsecretaría. En caso de inconsistencia técnica en la información ambiental entregada o ante disconformidad entre los antecedentes contenidos en ella y aquellos con que cuente el Servicio, éste podrá exigir información complementaria.

El Artículo 20° señala que en el caso de sistemas de producción intensivos, si en el área de sedimentación del centro se detectan condiciones anaeróbicas durante dos años consecutivos, al año siguiente se reducirá en un 30% el número de ejemplares a cultivar, tomando como base el número de ejemplares que ingresó al centro el año anterior. En el caso de sistemas de producción extensivo, al constatar en el centro en dos años consecutivos la presencia de condiciones anaeróbicas, se disminuirá en un 30% la biomasa inicial de ejemplares o algas a cultivar, según corresponda. Lo dispuesto en el inciso anterior se aplicará de forma sucesiva mientras no se restablezcan las condiciones aeróbicas. No obstante lo anterior,

si el titular acredita la adopción de metodologías o acciones que permitan operar en las condiciones que establece el Artículo 18, la Subsecretaría, mediante Resolución, podrá autorizar total o parcialmente el reestablecimiento de los niveles productivos.

Según el Artículo 21º, para los efectos de este Reglamento, la CPS y la información ambiental a que se refiere el artículo 19 deberán ser suscritos por un profesional que acredite especialización o experiencia en materias marinas y ambientales. El Servicio pondrá a disposición de los interesados los formularios para estandarizar la entrega de la información a que se refiere el presente Reglamento. La Subsecretaría emitirá, con los datos recopilados, un reporte bianual sobre el estado ambiental de la acuicultura.

En el Artículo 22º se indica que la Resolución de la Subsecretaría a que alude el artículo 16 deberá ser revisada, al menos, cada dos años y sometida a consulta de los Consejos Nacional y Zonales de Pesca.

El Artículo 23º indica que las contravenciones al presente Reglamento serán sancionadas conforme a lo dispuesto en el artículo 118 de la Ley.

El Artículo 1º transitorio establece que los titulares de centros que cuenten con títulos administrativos vigentes, dispondrán del plazo de dos años desde la entrada en vigencia de este Reglamento para dar cumplimiento a sus disposiciones. Vencido el plazo señalado en el inciso anterior, se deberá entregar la información ambiental conforme lo dispuesto en el artículo 19.

El Artículo 2º transitorio indica que la distancia mínima entre centros de cultivo extensivos establecida en los artículos 11 y 13, no será exigible a las solicitudes acogidas a trámite por el Servicio con antelación a la entrada en vigencia del presente Reglamento, ni a las que se hubieren otorgado con anterioridad a él.

Finalmente, el Artículo 3º Transitorio establece que la exigencia contenida en los artículos 15 y 18 quedará suspendida en su aplicación hasta que la Subsecretaría dicte la Resolución a que se refiere el artículo 16.

### 1.1.3. Ministerio de Defensa Nacional

- Ley de Navegación, DL N° 2.222/78.
- Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática. D.S. N° 1/92
- Norma Técnica relativa a descarga de RILes, Res DGTM N° 12.600/422/95
- Política Nacional de uso del borde costero del litoral de la República, D.S. N° 475/95.
- Normas Concesiones Marítimas, D.F.L. N° 340/60
- Reglamento Concesiones Marítimas, D.S. N° 660/88

#### Ley de Navegación

El D.L. N° 2.222 fue publicada en el D.O. del 21 de mayo de 1978, denominada "Ley de Navegación". El Título IX trata "de la Contaminación". El artículo N° 142 prohíbe absolutamente 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 daños o perjuicios en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional y en puertos, ríos y lagos.

La DIRECTEMAR y sus autoridades y organismos dependientes tendrán la misión de cautelar el cumplimiento de esta prohibición y, a este efecto, deberán:

- 1) **Fiscalizar, aplicar y hacer cumplir todas las normas, nacionales e internacionales, presentes o futuras, sobre preservación del medio ambiente marino, y sancionar su contravención, y**
- 2) Cumplir las obligaciones y ejercer las atribuciones que en los Convenios citados en el artículo siguiente se asignan a las Autoridades del País Contratante, y promover en el país la adopción de las medidas técnicas que conduzcan a la mejor aplicación de tales Convenios y a la preservación del medio ambiente marino que los inspira.

El reglamento (se refiere al Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, que se analiza más adelante) determinará la forma cómo la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), las Autoridades Marítimas y sus organismos dependientes ejercerán las funciones que les asignan éste y el siguiente artículo. En el mismo reglamento se establecerán las multas y demás sanciones para los casos de contravenciones, aplicables al propietario de la instalación; al propietario, armador u operador de la nave o artefacto naval, o las personas directamente responsables del derrame o infracción.

La DIRECTEMAR adquirirá los equipos, elementos, compuestos químicos y demás medios que se requieran para contener o eliminar los daños causados por derrames, así como para la adopción, difusión y promoción de las medidas destinadas a prevenir la contaminación de las aguas sometidas a la jurisdicción nacional.

Sólo la Autoridad Marítima, en conformidad al reglamento, podrá autorizar alguna de las operaciones señaladas en el inciso primero, cuando ellas sean necesarias, **debiendo señalar el lugar y la forma de proceder.**

Si debido a un siniestro marítimo o a otras causas, se produce la contaminación de las aguas por efecto de derrames de hidrocarburos o de otras sustancias nocivas o peligrosas, la Autoridad Marítima respectiva adoptará las medidas preventivas que estime procedentes para evitar la destrucción de la flora y fauna marítima, o los daños al litoral de la República.

De acuerdo al artículo N° 144, **el mismo régimen de responsabilidad civil** establecido en el Convenio Internacional sobre Responsabilidad Civil por Daños causados por la Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos, del 29 de noviembre de 1969, aprobado por el D.L. N° 1.808, de 1977, y promulgado por D.S. N° 475, del Ministerio de Relaciones Exteriores, de 12 de agosto de 1977, y sin perjuicio del campo de aplicación de este Convenio, **regirá para la indemnización de los perjuicios que ocasione el derrame de cualquier clase de materias o desechos, que ocurra dentro de las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, sea cual fuere la actividad que estuviere realizando la nave o artefacto naval que lo produjo;** con las siguientes normas complementarias:

- 1) La responsabilidad por los daños que se causen afectará solidariamente al dueño, armador u operador a cualquier título de la nave, naves o artefacto naval que produzcan el derrame o descarga. Cuando se produzcan derrames o descargas provenientes de dos o más naves, que causen daños a raíz de los mismos hechos, y fuere procedente la responsabilidad, ésta será solidaria entre todos los dueños, armadores u operadores a cualquier título de todas las naves de donde provengan aquellos, salvo en los casos de colisión en que sea razonablemente posible prorratear la responsabilidad.

- 2) El propietario, armador u operador de la nave o artefacto naval será responsable de los daños que se produzcan, a menos que pruebe que ellos fueron causados exclusivamente por a) acto de guerra, hostilidades, guerra civil o insurrección; o un fenómeno natural de carácter excepcional, inevitable e irresistible y b), acción u omisión dolosa o culpable de un tercero extraño al dueño, armador u operador a cualquier título del barco o artefacto naval. Las faltas, imprudencias o negligencias de los dependientes del dueño, armador u operador o las de la dotación no podrán ser alegadas como causal de la presente excepción de responsabilidad.
- 3) **Por «siniestro», para estos efectos, se entiende todo acontecimiento o serie de acontecimientos que tengan el mismo origen y que produzcan o puedan producir daños por derrames o contaminación en aguas sometidas a la jurisdicción nacional o en sus costas adyacentes.**
- 4) **Por «sustancia contaminante» se entiende toda materia cuyo vertimiento o derrame esté específicamente prohibido, en conformidad al reglamento.**
- 5) **Se presume que el derrame o vertimiento de sustancias contaminantes del medio ambiente marino produce daño ecológico.**

Según el artículo N° 147, en el caso de **instalaciones terrestres** que produzcan daños al medio ambiente marino por vertimiento o derrame de sustancias contaminantes, el dueño de ellas será siempre civilmente responsable y deberá indemnizar todo perjuicio que se haya causado. Es aplicable, para los fines de este artículo, lo dispuesto en los números 1,2, 3,4 y 5 del artículo N° 144, en lo que fuere compatible.

De acuerdo al artículo N° 149, corresponde a la DIRECTEMAR aplicar las sanciones y multas por contravención de las normas del Párrafo 1° del Título IX, en conformidad al reglamento.

El artículo N° 150 señala que las sanciones y multas que procedan se aplicarán administrativamente por la DIRECTEMAR. Salvo lo previsto en los incisos siguientes, las multas no excederán de 1.000.000 de pesos oro. El reglamento establecerá la graduación de estas multas, considerando el volumen de la descarga o derrame ilegales u otros aspectos que agraven o atenúen los efectos de un siniestro. Asimismo, el reglamento establecerá las sanciones que se aplicarán a los que deban dar cuenta de un derrame o descarga ilegales y omitieren hacerlo. La aplicación de sanciones y multas por un hecho determinado, no impide la aplicación de otras en casos de reiteración.

El artículo N° 151 establece que las sanciones y multas por las infracciones a que se refieren los artículos anteriores se aplicarán previa investigación sumaria de los hechos. Los afectados podrán apelar de ellas o solicitar su reconsideración al Director General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, previa consignación de la multa impuesta, dentro del plazo fatal de quince días, contados desde la notificación. El procedimiento a seguir en estos casos será el mismo que establezca el reglamento indicado en el artículo N° 87.



## **Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática**

El D.S. N° 1 fue publicado en el D.O. del 18 noviembre 1992, denominado "Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática". El artículo N° 1 establece el ámbito de acción de este Reglamento, a saber, la prevención, vigilancia y combate de la contaminación en las aguas de mar, puertos, ríos y lagos sometidos a la jurisdicción nacional.

El artículo N° 2 prohíbe absolutamente 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 y en puertos, ríos y lagos.

El artículo N° 3 señala que las excepciones a lo dispuesto en el artículo precedente, serán sólo las que expresamente se dispongan en el presente Reglamento con el consentimiento previo de la Autoridad Marítima, quien designará y controlará, en todo caso, el lugar y forma como se procederá a efectuar alguna de dichas operaciones.

El artículo N° 4 define algunos términos útiles para el presente estudio:

- *Aguas sometidas a la jurisdicción nacional:* aquéllas sometidas a la soberanía y jurisdicción nacional, e incluye las aguas interiores, mar territorial y la zona económica exclusiva, espacios marítimos en los que las facultades que se otorgan a la Autoridad Marítima serán ejercidas de conformidad al Derecho Internacional y, en especial, a los Tratados en que Chile es parte.
- *Dirección Nacional:* la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante.
- *Director Nacional:* el Director General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante.
- *Autoridad Marítima:* el Director General, que será la autoridad superior, los Gobernadores Marítimos y los Capitanes de Puerto. Los Cónsules en el caso que la ley determine y los Alcaldes de Mar, de acuerdo con las atribuciones específicas que les asigne el Director General, se considerarán Autoridades Marítimas para los efectos del ejercicio de ellas.
- *Contaminación de las aguas:* la introducción en las agua sometidas a la jurisdicción nacional, por el hombre, directa o indirectamente, de materia, energía o sustancias de cualquier especie, que produzcan o puedan producir efectos nocivos o peligrosos, tales como la destrucción o daños a los recursos vivos, al litoral de la República, a la vida marina, a los recursos hidrobiológicos; peligro para la salud humana; obstaculización de las actividades acuáticas, incluida la pesa y otros usos legítimos de las aguas; deterioro de la calidad del agua para su utilización, y menoscabo de los lugares de esparcimiento y del medio ambiente marino.

El artículo N° 8 señala que cuando debido a un siniestro marítimo o por otras causas se produzca la contaminación de las aguas por efecto de derrame de hidrocarburos u otras sustancias nocivas o peligrosas, la Autoridad Marítima adoptará las medidas de prevención y control que estime procedente para evitar la destrucción de la flora y fauna marina, o los daños al litoral de la República.

El artículo N° 10 prohíbe el transporte marítimo de sustancias nocivas o peligrosas que puedan ocasionar daños o perjuicios en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, a menos que se efectúe conforme a las normas establecidas en el presente reglamento y en el código Marítimo Internacional de Transporte de Mercancías Peligrosas, y se adopten las medidas necesarias para prevenir la contaminación de las aguas.

El artículo N° 13 señala que esta prohibido entrar con vehículos y bañar animales en las playas declaradas balnearios por la Autoridad Marítima.

El artículo N° 14 establece que la Dirección General podrá en casos calificados, mediante resolución, restringir o prohibir el paso o la permanencia de naves o artefactos navales y el desarrollo de determinadas actividades, en zonas, áreas o lugares marítimos que sea necesario proteger en forma especial, de los riesgos de contaminación.

El artículo N° 15 señala que toda nave o artefacto naval, empresa de puerto, terminal marítimo y cualquier instalación o faena susceptible de provocar contaminación de las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, deberá contar con los elementos y equipos necesarios para prevenir en caso de accidente, la contaminación de las aguas o minimizar sus efectos.

El artículo N° 19 señala que la Autoridad Marítima suspenderá la operación de toda nave o artefacto naval que ingreso o se encuentre en aguas sometidas a la jurisdicción nacional causando contaminación, o dispondrá el abandono de la nave o artefacto naval de dichas aguas hasta que se corrijan las causas que lo motivaron o cese el riesgo de contaminación.

El artículo N° 27 define algunos términos útiles para el presente estudio:

- *Artefacto naval*: todo aquél que, no estando construido para navegar, cumple en el agua funciones de complemento o de apoyo a las actividades marítimas, fluviales o lacustres o de extracción de recursos, tales como diques, grúas, plataformas fijas o flotantes, **balsas** u otras similares. No se incluyen en este concepto las obras portuarias aunque se internen en el agua.
- *Aguas sucias*:
  - a) Desagües y otros residuos procedentes de cualquier tipo de inodoros, urinarios y retretes.
  - b) Desagües procedentes de lavabos, lavaderos y conductos de salida situados en cámaras de servicios médicos, hospitales, etc.
  - c) Desagües procedentes de espacios en que se transporten animales vivos.
- *Basuras*: Toda clase de restos de comida, así como residuos resultantes de las faenas domésticas y trabajos rutinarios de la nave o artefacto naval, en condiciones normales de servicio.
- *Buque o Nave*: Toda construcción principal, destinada a navegar, cualquiera que sea su clase y dimensión.
- *Descarga*: En relación con las sustancias perjudiciales o con efluentes que contengan tales sustancias, se entiende cualquier derrame, descarga o escape, procedente un buque por cualquier causa y comprende todo tipo de escape evacuación, fuga, achique, emisión o vaciamiento. El concepto descarga no incluye:
  - a) Las operaciones de vertimiento en el sentido que se da a este término en el Convenio sobre la Prevención de la contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otras Materias, de 1972.
  - b) El derrame de sustancias perjudiciales directamente resultante de la exploración, la explotación y el consiguiente tratamiento en instalaciones mar adentro de los recursos minerales de los fondos marinos.
  - c) El derrame de sustancias perjudiciales con objeto de efectuar trabajos lícitos de investigación científica, acerca de la reducción o control de la contaminación.

- *Sustancia perjudicial*: Cualquier sustancia materia o energía cuya introducción den aguas sometidas a la jurisdicción nacional pueda producir efectos nocivos o peligrosos para la salud humana, dañar la flora, la fauna o los recursos vivos del medio, menoscabar los lugares de esparcimiento y recreativos o entorpecer el uso legítimo de las aguas, y, en particular, toda sustancia sometida a control por el presente reglamento.
- *Tierra más próxima*: la línea de base a partir de la cual se establece el mar territorial.
- *Vertimiento*: toda evacuación deliberada de desechos u otras materias, efectuadas desde buques, artefactos navales, aeronaves u otras construcciones en el mar, de acuerdo con las normas del «Convenio sobre Prevención de la contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otras Materias», de 1972. Se entiende con el mismo significado el hundimiento deliberado del mismo material nombrado anteriormente.
- *Zona o área de protección especial*: aquella que dentro de las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, necesita medidas especiales de cuidado para la protección de medio ambiente acuático. La Dirección General establecerá cuáles son estas zonas o áreas y las medidas necesarias para protegerlas.
- *Zona o área especial*: Aquella para la cual se establecen regímenes especiales de descarga. La Dirección General establecerá las citadas zonas o áreas y regímenes, teniendo en cuenta lo establecido al respecto en los Convenios Internacionales vigentes en Chile.

De acuerdo al artículo N° 28, todo buque o **artefacto naval** que esté obligado a contar con dispositivos para prevenir la contaminación por hidrocarburos, según se establece en el capítulo 3° de este título, o que deba satisfacer normas especiales de diseño que fije la Dirección General, en los casos que esté expresamente autorizada para ello, estará sujeto a las siguientes inspecciones:

- a) Inspección inicial, la que se llevará a efecto durante la construcción o antes de que se le otorgue por primera vez el certificado que se señala en el artículo siguientes, con el objeto de verificar si su estructura, equipos, sistemas, su disposición y materiales empleados, cumplen con las prescripciones del presente título.
- b) Inspecciones anuales, las que incluirán un examen general del buque o artefacto naval y de su equipamiento, de modo que asegure que han sido mantenidos de acuerdo con los requerimientos exigidos, para garantizar que el buque o artefacto naval permanece apto para hacerse a la mar sin presentar riesgos para el medio ambiente marino.
- c) Inspecciones intermedias, las que se llevarán a efecto cada 30 meses, a fin de garantizar que los equipos, bombas y tuberías, incluidos los dispositivos de vigilancia y control de descarga de hidrocarburos (oleómetros), los sistemas de lavado con crudo, los separadores de agua e hidrocarburos y los sistemas de filtración de hidrocarburos, están en buenas condiciones de funcionamiento. Estas inspecciones podrán realizarse seis meses antes o después de la fecha establecida y se dejará la constancia respectiva en el certificado que se establece en el artículo siguiente.
- d) Inspecciones periódicas, las que se llevarán a efecto cada cinco años, a fin de garantizar que la estructura, equipos, sistemas, su disposición y materiales empleados, cumplen con las prescripciones del presente título.

- e) Inspecciones extraordinarias, las que podrán efectuarse a toda nave o artefacto naval o extranjero, cuando haya clara evidencia de deficiencias en su casco, estructura, máquina o equipo.

El artículo N° 42 señala que todos los buques y **artefactos navales** que naveguen o se encuentren en aguas sometidas a la jurisdicción nacional, **estarán obligados a informar** acerca de cualquier descarga de hidrocarburos que no se ajuste a las disposiciones del presente reglamento, y **de toda falla o avería del buque o artefacto naval susceptible de provocar contaminación.**

El artículo N° 92 prohíbe efectuar descargas de aguas sucias a toda nave o artefacto naval en el mar, salvo que:

- a) Efectúe descarga a una distancia superior a 4 millas marinas de la tierra más próxima, si las aguas sucias han sido previamente desmenuzadas y desinfectadas.  
b) Efectúe la descarga a una distancia mayor de 12 millas marinas de la tierra más próxima, si las aguas sucias no han sido previamente desmenuzadas ni desinfectadas.

El artículo N° 94 prohíbe efectuar descargas de aguas sucias en aguas interiores. Tales descargas deberán efectuarse en las instalaciones de recepción adecuadas para el efecto.

Por su parte, el artículo N° 95 señala que con todo, podrán efectuar descargas de aguas sucias en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, las naves o artefactos navales que utilicen una instalación para el tratamiento de ellas, la que debe cumplir con lo dispuesto en la letra a) del artículo 88 y siempre que el efluente no contenga sólidos flotantes visibles ni ocasione la decoloración de las aguas circundantes.

El artículo N° 96 indica que cuando las aguas sucias provenientes de las naves o artefactos navales estén mezcladas con residuos o aguas residuales, para las que rijan prescripciones de descarga diferentes, se les aplicarán las prescripciones de descarga más rigurosas.

De acuerdo al artículo N° 99, en las aguas interiores se prohíbe echar al agua cualquier tipo de basura y materias plásticas, incluyendo cabuyería y redes de pesca de fibras sintéticas.

El Título IV se refiere a las fuentes terrestres de contaminación. El artículo N° 135 señala que estas disposiciones serán aplicables a los productos, bienes o artículos que extraigan, obtengan, recolecten, procesen, elaboren, fabriquen, manufacturen, produzcan, exploten o beneficien, etc. cuyas descargas de materia o energía, provenientes de su funcionamiento, se viertan directa o indirectamente a las aguas sometidas a la jurisdicción nacional.

El artículo N° 136 prohíbe la introducción o descarga directa o indirecta a las aguas sometidas a la jurisdicción nacional de materias, energía o sustancias nocivas o peligrosas de cualquier especie provenientes de establecimientos, faenas o actividades, sin tratamiento previo de los mismos que aseguren su inocuidad como factor de contaminación.

Según el artículo N° 137, se entiende por introducción o descarga directa a las aguas sometida a la jurisdicción nacional, aquella proveniente de faenas, instalaciones, desagües públicos o particulares, industrias, agrícolas u otros, fijos o móviles, y cuya descargas son evacuadas directamente a las aguas marítimas o lacustres a través de ducto, canales artificiales, emisarios y otros.

De acuerdo al artículo N° 138, se entiende por introducción o descarga indirecta a las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, aquella proveniente de faenas, instalaciones, desagües públicos o particulares, industrias, agrícolas u otros, fijos o móviles, y cuya descargas son evacuadas directamente a las los ríos y demás corrientes de agua de la República que puedan, a través de aquéllos, llegar a las aguas que para los efectos de este título, se encuentran sometidas a la jurisdicción de la Dirección General.

De acuerdo al artículo N° 139, los establecimientos, faenas o actividades que para su funcionamiento deban introducir o descargar, en forma directa o indirecta, materias, energía o sustancias nociva o peligrosas de cualquier especie a las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, estarán obligada a entregar a la Dirección General, en forma previa a su entrada en funcionamiento, los antecedentes necesarios sobre la instalación de sus sistema de evacuación.

Asimismo, el artículo N° 140 señala que la Dirección General podrá autorizar la introducción o descarga a las aguas sometidas a la jurisdicción nacional de aquellas materias, energía o sustancias nociva o peligrosas de cualquier especie, que no ocasionen daños o perjuicios en las aguas, la flora o la fauna, debiendo señalar el lugar y forma de proceder.

El artículo N° 140 bis, señala que para los efectos de éste título, la jurisdicción de la Dirección General comprenderá el medio ambiente marino, conformado por las aguas interiores de los golfos, bahías estrechos y canales, cualesquiera sea la distancia que existe entre sus costas, el mar territorial, la zona contigua y la zona económica exclusiva; los lagos de dominio público navegables por buques de más de 100 toneladas, y los ríos navegables hasta donde alcanzan los efectos de las mareas. Cabe señalar que este artículo se complementa con los D.S. (M) 11/98 y 12/98, que establecen la Nómina de lagos y ríos navegables por buques de más de 100 toneladas de registro grueso, respectivamente.

Este Reglamento también señala la necesidad de realizar estudios de impacto ambiental acuático, de acuerdo al artículo N° 141, la instalación de cualquier establecimiento, faena o actividad cuyas descargas de materias, energía o sustancias nocivas o peligrosas de cualquier especie, deban se evacuadas directa 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, caudal y tratamiento del efluente que se evacuará.

El artículo N° 142 señala 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 evaluación de sus desechos deberá determinarse la toxicidad de sus efluentes mediante bioensayos y, posteriormente, mantener un monitoreo periódico de autovigilancia y control. Por su parte, el artículo N° 143 señala que la evaluación de impacto ambiental acuático, será exigible a toda actividad que implique un riesgo de contaminación de las aguas sometidas a la jurisdicción nacional.

Cabe señalar que las indicaciones anteriores, desde el artículo 141 al 143, se encuentran en la actualidad comprendidas en el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), uno de los reglamentos de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

Según el artículo N° 145, aquellos establecimientos, faenas o actividades que descarguen materias, energía o sustancias nocivas o peligrosas de cualquier especie, autorizados por la Dirección General, y que eventualmente detecten descargas que puedan constituir un peligro para la salud humana, dañar los recursos biológicos y la vida acuática, reducir las posibilidades de esparcimiento o entorpecer otros usos legítimos de las aguas, deberán informarlo de inmediato a la Autoridad Marítima jurisdiccional, debiendo ajustar su proceso de operación a los rangos autorizados, sin perjuicio de adoptar las medidas necesarias para evitar la destrucción de la flora y fauna y los daños al litoral.

El artículo N° 147 establece que la DIRECTEMAR podrá requerir de los establecimientos y faenas autorizadas para realizar descargas a las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, toda la información que considere necesaria, durante la construcción o el funcionamiento de tales establecimientos o faenas.

Finalmente, el artículo N° 160 señala que las sanciones y multas que procedan, se aplicarán previa investigación sumaria de los hechos, de conformidad con lo dispuesto por los artículos 149 y siguientes del D.L. N° 2.222, de 1978 y por los artículos 156 y siguientes del Reglamento General de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves y Litoral de la República, aprobado por D.S. (M.) N° 1.340 bis de 1941. Dicha investigación tendrá por objeto comprobar la existencia de la infracción, determinar los responsables y averiguar las circunstancias relevantes para su calificación y graduación de las sanciones y multas aplicables.

### **Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República**

El D.S. N° 475 publicado en el D.O. el 11 de enero de 1995, denominado la Política Nacional de uso del borde costero del litoral de la República, creó la Comisión Nacional del Borde Costero. Las funciones de la Comisión Nacional de Uso del Borde Costero son:

- proponer una zonificación de los diversos espacios que conforman el Borde Costero del Litoral de la República, teniendo en consideración los lineamientos básicos contenidos en la zonificación preliminar elaborada por el Ministerio de Defensa Nacional (Subsecretaría de Marina)
- elaborar un informe para la evaluación, al menos cada dos años, de la implementación de la Política y proponer los ajustes que correspondan
- Formular proposiciones, sugerencias y opiniones a las autoridades encargadas de estudiar y aprobar los diversos Planes Comunales e Intercomunales, a fin de que exista coherencia en el uso del borde costero del litoral
- proponer soluciones a las discrepancias que se susciten respecto del mejor uso del borde costero del litoral, que la autoridad competente someta a su consideración
- recoger los estudios que los diversos órganos de la Administración del Estado realicen sobre el uso del borde costero del litoral
- formular recomendaciones, dentro del ámbito de su competencia, a los órganos de la Administración del Estado.

En consideración a que la acuicultura es una de las actividades que se desarrolla en el borde costero, es tarea de dicha Comisión, y más específicamente, de las Comisiones Regionales, velar porque las necesidades, requerimientos e intereses de esta actividad sean compatibilizadas y coordinadas con otros usos legítimos del borde costero.

### **Normas sobre concesiones marítimas**

El D.F.L. N° 340 fue publicado en el D.O. el 6 de junio de 1960 denominado "Normas sobre concesiones marítimas". De acuerdo al artículo N° 1 le corresponde al Ministerio de Defensa Nacional, a través de la Subsecretaría de Marina, el control, fiscalización y supervigilancia de toda la costa y mar territorial de la República y de los ríos y lagos que son navegables por buques de más de 100 toneladas.

### **Reglamento sobre concesiones marítimas**

El D.S. N° 660 fue publicado en el D.O. el 28 de noviembre 1988 denominado "Reglamento sobre concesiones marítimas". El artículo N° 1 define algunos términos que son de utilidad para este estudio:

- *Criadero artificial*: superficie de playa o fondo de mar, río o lago con instalaciones o construcciones adecuadas destinadas a la cría y desarrollo de moluscos, crustáceos u otras especies que tengan en el agua su medio normal de vida.
- *Criadero artificial flotante*: instalación a flote destinada a los mismos fines anteriores, (balsas, jaulas, long-lines, etc.).
- *Terreno de playa*: faja de terreno de propiedad del Fisco de hasta 80 metros de ancho, medida desde la línea de la playa de la costa del litoral y desde la ribera en los ríos o lagos. Para los efectos de determinar la medida señalada, no se considerarán los rellenos artificiales hechos sobre la playa o fondos del mar, río o lago. No perderá su condición de terreno de playa el sector que quede separado por la construcción de caminos, calles, plazas, etc. Asimismo, se considerará terreno de playa la playa y el fondo del mar, río o lago, que haya sido rellenado artificialmente por obras de contención que permitan asegurar su resistencia a la acción del tiempo y de las aguas. En tal caso, deberá disponerse su correspondiente inscripción de dominio a favor del Fisco. Queda prohibido ejecutar obras de relleno que no cumplan con los requisitos señalados.

Para que un concesionario pueda ejecutar obras de la naturaleza indicada en el inciso anterior, deberá estar expresamente autorizado en el respectivo decreto de concesión. Esta autorización no se otorgará en playas declaradas balnearias, salvo que se trate de obras que no desvirtúen la finalidad de estas playas, en cuyo caso el decreto pertinente deberá ser fundado.

Los terrenos de propiedad particular que, según sus títulos, deslinden con la línea de la playa de la costa del litoral o de la ribera en los ríos o lagos, no son terrenos de playa. En aquellos títulos de dominio particular que señalan como deslinde el mar, el Océano Pacífico, la marina, la playa, el puerto, la bahía, el río, el lago, la ribera, la costa, etc., debe entenderse que este deslinde se refiere a la línea de la playa.

- *Borde costero del litoral*: franja del territorio que comprende los terrenos de playa fiscales situados en el litoral, la playa, las 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, Subsecretaría de Marina.

El artículo N° 12 señala que en caso de que varios interesados soliciten una misma concesión, prevalecerá la que represente mejor el uso para el área o zona respectiva, conforme a lo establecido en la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República; en caso de igualdad tendrá preferencia la solicitud que represente mejor los siguientes factores, en el orden señalado: beneficio fiscal, seguridad nacional, interés social, generación de empleos o producción de divisas.

#### 1.1.4. Ministerio de Obras Públicas

- Código de Aguas, D.F.L. N° 1.122/81
- Requisitos de Calidad del Agua para Diferentes, D.S. N° 86/78
- Ley de neutralización de los residuos provenientes de establecimientos industriales, Ley N° 3.133/16.
- Reglamento para neutralización y depuración de los residuos líquidos industriales (RILes), D.S. N° 351/93
- Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Cursos de Aguas Continentales Superficiales, Res. Ex. N° 1.381/00.

#### Código de Aguas

El Código de Aguas fue promulgado a través el D.F.L. 1.222 publicado en el D.O. el 29 de enero de 1981. El artículo N° 1 señala que las aguas se dividen en marítimas y terrestres y que las disposiciones de Código de aguas sólo se aplican a las aguas terrestres. También señala que son aguas pluviales las que proceden inmediatamente de las lluvias, las cuales serán marítimas o terrestres según donde precipiten.

El artículo N° 2 divide las aguas terrestres son superficiales y subterráneas. Las aguas superficiales son aquellas que se encuentran naturalmente a la vista del hombre, pueden ser corrientes o detenidas. Las aguas corrientes son las que escurren por cauces naturales o artificiales y las aguas detenidas son las que están acumuladas en depósitos naturales o artificiales, tales como lagos, lagunas, pantanos, charcas, aguadas, ciénagas, estanques o embalses. Las aguas subterráneas son las que están ocultas en el seno de la tierra y no han sido alumbradas.

El artículo N° 3 señala que las aguas que fluyen, continua o discontinuamente, superficial o subterráneamente, a una misma cuenca u hoya hidrográfica, son parte integrante de una misma corriente. La cuenca u hoya hidrográfica de un caudal de aguas la forman todos los afluentes, subafluentes, quebradas, esteros, lagos y lagunas que fluyen a ella, en forma continua o discontinua, superficial o subterráneamente. El artículo N° 5 señala que las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el desecho de aprovechamiento de ellas, en conformidad a las disposiciones del presente Código.

El artículo N° 12 señala que los derechos de aprovechamiento son consuntivos o no consuntivos; de ejercicio permanente o eventual; continuo, discontinuo o alternado entre varias personas. El artículo N° 13 define como "derecho de aprovechamiento consuntivo" aquel que faculta a su titular para consumir totalmente las aguas en cualquier actividad. Por su parte el artículo N° 14 define "derecho de aprovechamiento no consuntivo" aquel que permite emplear el agua sin consumirla y obliga a restituirla en la forma que lo determine el acto de adquisición o de constitución del derecho. La extracción o restitución de las aguas se hará siempre en forma que no perjudique los derechos de terceros constituidos sobre las mismas aguas, en cuanto a su cantidad, calidad, sustancia, oportunidad de uso y demás particularidades. Por otro lado el artículo N° 18 señala que las aguas lacustres o embalsadas no son objeto de derechos de ejercicio eventual.



El artículo N° 20 señala que se no requieren derechos de aprovechamiento las aguas que corresponden a vertientes que nacen, corren y mueren dentro de una misma heredad, como asimismo, sobre las aguas de lagos menores no navegables por buques de más de cien toneladas, de lagunas y pantanos situados dentro de una sola propiedad y en las cuales no existan derechos de aprovechamiento constituidos a favor de terceros, a la fecha de promulgación del Código de aguas. La propiedad de estos derechos de aprovechamiento pertenece, por el solo ministerio de la ley, al propietario de las riberas. Se entiende que mueren dentro de la misma heredad las vertientes o corrientes que permanentemente se extinguen dentro de aquélla sin confundirse con otras aguas, a menos que caigan al mar.

El artículo N° 56 señala que cualquiera puede cavar en suelo propio pozos para las bebidas u usos domésticos, aunque de ello resulte menoscabarse el agua de que se alimente algún otro pozo; pero si de ello no reportare utilidad alguna, o no tanta que pueda compararse con el perjuicio ajeno, será obligado a cegarlos. Pero por su parte el artículo N° 57 señala que el derecho de aprovechamiento de las aguas subterráneas para cualquier otro uso se regirá por las normas del Código de aguas. El artículo N° 61 señala que la resolución que otorgue el derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas establecerá el área de protección en la cual se prohibirá instalar obras similares.

El artículo N° 92 señala que se prohíbe botar a los canales sustancias, basuras, desperdicios y otros objetos similares, que alteren la calidad de las aguas.

El artículo N° 9 transitorio señala que hasta que no se dicten las disposiciones legales referentes a la conservación y protección de las aguas, corresponderá a la Dirección General de Aguas aplicar la política sobre la materia y coordinar las funciones que de acuerdo a la legislación vigente correspondan a los distintos organismos y servicios públicos.

### **Requisitos de calidad de agua para diferentes usos**

El D.S. N° 867 publicado en el D.O. el 15 de junio de 1978 declaró oficial la Norma Chilena 1.333 denominada "Requisitos de calidad de agua para diferentes usos". Esta Norma fija los criterios de calidad de agua para: Consumo humano, Bebida de animales, Riego, Recreación y estética y Vida acuática. El último uso es que mayormente afecta a la acuicultura, dentro de este punto se establecen requisitos para Aguas dulces y para Cultivo de organismos filtradores.

### **Ley de neutralización de los residuos provenientes de establecimientos industriales**

La Ley N° 3.133 publicada en el D.O. el 7 de septiembre de 1916 denominada "Ley de neutralización de los residuos provenientes de establecimientos industriales". El artículo N° 1 señala que los establecimientos industriales, sean mineros, metalúrgicos, fabriles o de cualquiera otra especie, no podrán vaciar en los acueductos, cauces artificiales o naturales, que conduzcan aguas o en vertientes, lagos, lagunas o depósitos de agua, los residuos líquidos de su funcionamiento, que contengan sustancias nocivas a la bebida o al riego, sin previa neutralización o depuración de tales residuos por medio de un sistema adecuado y permanente.

El artículo N° 2 señala que las neutralizaciones de los residuos a que se refiere el inciso 1° del artículo anterior, será necesaria en los establecimientos ubicados en las poblaciones o vecindades de ellas, siempre que dichos residuos contaminen el aire o puedan dañar las alcantarillas u otro sistema de desagüe en que se vacíen, y aún cuando no tengan sustancias nocivas a la bebida o al riego.

El artículo N° 3 señala que los propietarios, empresarios o administradores de los establecimientos a que se refieren los artículos 1° y 2°, deberán someter a la aprobación del Presidente de la República el sistema de depuración y neutralización que se propongan adoptar. Si el sistema que se adopte contempla la construcción de estanques o depósitos, ésta se hará conforme a los planos y especificaciones que se fijen y en forma que no ofrezcan peligro alguno de contaminación de las aguas o terrenos de la región vecina. No se podrá poner en servicio el sistema que se adopte sin previa autorización del Presidente de la República.

### **Reglamento para neutralización y depuración de los RILes**

El D.S. N° 351 publicado en el D.O. el 23 de febrero de 1993 aprobó el "Reglamento para neutralización y depuración de los residuos líquidos industriales a que se refiere la Ley N° 3.133". El artículo N° 1 señala algunos conceptos para su aplicación:

- *Establecimiento*: corresponden a los que se indican en el artículo 2°, cuya designación se encuentra definida en el "Clasificador Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas" de las Naciones Unidas (CIIU).
- *Ril-riles*: Residuo(s) industrial(es) líquido(s).
- *Efluente tratado*: Ril tratado para su disposición final, que cumple las características y requisitos señalados en las normas vigentes.
- *Sistema de tratamiento*: Procedimiento de purificación y/o neutralización de los riles.
- *Parámetro*: Característica física, química y/o biológica de un ril o efluente.

El artículo N° 2 señala que los establecimientos que evacuan riles con características que obligan a un proceso ulterior de neutralización y/o depuración, deberán dar estricto cumplimiento a las disposiciones de la Ley 3.133 y a las normas que se establecen en el presente Reglamento. Estos establecimientos corresponderán a los se indican, de acuerdo a los códigos que aparecen en el presente Reglamento, la acuicultura aparece mencionada sólo indirectamente, pues aparecen los Servicios de Veterinaria con código 9332.

#### **1.1.5. Ministerio de Salud**

- Código Sanitario, D.F.L. N° 725/68
- Reglamento sanitario de alimentos, D.S. N° 997/

#### **Código Sanitario**

El D.F.L. N° 725 fue publicado en el D.O. el 31 de enero de 1968 denominado "Código Sanitario". El artículo N° 1 señala que este Código rige todas las cuestiones relacionadas con el fomento, protección y recuperación de la salud de los habitantes de la República, salvo aquéllas sometidas a otras leyes.

El Libro Tercero regula aspectos de la higiene y seguridad del ambiente y de los lugares de trabajo. El artículo N° 67 señala que le corresponde al Servicio Nacional de Salud velar porque se eliminen o controlen

todos los factores, elementos o agentes del medio ambiente que afecten la salud, la seguridad y el bienestar de los habitantes en conformidad a las disposiciones del presente Código y sus reglamentos.

Por su parte el artículo N° 68 señala que un reglamento contendrá las normas sobre condiciones de saneamiento y seguridad de las ciudades, balnearios, campos y territorios mineros, así como los de todo sitio, edificio, vivienda, establecimiento, local o lugar de trabajo, cualquiera que sea la naturaleza de ellos.

El Título II trata de la higiene y seguridad del ambiente. El artículo N° 70 señala que las instalaciones sanitarias de viviendas, industrias o locales de cualquiera naturaleza, serán materia de reglamentos especiales que dicte el Presidente de la República, previo informe de la Dirección General de Salud.

El Art. 71 señala que le corresponde al Servicio Nacional de Salud aprobar los proyectos relativos a la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a:

- a) la provisión o purificación de agua potable de una población, y
- b) la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües, aguas servidas de cualquier naturaleza y residuos industriales o mineros.

Antes de poner en explotación las obras mencionadas, ellas deben ser autorizadas por el Servicio Nacional de Salud.

El artículo N° 72 señala que el Servicio Nacional de Salud ejercerá la vigilancia sanitaria sobre provisiones o plantas de agua destinadas al uso del hombre, como asimismo de las plantas depuradoras de aguas servidas y de residuos industriales o mineros; podrá sancionar a los responsables de infracciones y en casos calificados, intervenir directamente en la explotación de estos servicios, previo decreto del Presidente de la República.

El artículo N° 73 señala que se prohíbe descargar las aguas servidas y los residuos industriales o mineros en ríos o lagunas, o en cualquiera otra fuente o masa de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o para balneario, sin que antes se proceda a su depuración en la forma que se señale en los reglamentos.

Sin perjuicio de lo establecido en el Libro IX de este Código, la autoridad sanitaria podrá ordenar la inmediata suspensión de dichas descargas y exigir la ejecución de sistemas de tratamientos satisfactorios destinados a impedir toda contaminación.

El artículo N° 75 señala que se prohíbe usar las aguas de alcantarillado, desagües, acequias u otras aguas declaradas contaminadas por la autoridad sanitaria, **para la crianza de moluscos** y cultivo de vegetales y frutos que suelen ser consumidos sin cocer y crecen a ras de la tierra.

El artículo N° 78 señala que un reglamento fijará las condiciones de saneamiento y seguridad relativas a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios.

El artículo N° 79 señala que para proceder a la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase, será necesaria la aprobación previa del proyecto por el Servicio Nacional de Salud.

El artículo N° 80 señala que le corresponde al Servicio Nacional de Salud autorizar la instalación y vigilar el funcionamiento de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquiera clase.

Al otorgar esta autorización, el Servicio Nacional de Salud determinará las condiciones sanitarias y de seguridad que deben cumplirse para evitar molestia o peligro para la salud de la comunidad o del personal que trabaje en estas faenas.

Título III trata de la higiene y seguridad de los lugares de trabajo. El artículo N° 82 señala que el reglamento comprenderá normas como las que se refieren a:

- a) las condiciones de higiene y seguridad que deben reunir los lugares de trabajo, los equipos, maquinarias, instalaciones, materiales y cualquier otro elemento, con el fin de proteger eficazmente la vida, la salud y bienestar de los obreros y empleados y de la población en general;
- b) las medidas de protección sanitaria y de seguridad que deben adoptarse en la extracción, elaboración y manipulación de sustancias producidas o utilizadas en los lugares en que se efectúe trabajo humano;
- c) las condiciones de higiene y seguridad que deben reunir los equipos de protección personal y la obligación de su uso.

El artículo N° 83 señala que las Municipalidades no podrán otorgar patentes definitivas para la instalación, ampliación o traslado de industrias, sin informe previo de la autoridad sanitaria sobre los efectos que ésta puede ocasionar en el ambiente.

El artículo N° 84 señala que el Servicio Nacional de Salud podrá disponer el traslado de aquellas industrias o depósitos de materiales que, a su juicio, representen un peligro para la salud, seguridad y bienestar de la población.

El Libro Cuarto trata de los productos farmacéuticos, alimentos de uso médico, cosméticos, productos alimenticios y artículos de uso médico. El Título III trata específicamente de los productos alimenticios. El artículo N° 108 señala que se entenderá por alimentos o productos alimenticios cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas al consumo humano, incluyendo las bebidas y todos los ingredientes y aditivos de dichas sustancias.

El artículo N° 109 señala que un reglamento determinará las características que deben reunir los alimentos o productos alimenticios destinados al consumo humano. El artículo N° 110 señala que le corresponderá a la autoridad sanitaria aprobar la instalación y controlar el funcionamiento de:

- a) los locales destinados a la producción, elaboración, envases, almacenamiento, distribución y venta de alimentos, y
- b) Los mataderos y frigoríficos, públicos y particulares.

El artículo N° 111 señala que el Servicio Nacional de Salud concederá permisos que autoricen la producción, distribución o expendio de todos los alimentos.

### **Reglamento sanitario de los alimentos**

El D.S. N° 977 publicado en el D.O. el 13 de mayo de 1997 se denomina "Reglamento sanitario de los alimentos". El artículo N° 1 señala que éste Reglamento establece las condiciones sanitarias a que deberá ceñirse la producción, importación, elaboración, envase, almacenamiento, distribución y venta de alimentos para uso humano, con el objeto de proteger la salud y nutrición de la población y garantizar el suministro de productos sanos e inocuos.

Este Reglamento se aplica igualmente a todas las personas, naturales o jurídicas, que se relacionen o intervengan en los procesos aludidos anteriormente, así como a los establecimientos, medios de transporte y distribución destinados a dichos fines.

El artículo N° 2 señala algunas definiciones que explican porque la acuicultura debe regirse por este Reglamento:

- *Alimento o producto alimenticio*: es cualquier sustancia o mezclas de sustancias destinadas al consumo humano, incluyendo las bebidas y todos los ingredientes y aditivos de dichas sustancias.
- *Materia prima alimentaria*: es toda sustancia que para ser utilizada como alimento, precisa de algún tratamiento o transformación de naturaleza química, física o biológica.

El artículo N° 3 señala que todos los alimentos y materias primas, deberán responder en su composición química, condiciones microbiológicas y caracteres organolépticos, a sus nomenclaturas y denominaciones legales y reglamentarias establecidas.

La producción, distribución y comercialización de los alimentos y materias primas transgénicos, deberán ceñirse, para su autorización, a las normas técnicas que dicte sobre la materia el Ministerio de Salud.

El artículo N° 4 señala que le corresponderá a los Servicios de Salud el control sanitario de los alimentos y velar por el cumplimiento de las disposiciones relativas a esta materia del Código Sanitario y del presente reglamento, todo ello de acuerdo con las normas e instrucciones generales que imparta el Ministerio de Salud.

El artículo N° 5 señala que son establecimientos de alimentos son los recintos en los cuales se producen, elaboran, preservan, envasan, almacenan, distribuyen, expenden y consumen alimentos y aditivos alimentarios.

El artículo N° 6 señala que la instalación, modificación estructural y funcionamiento de cualquier establecimiento de alimentos deberá contar con autorización del Servicio de Salud correspondiente.

El artículo N° 11 señala que desde el inicio de su funcionamiento, el interesado deberá aplicar las prácticas generales de higiene en la manipulación incluyendo el cultivo, la recolección, la preparación, la elaboración, el envasado, el almacenamiento, el transporte, la distribución y la venta de alimentos, con objeto de garantizar un producto inocuo y sano.

El artículo N° 14 señala que para los fines de este reglamento se entenderá por:

- **Contaminación:** la presencia de microorganismos, virus y/o parásitos, sustancias extrañas o deletéreas de origen mineral, orgánico o biológico, sustancias radioactivas y/o sustancias tóxicas en cantidades superiores a las permitidas por las normas vigentes, o que se presuman nocivas para la salud. La presencia de cualquier tipo de suciedad, restos o excrementos. Aditivos no autorizados por la reglamentación vigente o en cantidades superiores a las permitidas.
- **Desinfección:** la reducción del número de microorganismos a un nivel que no dé lugar a contaminación nociva del alimento, sin menoscabo de la calidad de él, mediante agentes químicos y/o métodos higiénicamente satisfactorios.
- **Higiene de los alimentos:** todas las medidas necesarias para garantizar la inocuidad y salubridad del alimento en todas las fases, desde su cultivo, producción, elaboración, envasado, transporte y almacenamiento hasta el consumo final.
- **Manipulación de alimentos:** todas las operaciones del cultivo y recolección, producción, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte, distribución y venta de los alimentos.

El artículo N° 15 señala que no se permitirá cultivar, producir o recolectar alimentos en zonas contaminadas con agentes potencialmente nocivos o regadas con aguas sanitariamente inadecuadas, que puedan dar lugar a concentraciones inaceptables de agentes contaminantes en los alimentos.

El artículo N° 17 señala que se deberán tomar precauciones adecuadas para que los desechos no se utilicen ni evacuen de manera que puedan constituir, a través de los alimentos, un riesgo para la salud.

El artículo 31 señala que los establecimientos deberán disponer de un sistema eficaz de evacuación de aguas residuales, el que deberá mantenerse en buen estado de funcionamiento. Todos los conductos de evacuación (incluidos los sistemas de alcantarillado) deberán ser diseñados para soportar cargas máximas y deberán construirse de manera que se evite la contaminación del abastecimiento de agua potable.

El Título IV trata de los contaminantes. De acuerdo al artículo N° 160, los elementos que se indican a continuación no podrán sobrepasar, en los alimentos señalados, los límites máximos siguientes:

|          |   |      |
|----------|---|------|
| Arsénico | Moluscos, crustáceos y gastrópodos  | 2,0* |
|          | Pescados frescos, enfriados, congelados y en conserva                                 | 1,0  |
|          | *Arsénico inorgánico  |      |
| Mercurio | Conservas de pescados y mariscos  | 1,0  |
|          | Pescado fresco, enfriado y congelado:   |      |
|          | talla pequeña   | 0,5  |
|          | talla grande como tiburón y albacora  | 1,5  |
|          | Mariscos frescos  | 0,5  |
| Plomo    | Conservas de pescados y mariscos, pescados y mariscos frescos, enfriados y congelados | 2,0  |

El Título XII trata de los pescados y entrega las siguientes definiciones:

- **Pescado fresco:** es aquel recientemente capturado y que no ha sido sometido a ningún proceso después de su extracción, a excepción del eviscerado cuando corresponda.
- **Pescado fresco enfriado:** es aquel que después de su extracción, ha sido eviscerado y enfriado a una temperatura entre 0 y 3°C con el objeto de conservarlo durante su distribución.

- *Pescado congelado*: es aquel que recientemente capturado, es procesado y sometido a una temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  como máxima, medida en su centro térmico.
- *Pescado ahumado*: es aquel, que previamente salado o no, es sometido a la acción del humo de maderas duras u otro procedimiento.

Todos los pescados frescos y enfriados que se expenden o elaboren deben ser eviscerados tan pronto sean capturados, excepto algunas especies de talla reducida (sardinias, pejerreyes, anchovetas y otros). El artículo N° 318 señala que el pescado fresco que no sea eviscerado inmediatamente después de su captura, sólo podrá comercializarse si ha sido sometido de inmediato a la congelación a temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  como máxima, medida en su centro térmico. Por su parte, el artículo N° 319 señala que el pescado fresco destinado a la exportación, podrá transportarse y comercializarse sin eviscerar previa autorización en tal sentido del Director del Servicio de Salud correspondiente.

El Título XIII trata de los mariscos, el Art. N° 325 señala que marisco es todo aquel animal invertebrado comestible que tiene en el agua su medio normal de vida. Comprende moluscos, crustáceos, equinodermos, tunicados y otros. Por su parte el artículo N° 326 señala que los mariscos que pueden permanecer vivos fuera de su medio natural (bivalvos, crustáceos, equinodermos y tunicados), cuando se expendan en estado fresco, deberán ser conservados vivos hasta el momento de su venta.

Existe la siguiente clasificación:

- *Marisco fresco*: es aquel recientemente capturado y que no ha sido sometido a ningún proceso después de su extracción.
- *Marisco fresco enfriado*: es aquel que después de su extracción ha sido enfriado a una temperatura entre  $0$  y  $3^{\circ}\text{C}$ , con el objeto de conservarlo durante su distribución.
- *Marisco congelado*: es aquel que inmediatamente después de su extracción ha sido procesado y sometido a una temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  como máxima, medidos en su centro térmico.

Se imponen algunas restricciones a los mariscos:

- Los mariscos que se comercialicen para el consumo humano deberán estar exentos de quistes de parásitos.
- Los mariscos destinados al consumo humano no podrán contener más de  $80\ \mu\text{g}/100\ \text{g}$  de producto de veneno paralítico de moluscos (VPM) ni más de  $20\ \mu\text{g}/\text{g}$  de producto de veneno amnésico de los mariscos (VAM) ni dar positiva la prueba del bioensayo para toxina diarreica de los mariscos (VDM). En las áreas declaradas como afectadas por marea roja por la autoridad sanitaria, ésta establecerá, mediante resolución, las especies de mariscos cuya recolección o captura queda prohibida. En tales áreas, el Servicio de Salud podrá autorizar mediante resolución fundada, la recolección, captura y procesamiento industrial de mariscos contaminados con toxinas de marea roja en aquellos casos en que se demuestre que su procesamiento disminuye los niveles de toxina por debajo de los límites establecidos en el presente reglamento.
- El marisco expuesto a posibles contaminaciones, sean naturales o provocadas por el hombre, deberá ser sometido a un proceso de purificación, debiendo la autoridad sanitaria controlar la inocuidad del producto purificado.

El artículo N° 335 señala que la instalación y funcionamiento de establecimientos destinados a la crianza, cultivo, engorda y purificación de mariscos destinados al consumo, así como los viveros dedicados a la

comercialización de dichas especies, deberán ubicarse en lugares con agua limpia, cuyas condiciones microbiológicas permitan a los productos cumplir los requisitos establecidos en el Título V de este reglamento y contar con la autorización otorgada por el Servicio de Salud correspondiente.

## **1.2. Situación actual del marco legal ambiental aplicable a la acuicultura nacional**

### **1.2.1. Antecedentes sobre medidas de protección ambiental de la acuicultura contenidas en documentos emanados de organismos ambientales estatales**

Como ya se ha señalado en el análisis de la normativa nacional referida a antecedentes sobre medidas de protección ambiental de la acuicultura, son claras las atribuciones y requerimientos que en esta materia imponen a la actividad tanto la Ley General de Pesca y Acuicultura como la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente. En particular, en esta última, el tema es tratado en el Artículo 10, letra n), que incluye a los Proyectos de explotación intensiva, cultivo y plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos, entre aquellos proyectos que deben someterse al SEIA al ser susceptibles de causar impacto ambiental.

Otro tanto hace el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), el que en su Artículo 3, letra n), dispone lo mismo señalado anteriormente.

Por otra parte, con el fin de precisar los estudios y actividades que los interesados deben realizar a fin de dar cumplimiento a los requerimientos ambientales mencionados, diversas instituciones han desarrollado una variedad de Guías Metodológicas, orientaciones, pautas, entre otros, en las que se resumen las exigencias ambientales y se analizan en detalle los pasos más recomendables a seguir, entregando una suerte de recomendación por tipo de actividad acuícola respecto por ejemplo de la manera más correcta de encarar un estudio de correntometría en una línea de base, los parámetros a monitorear, etc.

Tal es el caso por ejemplo, de las "Orientaciones para la Evaluación de Impacto Ambiental: Procesamiento y Cultivo de Recursos Hidrobiológicos", documento elaborado y editado en 1999 por el Sub Departamento de Evaluación de Impacto Ambiental de CONAMA, con la asesoría técnica del Grupo de Estudios Ambientales Acuáticos (GEAA) de la Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile. Este manual presenta en su Capítulo 2 Orientaciones para la EIA en Proyectos de Plantas procesadoras de recursos Hidrobiológicos; en el Capítulo III, presenta Orientaciones para la EIA en Proyectos de Centros de Engorda de Especies Salmonídeas en Cuerpos Hídricos (balsas jaula); en el Capítulo IV, Orientaciones para la EIA en Proyectos de Centros de Cultivo de Bivalvos, y en el Capítulo V, Orientaciones para la EIA en Proyectos de Centros de Cultivo en Tierra (pisciculturas), incluyendo dentro de cada uno de ellos, aspectos referentes a la descripción del Proyecto, Área de influencia y Línea de base, Identificación, Predicción y Evaluación de Impactos, Plan de Manejo Ambiental y un Plan de Seguimiento o Monitoreo Ambiental.

Por su parte, se debe considerar aquí también la Guía de Revisión y Evaluación Técnica Sectorial de Estudios de Impacto Ambiental a La Zona Costera: Proyectos de Acuicultura, de 1997, del Departamento de Administración Pesquera del Servicio Nacional de Pesca, y que al igual que el anterior, entrega orientaciones generales para la revisión y evaluación de EIA. En este documento también se consideran,



entre otras cosas, orientaciones respecto de los elementos que debe contener un adecuado Plan de Seguimiento y Monitoreo Ambiental o Plan de Vigilancia Ambiental.

Sin perjuicio de la importancia que como elementos de orientación puedan tener los documentos anteriores, se considera como un documento de mucho mayor importancia por su peso específico y fortaleza legal, el futuro Reglamento de Medidas de Protección del Medio Ambiente para las Actividades de Acuicultura, que se encuentra en desarrollo en la Subsecretaría de Pesca. Cuando fue revisado, este documento en elaboración estaba estructurado en base a 5 Títulos y 30 Artículos (2 de ellos transitorios), de los que el Título II se refiere a disposiciones especiales para algas, moluscos, equinodermos y peces, y el Título III se refiere a la Evaluación Preliminar de Sitio y del Seguimiento Ambiental, consignando en los artículos 20 al 27 disposiciones relevantes referentes a la realización de un plan de seguimiento ambiental en el área de influencia del cultivo. Cabe señalar que a diferencia de las guías citadas anteriormente, el énfasis del seguimiento en este proyecto de reglamento se centra en el monitoreo de macrofauna bentónica (número de ejemplares vivos/familia/m<sup>2</sup>), granulometría, concentración de materia orgánica e inorgánica, características de la población cultivada. Además, se solicita incorporar antecedentes sobre análisis técnico de la situación ambiental del centro referida al muestreo, uso de productos químicos y biológicos durante el período, e información referente a la cantidad de alimento suministrado, factor de conversión, etc. El artículo 1 transitorio otorga un plazo de 2 años para iniciar el cumplimiento de sus disposiciones, el artículo 2 transitorio afecta a titulares que deben disminuir la densidad de cultivo y que no tienen espacio concedido para ello.

Similar tenor tiene respecto de las exigencias de monitoreo, el Documento de Apoyo para la Elaboración de la DIA para Centros de Cultivo de Salmónidos en el Mar (versión de septiembre de 2000), preparado por el Sub Departamento de Evaluación de Impacto Ambiental de la CONAMA de la Xa Región de Los Lagos, el cual además incluye una serie de exigencias adicionales en el monitoreo, pero que de acuerdo a información reciente será simplificado y concordante con el Reglamento en preparación de SUBPESCA ya aludido.

Cabe mencionar aquí también los Códigos de Práctica para la Acuicultura (Hatcheries, Centros de Smolts y Centros de Engorda), editado en 1999 por la Fundación Chile, y que a diferencia de los anteriores, buscan generar un programa de certificación Ambiental de la Acuicultura de carácter voluntario, en el cual el acuicultor se compromete a cumplir una serie de recomendaciones contenidas en los Códigos, incluyendo requerimientos de monitoreo, a cambio de los cuales Fundación Chile otorga una certificación (tipo sello azul) que el acuicultor puede exhibir en sus productos en el mercado internacional. Respecto del monitoreo, dichos códigos incluyen la medición de variables físicas y químicas en la columna de agua y en el sedimento, así como el muestreo y caracterización poblacional y comunitaria de biota, en forma similar al reglamento de SUBPESCA.

Aparte de los anteriores, que tiene directa relación con los centros de cultivo, se puede mencionar la Guía Metodológica de Revisión Técnica Sectorial de Estudios de Impacto Ambiental en el Medio Ambiente Acuático de Jurisdicción Nacional para proyectos que contemplan Descargas de Residuos Líquidos, de Puertos y Terminales Marítimos u Otros, de DIRECTEMAR (1999) y que dicha Institución emplea tanto en forma interna para revisión y evaluación de DIAs, como Guía Pública (se encuentra disponible en su página web, [www.directemar.cl](http://www.directemar.cl), pero referida fundamentalmente en este caso a plantas de procesamiento de recursos hidrobiológicos. Aquí también existe orientación para el desarrollo de planes de monitoreo en la columna de agua, sedimento y biota.

Es posible por otra parte, contrastar el análisis anterior con lo que ocurre en la realidad. Como es sabido, CONAMA publica en su sitio web, [www.conama.cl](http://www.conama.cl), un listado de los proyectos que han sido sometidos al SEIA, pudiendo efectuarse entonces un examen de aquellos proyectos de acuicultura que han obtenido su Resolución de Calificación Ambiental favorable. De acuerdo a lo anterior, una mirada a dichos proyectos a través de Internet permite constatar que en términos generales, los parámetros que con mayor frecuencia se están requiriendo en los proyectos, corresponden a los siguientes.

- características generales del sedimento (granulometría, contenido de materia orgánica y cobre por compuestos antifouling)
- antibiogramas (capacidad inhibitoria del sedimento, etc.)
- caracterización de la biota bentónica del lugar: indicadores de biodiversidad, curvas ABC, presencia/ausencia de organismos empleados como bioindicadores, etc.)

En este sentido, se puede señalar que comienza a existir consenso en que el análisis del sedimento y de la fauna asociada al mismo es la fuente más importante para obtener información relevante respecto de los impactos que causan las diferentes actividades de acuicultura sobre el ambiente acuático. Ello apunta en la misma dirección que lo señalado por la Dra. Doris Soto, de la Universidad Austral de Chile, sede Puerto Montt, quien en el resumen de su presentación denominada "Compatibilización de las Normativas de Calidad para Aguas Dulces y Marinas con la Salmonicultura: Desafíos para el Manejo Ambiental en el Nuevo Siglo", en las IV Jornadas de Salmonicultura (Puerto Varas, 25 al 27 de Octubre de 2000), señala que "en este sentido, se evidencia la necesidad de fomentar una salmonicultura ambientalmente sustentable y compatible de hecho con otras actividades del borde costero. Para que estos usos sean efectivos desde luego es necesario minimizar el uso de biocidas, antibióticos, etc., en la actividad salmonera. La situación actual de la salmonicultura puede generar varios puntos o sectores conflictivos tanto en aguas dulces, por ejemplo lago Llanquihue, lagos de Chiloé, como en el mar, en los sitios de alta densidad de cultivo como es el área de Puerto Montt, Calbuco y estuario de Reloncaví."

### 1.2.2. Síntesis de la situación actual

El escenario normativo actual (diciembre del 2001) se ve conformado por un cuadro bastante diferente de lo que se pudo constatar en los meses previos. Para empezar, el país cuenta por primera vez en su historia con una Norma de Emisión de aguas residuales a cursos o cuerpos de agua, lo que se complementa con la ya muy cercana fecha de promulgación de la Norma de Calidad de Aguas Continentales y su homóloga, la Norma de Calidad de Aguas Marinas. Otro avance notable también lo constituye el proyecto que se está desarrollando para CONAMA: "Antecedentes Técnico-Científicos para la Generación de la Norma de Calidad Secundaria de Sedimentos Marinos y Lacustres" --- por parte de este mismo grupo consultor ---, que sin lugar a dudas vendrá a complementar de manera muy adecuada las dos normas anteriores de calidad. Otros elementos de interés lo constituyen también la pronta aparición de una norma de aguas subterráneas, y la ya existente Norma de Descarga de Riles a Sistemas de Alcantarillado (DS 609), las que sin duda, consideradas en conjunto, conforman un poderoso marco normativo que viene a llenar un urgente vacío del que por años ha adolecido el sector ambiental acuático del país. Es en este marco precisamente, donde se debe centrar la también muy reciente aparición del RAMA, donde cabe preguntarse legítimamente, si no aparece un poco tarde o a destiempo, o si sus objetivos ya se encuentran cubiertos por otra normativa, lo que daría lugar a lamentables duplicidades de esfuerzos de monitoreo y fiscalización, entre otros problemas.

Cabe señalar que el RAMA se encuentra a mitad de camino entre una norma de calidad ambiental y una norma de emisión. Apunta a la mantención de la calidad del ambiente donde se desarrolla la acuicultura, controlando las emisiones casi siempre de tipo difuso de la acuicultura al mismo. Una gran diferencia la constituye que el RAMA controla una actividad específica: la Acuicultura, y tiene entes fiscalizados concretos, así como sanciones o restricciones definidas, como lo es una disminución de la producción en caso de comprobarse un marcado deterioro ambiental anaeróbico en un sitio tras dos años de monitoreo. Como contraparte, las Normas de Calidad no apuntan al control de una actividad específica, sino a la mantención de una cierta clase de calidad del agua, la que por lo demás, deberá ser definida por los mismos usuarios del cuerpo de agua en un trámite que pudiera resultar complicado o engorroso, o al menos polémico, como sin duda lo será el proceso de definir los usos prioritarios del cuerpo de agua por la comunidad o región del país interesada. Además, la norma de calidad no contempla sanciones (¿a quién sancionar?) sino que dicta las reglas del juego para el desarrollo de ciertas actividades en un cuerpo de agua con una calidad definida de su agua.

Entre los problemas con los que pudiera enfrentarse la necesaria interacción ante las normas de calidad y el RAMA, hay una que involucra al Sernapesca, en su calidad de fiscalizador de ambas normas, lo que se ve complicado a la hora de considerar cuáles serán los mecanismos de financiamiento que se deberán desarrollar para permitir que dicho organismo cumpla adecuadamente con su rol. Es evidente que se deberá racionalizar muy bien el tipo de monitoreo que efectúe, a fin de lograr cumplir con ambos programas de monitoreo con los mismos recursos, lo que lleva a la simple idea de evitar realizar dos programas de monitoreo diferentes, y en cambio, coordinar ambos monitoreos a fin de efectuar uno solo en la práctica. Cabe señalar que de todos los organismos fiscales, solo Sernapesca tendrá un activo rol en la fiscalización de la Norma de Calidad de Aguas Continentales, en el RAMA, y además, en la Norma de Calidad de Aguas Marinas, todo ello sin perjuicio de sus otras tareas.

El otro problema que se visualiza, es que a la hora de interpretar los resultados de los monitoreos que se exijan al sector acuicultor, se deberá ser capaz de discriminar la variabilidad natural del sistema de la que no lo es, a fin de no provocar sanciones o limitaciones de la producción injustificadas producto de la confusión de dos fenómenos diferentes, y que evidentemente en nada favorecerán al sector. En conclusión, si se va a limitar en un porcentaje la producción de un centro de cultivo, más vale que se disponga de antecedentes concluyentes respecto del efecto ambiental de la acuicultura, o de si fue ésta o dicho centro los responsables del alza de nutrientes en un cuerpo de agua dado, y que ello no respondió a un fenómeno natural fluctuante que desaparecerá en forma natural, con o sin mitigación y sanciones para volver a aparecer posteriormente. Al respecto, se considera que el país aún dista mucho de otros países con una base de datos ambientales propios que permiten la aplicación exitosa y viable de modelos predictivos del comportamiento del cuerpo de agua, y que son absolutamente inútiles si se desconoce casi todo del mismo. Asimismo, no parece recomendable la idea de pretender modelar y predecir la respuesta de una cuenca o cuerpo de agua en función de las respuestas encontradas en otro, ya que se corre el riesgo de efectuar un mal pronóstico y por ende las conclusiones. A nadie debe sorprender que dos lagos muy similares pueden reaccionar en forma totalmente diferente ante el ingreso de la misma carga de nutrientes, y lo que es válido para uno, puede que no afecte al otro, o peor, lo que no afecte a uno puede destruir al otro. La aplicación de modelos, así como la aplicación de medidas restrictivas a la producción pueden resultar peligrosas si no se cuenta con información de línea de base de primer nivel y de carácter local.

Respecto de la idea de duplicidad de proyectos normativos aparentemente similares, como las normas de calidad y el RAMA, la respuesta, a juicio de esta consultora, es que todo dependerá de cómo se coordinen los diferentes organismos e instituciones involucradas, y que se disponga de la claridad y voluntad necesarias para comprender que en principio, no debieran existir los problemas señalados, ya que las normas mencionadas y el RAMA apuntan a fines similares, pero definitivamente diferentes, y absolutamente complementarios. En primer lugar, también resulta cierto que por vez primera también existirá en nuestro país una normativa regulatoria ambiental específicamente diseñada y enfocada a la acuicultura (y no sólo a la salmonicultura).

Cabe señalar al respecto, que la legislación que aún continúa vigente a la fecha, el Decreto Supremo N° 175 del 24 de marzo de 1980, que aprueba el Reglamento para realizar actividades pesqueras, y las modificaciones posteriores establecidas en el DS N° 427 del 10 de febrero de 1990, ambos del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, tiene serias deficiencias y limitaciones. Dicha reglamentación es incompleta, limitada solamente a la salmonicultura y obsoleta en varios aspectos, por lo que se encuentra sobrepasada en términos prácticos, dando pie a la existencia de impactos ambientales de diverso tipo asociados al desarrollo de actividades acuícolas y que aún no resultan adecuadamente controlados debido a dichos vacíos legales, entre otras múltiples causas, pudiendo citarse además una muy limitada capacidad de fiscalización por parte de las autoridades correspondientes.

A lo anterior, se debe agregar que en términos de legislación ambiental seria, coordinada y eficaz, el país recién comienza a ver su aparición, dado que la Ley General de Bases del Medio Ambiente apareció hace 6 años, y algunos de sus Reglamentos, como el del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, SEIA, son aún más recientes. Asimismo, recién en los dos últimos años se ha podido apreciar una creciente tendencia a la coordinación y concertación de actividades por parte de los organismos fiscalizadores, algo que se considera fundamental para alcanzar un grado de eficiencia acorde a las exigencias que impone el desarrollo actual de la Acuicultura y de muchas otras actividades en el país.

Se considera que, dentro del marco de muy reciente desarrollo de la normativa ambiental chilena, y que aún dista de verse completado, las normas o proyectos de norma mencionados están llamados a jugar un rol clave en el control ambiental de la Acuicultura. Juegan además un rol importante otras iniciativas, como el Proyecto de Fortalecimiento del Sector Público para la Prevención, Manejo y Control Coordinado de Introducciones de Especies Exóticas, coordinadas por parte de CONAMA con amplia participación de las autoridades sectoriales directamente involucradas en esta problemática, incluyendo a SUBPESCA, Sernapesca, DIRECTEMAR y CONAMA, entre otros.

Además, cabe mencionar brevemente la Norma Chilena NCh1333, que establece la calidad de las aguas para diversos usos, pero que cuenta con el gran inconveniente de verse impedida su masiva aplicación en el país, dado que muchos de sus límites para diversos parámetros descansa en la realización de bioensayos, cuando es sabido que aún no existe el nivel de estandarización de procedimientos a nivel nacional que ello presupone. Al respecto, se encuentra en etapa de formación el Comité Nacional de Ecotoxicología, que jugará junto a CONAMA un rol central en la solución de este obstáculo.

De acuerdo con lo anterior, básicamente se considera que el proyecto de Reglamento de Medidas de Protección del Medio Ambiente para las Actividades de Acuicultura, que se encuentra en desarrollo en la Subsecretaría de Pesca, es el principal actor de las normas citadas en lo que se refiere a la regulación ambiental de la acuicultura. La versión final del mismo, ha experimentado un notable proceso evolutivo desde sus versiones iniciales, dejando atrás algunos errores que habrían entrabado su aplicación y

complicado el adecuado desarrollo del sector acuicultor, particularmente del más precario. En su versión actual, dicho proyecto contiene importantes vínculos a otras normativas, pudiendo citarse por ejemplo, que se hace mención a que los proyectos deberán haber sido sometidos y aprobados por el SEIA.

Respecto de este punto, cabe señalar que existe a través del mismo un nexo directo con las Normas de Calidad de Aguas Dulces y Marinas citadas más arriba, ya que justamente uno de los mecanismos que empleará CONAMA para definir un cuerpo de agua como latente o saturado será que la Calidad Actual del mismo sea inferior a la Calidad Objetivo que para él se establezca en función de la aplicación de dichas normas ambientales.

Otro nexo con las mismas dos normas de calidad se establece a través de los planes de Monitoreo o Seguimiento Ambiental de la Calidad del Agua que exigen estos tres cuerpos normativos, y que a juicio de esta Consultora demandarán un importante esfuerzo de coordinación por parte de las autoridades a cargo de la ejecución de los mismos, a fin de evitar duplicidades de esfuerzos con el consiguiente menoscabo económico fiscal y de optimización de la eficiencia. Si se logra dicha coordinación, se considera que estos mismos tres cuerpos normativos constituirán en conjunto un fundamental y poderoso motor para el logro del objetivo de desarrollar una Acuicultura ambientalmente sustentable que los tres persiguen de acuerdo a sus propios objetivos, en el caso de los de Calidad como usos a ser protegidos, en el caso del Reglamento de Acuicultura como punto central de su actividad.

Existen por otra parte, otros puntos de nexo entre el citado Reglamento en desarrollo en SUBPESCA y otras normas ambientales. Por ejemplo, dicho cuerpo legal señala, "Los efluentes y la evacuación de desechos provenientes de centros de cultivo de recursos hidrobiológicos deberán cumplir, respectivamente, con las normas de emisión y de calidad ambiental fijadas de acuerdo a los artículos 40 y 32 de la Ley Nº 19.300 de Bases del Medio Ambiente". Ello lo conecta directamente con la Norma de Emisión (DS 90/2000).

Asimismo, existe conexión con el proyecto de Fortalecimiento del Sector Público para la Prevención, Manejo y Control Coordinado de Introducciones de especies Exóticas, que ejecuta actualmente CONAMA, cuando se señala que "...No se podrá liberar ejemplares de centros de cultivo al medio natural, sin previa autorización que para cada caso otorgue la Subsecretaría de Pesca, y sólo con fines experimentales, de repoblamiento de especies nativas o de apoyo a la pesca deportiva.

En caso alguno procederá la liberación de organismos vivos modificados, o que no se distribuyan habitualmente en el área geográfica en la cual se pretenden liberar, cualquiera sea su etapa de desarrollo."

Asimismo, es conveniente que el lavado e impregnación de redes con antiincrustantes, sólo deba realizarse en talleres cuya planta de tratamientos haya sido autorizada por la autoridad correspondiente o que haya sido autorizada mediante una Resolución de Calificación Ambiental aprobatoria.

Se indica en el RAMA que "Se deberá presentar una Evaluación Preliminar de Sitio, en adelante EPS, a fin de determinar la condición ambiental del sector solicitado: ... b) en todo caso de cultivo de organismos vivos modificados genéticamente, de centros que contemplen el cultivo de microalgas, y de salas de incubación de recursos hidrobiológicos, que requieran el suministro de aguas de origen terrestre, marítimo o estuarino"

En estos casos y otros que sería largo de analizar, existe como se ha señalado, un fuerte vínculo de este Reglamento con las iniciativas de CONAMA y los Servicios destinados a implementar en el país una Política Nacional para la Introducción de Especies Hidrobiológicas Exóticas al Territorio Nacional”, en consideración a que existen fundamentos ya probados de que en muchos casos, la llamada “Contaminación Biológica” es mucho más dañina para los ecosistemas y sus comunidades que la contaminación derivada de la descarga de sustancias químicas de diverso tipo.

En conclusión, no se divisan duplicidades entre las normas en comento, sino más bien, el desarrollo de tareas complementarias y el mutuo apoyo en busca de la meta común del desarrollo sustentable de la acuicultura y de otros usos en nuestros cuerpos de agua.

### 1.3. Análisis de la normativa ambiental extranjera

Una de las actividades contempladas en el presente estudio, consistió en efectuar una recopilación y análisis de la Normativa Internacional referida a la Calidad de Aguas, lo que permitirá tener mayores antecedentes para poder establecer los parámetros que se propone monitorear. El presente punto en consecuencia dice relación con la recopilación de antecedentes relacionados con las normativas internacionales, así como su análisis comparativo, en función de los usos a que se destinan las aguas. En este Informe de Avance se han consultado diversas normativas internacionales, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- US EPA National Recommended Water Quality Criteria–Correction
- Canadian Water Quality Guidelines
- EU Water Quality Guidelines

En un trabajo efectuado por J. Homsy y asociados para la CONAMA (Kristal, 1996), en el cual esta consultora tuvo directa participación en la parte marina de las normas propuestas, se efectuó un análisis comparativo de la Normativa de Calidad Ambiental de diferentes países, el que sigue teniendo plena validez y vigencia para los efectos del presente análisis, y que se presenta a continuación.

Se recopiló información disponible relativa a aquellos países donde la Normativa es una práctica establecida (Estados Unidos a través de la United States Environmental Protection Agency, USEPA, la Comunidad Económica Europea a través del EEC, Canadá, etc.), varios de los cuales tienen también importante actividad de Acuicultura. Finalmente, se describen aspectos relevantes de los efectos ocasionados por la presencia de aquellos parámetros de mayor incidencia en la calidad de los cursos de agua y el consecuente uso a que se puedan destinar, lo que permitirá tener una idea de su importancia y consecuente selección.

En este punto, se prestó especial atención al criterio establecido por la Normativa extranjera en términos de Calidad de Aguas en función del Uso a que se destinan, destacando que todos los países fijan su Normativa en términos de concentración (mg/L).

Cabe señalar sin embargo, como se advierte en el trabajo de Kristal, que cualquier comparación con la normativa internacional de países desarrollados especialmente, debe tener en consideración que en ellos, la población obtiene servicios de abastecimiento de Agua Potable de un alto estándar de calidad en todos sus aspectos, acompañado de sistemas de recolección, tratamiento y disposición de Aguas Residuales

(Servidas Domésticas y RIL) de alta eficiencia y altos costos asociados para el control de la contaminación. Colateralmente, ello va acompañado de rigurosos mecanismos de regulación y de economía que incentivan a los generadores de aguas residuales a efectuar los esfuerzos necesarios para el mejoramiento en el nivel de calidad de sus efluentes.

En países en vías de desarrollo en cambio, la situación es diferente, pues las coberturas de abastecimiento de agua potable no son en general comparables a las de los países desarrollados, con la consecuente baja cobertura en redes de alcantarillado, y menor aún de sistemas de tratamiento de aguas residuales y adecuada disposición final de las mismas. Ello, debido fundamentalmente a que el logro de dichos objetivos se encuentra asociado a elevados costos económicos que muchos de los países en vías de desarrollo no se encuentran en condiciones de absorber, pudiéndose acotar que nuestro país se encuentra en la actualidad en una situación intermedia. A la luz de lo anteriormente expuesto, el análisis y evaluación contemplará las siguientes normativas y países:

- Estados Unidos de América (USEPA)
- Comunidad Económica Europea (CEE)
- Canadá
- Francia
- Japón
- Suecia

Para efectuar el análisis comparativo, es necesario destacar que el establecimiento de límites de concentración de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de los cuerpos de agua, está basado fundamentalmente en definir la mínima calidad que permita mantener un nivel de seguridad en el uso(s) específico(s) actual(es) y potenciales a que se destinan.

De acuerdo a lo señalado en el trabajo de Kristal, se deben definir los Objetivos de Calidad de Agua para cada uso, en forma previa a la definición de los parámetros y valores máximos admisibles que permitan el logro de los Objetivos de Calidad Ambiental (OCA), también previamente definidos en función de los usos se van a normar. No obstante, las Normas de Calidad Ambiental pueden ser del tipo Genéricas o Unicas, siendo las primeras aquellas que toman en consideración la clasificación y condiciones específicas de los usos de los cuerpos de agua, en tanto que las segundas pueden ser considerada como "tabla plana" con valores únicos, a ser aplicada en toda situación independientemente del cuerpo de agua. Un ejemplo de lo anterior se puede ver en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1. Clasificación de normas genéricas de calidad de aguas**

| <b>AGUAS DULCES (Ríos y Lagos)</b>       | <b>AGUAS MARINAS</b>                |
|--|-------------------------------------|
| Protección de comunidades dulceacuícolas | Protección de comunidades acuáticas |
| Acuicultura y pesca deportiva            | Acuicultura                         |
| Agua para consumo humano                 | Pesca artesanal                     |
| Recreación con y sin contacto directo    | Pesca industrial                    |
| Riego restringido e irrestricto          | Recreación con contacto directo     |
| Actividades industriales                 | Actividades industriales            |
| Bebida para animales                     | Puertos                             |
| Navegación                               | Navegación                          |

Por otro lado, analizando los usos a que está sujeto un cuerpo de agua, se aprecia la existencia de un grado de vulnerabilidad del uso en lo que dice relación con la calidad del agua que cada uso requiere. En ese sentido, se debe destacar que existe una especie de gradiente de usos, toda vez que si se protegen los objetivos de calidad más exigentes, el cuerpo de agua es apto para todos los otros usos cuyos objetivos son menos restrictivos, adquiriendo una calidad de agua multiuso que contempla mayor cantidad de usos cuanto mayor es la calidad de las aguas.

Así por ejemplo, si se protege la actividad de acuicultura, la calidad de las aguas es tal que permite otros usos como recreación, pesca, navegación, actividad industrial, etc., en tanto que aguas aptas solo para abastecimiento industrial y navegación, solamente sirven para esos usos y no otros. Dicho de otra manera, existe un espectro de usos que va desde aquellos que solo pueden ser realizados en aguas de primera calidad, pasa por otros que pueden resistir niveles de calidad inferiores, y termina en aquellos que pueden desarrollarse en aguas de una calidad tan baja que excluye su empleo para otros usos.

Confirmando la idea anterior, la literatura extranjera muestra que en muchos casos, especialmente para usos similares, las diferencias en los valores normados son mínimas, por lo que resulta más adecuado establecer una de tipo multiuso, con clases de calidad apropiadas para usos similares. Considerando la característica ventajosa de que una determinada calidad de agua acepta más de un uso, se aprecia la conveniencia de definir **Clases de Agua por su Calidad**, no por sus usos, permitiendo lo siguiente:

- Contar con normativas simplificadas y confiables, aplicables a cualquier cuerpo de agua.
- Evitar complejidades cuando determinados segmentos del cuerpo de agua pueden estar sujetos a múltiples usos.
- Minimizar los costos de monitoreo de la calidad del cuerpo de agua.

Revisada la bibliografía internacional, se puede apreciar que dicho esquema es ampliamente usado en muchos países (Brasil, Francia, Italia, Japón, etc.), los que definen Clases de Calidad de Agua, que permiten determinados usos específicos. A objeto de visualizar a cabalidad las clases de aguas asociadas a los usos a que se ven afectas, se presenta a continuación un análisis comparativo de las clasificaciones anteriormente mostradas (Tabla 1.2).

La Clase 1 es definida por todos los países como Apta para Todo Uso. Francia, Japón e Inglaterra definen una división de 2 subclases entre aguas igualmente aptas para todo uso, pero con una de ellas de calidad ligeramente inferior a la otra (Tabla 1.3 y 1.4).



Tabla 1.2. Comparación de los distintos usos incluidos en la Clase 1 en distintos países

| USO CLASE 1                                       | Francia | Italia | Japón | Inglaterra |
|---|---------|--------|-------|------------|
| Conservación medioambiente natural                | •       | •      | •     | •          |
| Suministro agua potable.                          | •       |        |       | •          |
| Captación agua para potabilizarla por tratamiento |         |        |       |            |
| Primario  | •       | •      | •     | •          |
| Secundario  | •       | •      | •     | •          |
| Avanzado  | •       | •      | •     | •          |
| Actividades                                       |         |        |       |            |
| Pesca   | •       | •      | •     | •          |
| Industrial  | •       | •      | •     | •          |
| Recreación  |         |        |       |            |
| Con contacto directo                              | •       | •      | •     | •          |
| Sin contacto directo                              | •       | •      | •     | •          |
| Riego   |         |        |       |            |
| Restringido                                       |         | •      | •     | •          |
| Irrestringido                                     |         | •      | •     | •          |
| Bebida para animales                              |         | --     | --    | •          |

Tabla 1.3. Comparación de los distintos usos incluidos en la Clase 2 en distintos países

| USO CLASE 2                                       | Francia | Italia | Japón | Inglaterra |
|---|---------|--------|-------|------------|
| Conservación medioambiente natural                |         | •      |       |            |
| Captación agua para potabilizarla por tratamiento | •       |        |       |            |
| Primario  |         |        |       | •          |
| Secundario  |         | •      |       | •          |
| Avanzado  |         |        | •     | •          |
| Actividades                                       |         |        |       |            |
| Pesca   | --      | •      | •     | •          |
| Industrial  | •       | •      | •     | •          |
| Recreación  |         |        |       |            |
| Con contacto directo                              |         |        |       |            |
| Sin contacto directo                              | •       |        |       | •          |
| Riego   | •       | •      | •     |            |
| Bebida para animales                              | •       | --     | --    | --         |

Tabla 1.4. Comparación de los distintos usos incluidos en la Clase 3 en distintos países

| USO CLASE 3  | Francia | Italia | Japón | Inglaterra |
|--|---------|--------|-------|------------|
| Conservación medioambiente Natural                         |         | ●(1)   |       | ●(2)       |
| Captación agua para potabilizarla por tratamiento Avanzado |         | ●      |       |            |
| Actividades Pesca  |         | ●      | ●     |            |
| Industrial   | ●       | ●      | ●     |            |
| Riego  | ●       | ●      | ●     |            |

(1). Ausencia de toxicidad a la vida acuática.

(2). Vida acuática limitada

### 1.3.1. Valores establecidos en la normativa de distintos países que clasifican las aguas por su calidad

Se presenta una reseña de los criterios y valores establecidos por la normativa Internacional de los países que norman bajo el concepto de calidad ya discutido. La peor de las varias clases de calidad generada de los parámetros representa la clase de calidad que se atribuye al muestreo en su conjunto.

**Francia**

**Tabla 1.5. Valores para las distintas clases de aguas continentales según su calidad en Francia**

| PARAMETROS                                 | 1 <sup>a</sup> | 1B        | 2            | 3           |
|--|----------------|-----------|--------------|-------------|
| Conductividad (μS/cm a 20 °C)              | ≤ 400          | 400-750   | 750-1.500    | 1.500-3.000 |
| Temperatura (°C)                           | ≤ 20           | 20-22     | 22-25        | 25-30       |
| pH   | 6,5-8,5        | 6,5-8,5   | 6-9          | 5,5-9,5     |
| Sól. Susp. (mg/L)                          | ≤ 30           | ≤ 30      | ≤ 30         | 30-70       |
| Oxígeno Disuelto (mg/L)                    | > 7            | 5-7       | 3-5          | aca (*)     |
| Oxígeno Disuelto % saturación              | > 90%          | 70-90     | 50-70        |             |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                    | ≤ 3            | 3-5       | 5-10         | 10-25       |
| DQO (mg/L)                                 | ≤ 20           | 20-25     | 25-40        | 40-80       |
| NH <sub>4</sub> (ug/L)                     | ≤ 100          | 100-500   | 500-2000     | 2000-8000   |
| NO <sub>3</sub> (mg/L)                     | < 44           | 44-100    |              |             |
| N total (Kjeldahl) (ug/L)                  | ≤ 1000         | 1000-2000 | 2000-3000    | > 3000      |
| Fe (mg/L)                                  | 0,5            | 0,5-1     | 1-1,5        | -           |
| Mn (mg/L)                                  | ≤ 0,1          | 0,1-0,25  | -            | 0,25-0,50   |
| F (mg/L)                                   | ≤ 0,7          | 0,7-1,7   | 0,7-1,7      | > 1,7       |
| Cu (mg/L)                                  | ≤ 0,02         | 0,02-0,05 | 0,05-1       | > 1         |
| Zn (mg/L)                                  | ≤ 0,5          | 0,5-1     | 1-5          | > 5         |
| As (mg/L)                                  | ≤ 0,01         | ≤ 0,01    | 0,01-0,05    | > 0,05      |
| Cd (mg/L)                                  | ≤ 0,001        | ≤ 0,001   | ≤ 0,001      | ≤ 0,001     |
| Cr (mg/L)                                  | ≤ 0,05         | ≤ 0,05    | ≤ 0,05       | ≤ 0,05      |
| CN (mg/L)                                  | ≤ 0,05         | ≤ 0,05    | ≤ 0,05       | ≤ 0,05      |
| Pb (mg/L)                                  | ≤ 0,05         | ≤ 0,05    | ≤ 0,05       | ≤ 0,05      |
| Se (mg/L)                                  | ≤ 0,01         | ≤ 0,01    | ≤ 0,01       | ≤ 0,01      |
| Hg (mg/L)                                  | ≤ 0,0005       | ≤ 0,0005  | ≤ 0,0005     | ≤ 0,0005    |
| Fenoles (mg/L)                             | -              | ≤ 0,001   | 0,001-0,05   | 0,05-0,5    |
| Detergente (mg/L)                          | ≤ 0,2          | ≤ 0,2     | 0,02-0,5     | > 0,5       |
| Cloroformo extraíble (mg/L)                | ≤ 0,2          | 0,2-0,5   | 0,5-1        | > 1         |
| Coliformes (por 100 mL)                    | ≤ 50           | 50-5.000  | 5.000-50.000 | -           |
| E. coli (por 100 mL)                       | ≤ 20           | 20-2.000  | 2.000-20.000 | -           |
| <i>Streptococcus</i> Fecal (por 100 mL)    | < 20           | 20-1.000  | 1.000-10.000 | -           |
| Dif. entre el índice biót. e índice normal | 1              | 2 o 3     | 4 o 5        | 6 o 7       |

(\*) aca: ambiente constantemente aeróbico

NOTA. Cada parámetro asigna una determinada calidad del agua si la medida más favorable obtenida corresponde al límite más bajo indicado en la tabla para al menos el 10% de las medidas.

**Italia****Tabla 1.6. Valores para las distintas clases de aguas continentales según su calidad en Italia**

| PARAMETROS                | Clase A  | Clase B  | Clase C  | Clase D   |
|---------------------------|--|--|--|---|
| ΔTemperatura °C           | 1.5 <sup>(1)</sup>                                   | 1.5 <sup>(1)</sup>                                   | 3 <sup>(1)</sup>                                     | 3 <sup>(1)</sup>                                  |
| Oxígeno disuelto, mg/L    | 50% = 9 <sup>(2)</sup><br>100% = 7 <sup>(3)</sup>    | 50% = 9 <sup>(2)</sup><br>100% = 7 <sup>(3)</sup>    | 50% = 8 <sup>(2)</sup><br>100% = 5 <sup>(2)</sup>    | 50% = 7 <sup>(2)</sup><br>100% = 4 <sup>(2)</sup> |
| Oxígeno disuelto sat., %  | 50% = 100 <sup>(2)</sup><br>100% = 75 <sup>(3)</sup> | 50% = 100 <sup>(2)</sup><br>100% = 75 <sup>(3)</sup> | 50% = 100 <sup>(2)</sup><br>100% = 60 <sup>(3)</sup> | 100% = 45 <sup>(3)</sup>                          |
| pH                        | 6.5-8.5  | 6.5-8.5  | 6-9  | 6-9   |
| Alcalinidad               | 20% <sup>(4)</sup>                                   | 25% <sup>(4)</sup>                                   | 25% <sup>(4)</sup>                                   | 25% <sup>(4)</sup>                                |
| Color escala Pt, mg/L     | 10   | 50   | 50   | 100   |
| Olor (fact. dil. a 25 °C) | 3  | 10   | 20   | 20  |
| Transparencia, m          | 1  | 1  | 1  | 0.5   |
| Conductividad, μS         | 1.000  | 1.000  | 1.000  | 1.000   |
| Sólidos suspendidos, mg/L | 25 <sup>(5)</sup>                                    | 25 <sup>(5)</sup>                                    | 25 <sup>(5)</sup>                                    | 80 <sup>(5)</sup>                                 |
| DBO <sub>5</sub> , mg/L   | 3  | 5  | 7  | 10  |
| DQO, mg/L                 | 10   | 15   | 20   | 30  |
| Cloruro, mg/L             | 150  | 150  | 150  | 150   |
| Cloro resid., μg/L        | 5  | 5  | 5  | 5   |
| Sulfato, mg/L             | 150  | 150  | 150  | 250   |
| Fósforo total, μg         | 50 <sup>(6)</sup>                                    | 50 <sup>(6)</sup>                                    | 50-100 <sup>(6)</sup>                                | 50-100 <sup>(6)</sup>                             |
| Amonio indisoluble, μg/L  | 4.8  | 12.1   | 24.2   | 24.2  |
| Amonio total, μg/L        | 49   | 243  | 486  | 972   |
| Nitrito, mg/L             | 0,011  | 0,021  | 0,064  | 0,129   |
| Nitrato, mg/L             | 13.6   | 27.2   | 27.2   | 54.3  |
| Fluoruro, μg/L F          | 1  | 1.5  | 1.5  | 1.5   |
| Plata, μg/L Ag            | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,4   |
| Aluminio, μg/L Al         | 100  | 100  | 100  | 100   |
| Arsénico, μg/L As         | 10   | 25   | 50   | 50  |
| Boro, μg/L B              | 100  | 200  | 200  | 200   |
| Bario, μg/L Ba            | 50   | 100  | 100  | 100   |
| Berilio, μg/L Be          | 10   | 10   | 10   | 10  |
| Cadmio, μg/L Cd           | 0,5  | 1  | 2  | 5   |
| Cobalto, μg/L Co          | 0,5  | 2  | 2  | 2   |
| Cromo, μg/L Cr            | 10   | 50   | 50   | 100   |
| Cobre, μg/L Cu            | 5  | 10   | 10   | 20  |
| Fierro, μg/L Fe           | 100  | 300  | 1.000  | 1.000   |
| Mercurio, μg/L Hg         | 0,1  | 0,5  | 0,5  | 1   |
| Silicato, mg/L Si         | 10   | 10   | 20   | 20  |
| Manganeso, μg/L Mn        | 50   | 100  | 100  | 200   |

Tabla 1.6 (Cont.) . Valores para las distintas clases de aguas continentales según su calidad en Italia

| PARAMETROS   | Clase A           | Clase B           | Clase C           | Clase D           |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Níquel, µg/L Ni                                      | 5                 | 10                | 25                | 25                |
| Plomo, µg/L Pb                                       | 5                 | 10                | 25                | 25                |
| Selenio, µg/L Se                                     | 5                 | 5                 | 5                 | 10                |
| Estaño, µg/L Sn                                      | 5 (7)             | 5 (7)             | 25 (7)            | 25 (7)            |
| Zinc tot., µg/L Zn                                   | 50                | 50                | 100               | 100               |
| Cianuro, µg/L Cn                                     | 5                 | 5                 | 10                | 10                |
| Fenoles totales, µg/L                                | 1 (8)             | 1 (8)             | 5 (8)             | 10 (8)            |
| Aceite miner., µg/L                                  | 20 (9)            | 20 (9)            | 50 (9)            | 100 (9)           |
| Detergentes total., µg/L                             | 200               | 200               | 200               | 500               |
| Pesticidas organoclorados individuales, µg/L         | 0,1               | 0,1               | 0,2               | 0,4               |
| Pesticidas organoclorados totales, µg/L              | 0,5               | 0,5               | 1                 | 2                 |
| Pesticidas organofosforados individuales, µg/L       | 0,05              | 0,05              | 0,1               | 0,2               |
| Pesticidas organofosforados totales, µg/L            | 0,2               | 0,2               | 0,5               | 0,5               |
| Pesticidas totales, µg/L                             | 1                 | 1                 | 2,5               | 5                 |
| Hidrocarburos totales disueltos o emulsionados, µg/L | 50                | 50                | 200               | 1.000             |
| Hidrocarburos aromáticos policíclicos, µg/L          | 0,2               | 0,2               | 0,2               | 1,0               |
| Coliformes totales 100 mL                            | 50                | 200               | 5.000             | 50.000            |
| Coliformes fecales 100 mL                            | 20                | 100               | 2.000             | 20.000            |
| Streptococcus fecales mL                             | 20                | 100               | 100               | 10.000            |
| Salmonella   | ausencia en 5 lt. | ausencia en 1 lt. | ausencia en 1 lt. | ausencia en 1 lt. |
| Índice SAR   | 10                | 10                | 10                | 18                |

- (1) La temperatura del agua después de una descarga térmica, dentro de los 50 m del punto de emisión, no debe superar el  $dT$  °C indicado. Para los lagos la comparación debe ser hecha con la temperatura a medida en tres puntos localizados en un arco de 250 metros del punto de emisión.
- (2) Valor que debe ser superado en el menos 50% de las medidas.
- (3) Valor que debe ser superado en el 100% de las medidas.
- (4) La alcalinidad natural del cuerpo hídrico no debe ser reducido o incrementada más que el valor indicado.
- (5) Se puede modificar el valor límite en el curso de agua en condiciones hidrológicas particulares en las cuales se verifica un enriquecimiento natural sin intervención antrópica.
- (6) El límite de 50 µg/L es aplicable al agua tributaria de los lagos. Par los lagos, como límite imperativo, no se deben superar los 50 µg/L como media en la columna de agua en periodo de circulación; los límites objetivos para las clases A, B y C son aquellos que corresponden a la concentración de fósforo natural, obtenido en función del índice morfoedáfico según la siguiente ecuación:  $\text{Log. } P = 0.87 + 0.03 \text{ Log } \text{IME}$ , donde (IME = conductividad / profundidad media), incremento en 25% para la clase B y C, y sin incremento para la clase A. Para los otros cursos de agua no existe un límite.
- (7) Efectos dañinos para la vida acuática derivan preferentemente de la presencia de compuestos orgánicos del estaño.
- (8) Criterio de calidad para los clorofenoles.
- (9) Medido mediante espectrofotometría T.R. previa extracción con tetracloruro de carbono.

**Japón**

**Tabla 1.7. Valores para las distintas clases de aguas continentales según su calidad en Japón**

| CLASE DE CALIDAD | VALORES DE PARÁMETROS |            |            |            |                  |
|------------------|-----------------------|------------|------------|------------|------------------|
|                  | pH                    | DBO        | SS         | OD         | Coliformes       |
| AA               | 6,5-8,5               | < 0,5 mg/L | < 7,5 mg/L | ≥ 7,5 mg/L | <50 NMP/100mL    |
| A                | 6,5-8,5               | < 2 mg/L   | < 25 mg/L  | ≥ 7,5 mg/L | <1.000 NMP/100mL |
| B                | 6,5-8,5               | < 3 mg/L   | < 25 mg/L  | ≥ 5 mg/L   | <5.000 NMP/100mL |
| C                | 6,5-8,5               | < 5 mg/L   | < 50 mg/L  | ≥ 5 mg/L   | --               |
| D <sup>(1)</sup> | 6,0-8,5               | < 8 mg/L   | < 100 mg/L | ≥2 mg/L    | --               |
| E                | 6,0-8,5               | < 10 mg/L  | SMF        | ≥ 2 mg/L   | --               |

SMF: sin materia flotante; DBO: demanda biológica de oxígeno; SS: sólidos suspendidos; OD: oxígeno disuelto  
 Nota 1. Basado en el valor promedio diario, aplicable también a lagos.  
 2. En usos agrícolas, el pH debe estar entre 6,0 y 7,5 y el oxígeno disuelto no debe ser menor a 5, aplicables también a lagos.

**1.3.2. Normas de calidad ambiental para cuerpos lacustres**

**Clasificación de los lagos**

Al efectuar la clasificación de las aguas por su naturaleza, se consideró que las aguas continentales pueden ser del tipo fluviales o lacustres. Por la importancia que tienen las aguas lacustres en términos de su calidad de cuerpo de agua básico para la acuicultura, se considera de utilidad incorporar un análisis de este aspecto, especialmente en lo que dice relación con las consideraciones y características exigidas a nivel internacional.

En términos generales, los lagos son cuerpos de agua dulce lénticos, estables, homohalinos sin comunicación directa con el mar, que poseen un lecho con plataforma, talud y llanura béntica, un perfil térmico definido, un sedimento característico y un complejo biológico litoral o periférico diferente del complejo béntico o profundo. Muchos lagos no responden a todas estas características, pero se diferencian principalmente de las lagunas por su profundidad mayor y normalmente mayor extensión.

Los lagos se pueden clasificar según diferentes criterios. Uno de ellos se basa en las propiedades térmicas y en la estratificación, contando al momento con una terminología tan precisa como abundante definida por limnólogos de reconocida experiencia. Al respecto, Findenegg (1935) distingue la siguiente clasificación.

- Lagos holomícticos, la masa total del agua se mezcla en el período o en los períodos de circulación.
- Lagos meromícticos, una parte profunda de la masa ácuea no se mezcla en los períodos de circulación. La capa en permanente estancamiento se llama monimolimnion, la capa con circulación periódica (superficial) es el mixolimnion (término de Hutchinson), y el límite entre ambas la quimoclina.

Yoshimura (1936) ha mejorado la clasificación primigenia de Forel, que es la siguiente.

- Lagos Tropicales, la temperatura de superficie se encuentra entre 20 y 30 °C, pequeña amplitud de variación anual; escaso gradiente térmico en cualquier profundidad, aunque el gradiente de densidad puede ser suficiente para proveer cierta estabilidad; la circulación es irregular, pero habitualmente tiene lugar sólo en el tiempo más frío del año.
- Lagos Subtropicales, la temperatura de superficie nunca es inferior a 4 °C; variación anual amplia, lo mismo que la gradiente térmica; un período de circulación en invierno. Equivale a la categoría "tropical" de Forel.
- Lagos Templados, la temperatura de superficie está por encima de 4 °C en verano, y por debajo de 4 °C en invierno; gradiente térmico amplio; variación estacional amplia; 2 períodos de circulación, en primavera y en el otoño adelantado.
- Lagos Subpolares, la temperatura de superficie está por encima de 4 °C en el verano, e inferior a dicho valor en invierno; gradiente térmico amplio; la termoclina, si existe, está poco desarrollada y se sitúa por lo general cerca de la superficie; 2 períodos de circulación, "idealmente" a principios del verano y del otoño, aunque el enfriamiento temporario estival permite generalmente una mezcla frecuente.
- Lagos Polares, la temperatura de superficie está siempre por debajo de 4 °C; el período sin hielo es muy corto y la circulación tiene lugar únicamente en el colmo del verano.

Finalmente, Hutchinson (1957) efectúa una clasificación más adecuada que la de Yoshimura por no hacer uso de términos geográficos que inducen a engaño., para lo cual considera que teniendo en cuenta la latitud, altura y profundidad, los lagos de profundidad suficiente para desarrollar un hipolimnio, pertenecen desde el punto de vista térmico a los siguientes 6 tipos.

1. Amícticos. Lagos cubiertos por hielo y aislados de los cambios atmosféricos.
2. Dimícticos. Lagos con 2 períodos de circulación anual, primavera y otoño, con estratificación directa en verano e inversa en invierno. Son característicos de zonas templadas y de altura en zonas subtropicales. Equivale a lago templado de Yoshimura.
3. Monomícticos. Lagos con un solo período de circulación. Existen dos distinciones.
  - 3a. Monomícticos fríos. La temperatura del agua nunca es inferior a 4 °C; un período de circulación estival que se realiza a 4 °C o por debajo de esa temperatura; cubiertos por hielo y con estratificación inversa en el invierno. Equivale a lago polar de Yoshimura y otros autores.
  - 3b. Monomícticos cálidos. La temperatura del agua nunca es inferior a 4 °C o más de 4 °C; estratificación estival. En áreas oceánicas de zonas templadas, y montañosas en zonas subtropicales. Equivale a la categoría subtropical de Yoshimura.
4. Oligomícticos. Temperatura siempre superior a 4 °C; períodos de circulación excepcionales e irregulares; con estratificación estable, lagos de área moderada a pequeña, o bien a excesiva profundidad, o situados en regiones muy húmedas.
5. Polimícticos. Sin estratificación térmica persistente y con circulación continua a bajas temperaturas, un poco por encima de 4 °C, y a cualquier profundidad. Existe calentamiento superficial intenso durante el día y pérdida de calor con mezcla completa por la noche. Lagos de pequeña extensión y lagunas presentan a menudo esta situación.

6. Lagos de gran área. En regiones tropicales, de profundidad escasa a moderada; también en regiones ventosas de escasa humedad; también de alta montaña en latitud ecuatorial, donde hay poco cambio estacional de la temperatura atmosférica, pero siempre con suficiente pérdida de calor para impedir el desarrollo de una estratificación estable.

La clasificación anterior es completada por Hutchinson con otras categorías "aplicables por lo menos dimícticos y monomícticos cálidos, que expresan el hecho que la estratificación térmica depende de la profundidad media del lago".

1. Lagos de primera clase. La temperatura de fondo durante la estratificación estival está tan cerca de 4 °C (o el mínimo de temperatura durante la circulación invernal de un lago monomíctico cálido) que la extrapolación de la curva de temperatura comportaría un aumento desdeñable de calor incorporable al lago.
2. Lagos de segunda clase. Con estratificación térmica, pero con suficiente variación estacional en la temperatura de fondo como para que la extrapolación hacia un valor limitante de 4 °C (o el mínimo de temperatura de circulación invernal) comportase un aumento apreciable en el calor incorporable al lago.
3. Lagos de tercera clase. Sin estratificación térmica.

Otro sistema de clasificación de lagos es el que usa un criterio genético, esto es, el proceso de origen del cuerpo de agua. Este sistema, usado por geógrafos y geólogos, ha sido desarrollado por muchos autores, a partir de Penk (1894). Para los estudios de impactos ambientales es importante considerar las clasificaciones que tengan los lagos, en base a la estructura térmica y halina.

La dispersión y los procesos de depuración, junto a la tasa de renovación de las aguas dependerán de estas estructuras internas de los lagos.

### **Normas de calidad de aguas lacustres**

Una vez revisada la bibliografía especializada, se ha encontrado que son pocos los países que norman la calidad de los lagos, entre los que destacan Japón, Suecia e Italia, cuyas principales características se detallan a continuación.



**Japón**

Lagos naturales y represas artificiales con 10 millones de m<sup>3</sup> o superior

Tabla 1.8. Norma de calidad de aguas lacustres de Japón

|    | Objetivo de calidad del agua   | pH        | DQO               | SS   | OD                  | NGC                         |
|----|--|-----------|-------------------|--|---------------------|-----------------------------|
| AA | Abastecimiento de agua, clase 1; pesquerías clase 1; conservación del medio ambiente natural, y usos listados en A-C | 6,5 - 8,5 | 1 mg/L<br>o menor | 1 mg/L<br>o menor  | 7,5 mg/L<br>o mayor | 50 NMP/100 mL               |
| A  | Abastecimiento de agua, clases 2 y 3; pesquerías, clase 2; baño y usos listados en B-C                               | 6,5 - 8,5 | 3 mg/L<br>o menor | 5 mg/L<br>o menor  | 7,5 mg/L<br>o mayor | 1.000 NMP/100 mL<br>o mayor |
| B  | Pesquerías, clase 3; agua industrial, clase 1; para agricultura, y usos listados en C                                | 6,5 - 8,5 | 5 mg/L<br>o menor | 15 mg/L<br>o menor                                       | 5 mg/L<br>o mayor   | -----                       |
| C  | Agua industrial, clase 2; conservación del medio ambiente  | 6,0 - 8,5 | 8 mg/L<br>o menor | No debería observarse materia flotante como desperdicios | 2 mg/L<br>o mayor   | -----                       |

DQO: Demanda química de oxígeno; SS: sólidos suspendidos; OD: oxígeno disuelto; NGC: número de grupos de coliformes

- Notas:
1. En relación a pesquerías, las clases 1, 2 y 3, los valores estándar para sólidos en suspensión
  2. Similar a las consideraciones aplicadas a ríos
  3. Pesquerías, Clase 1: Para la vida acuática, como salmones que habitan lagos oligotróficos, y aquellos de Clase 2 y 3.  
 Pesquerías, Clase 2: Para la vida acuática, como peces de la familia de los salmones y peces de agua dulce que habitan lagos oligotróficos, y aquellos de Clase 3.  
 Pesquerías, Clase 3: Para la vida acuática, como carpas que habitan lagos eutróficos.
  4. Agua industrial, Clase 1: Agua que ha sido limpiada con el tratamiento normal como la sedimentación.  
 Agua industrial, Clase 2: Agua que ha recibido tratamiento sofisticado como inyección química o tratamiento especial.
  5. Conservación del medioambiente: sobre los límites a los cuales no cause desagrado a la gente en su vida diaria incluyendo una caminata por las orillas.

Tabla 1.9. Nitrógeno y fósforo en lagos y represas de Japón

| Categoría | Objetivos de Calidad del Agua.   | Valores estándar |                            |
|-----------|--|------------------|----------------------------|
|           |  | Nitrógeno Total  | Fósforo Total <sup>3</sup> |
| I         | Conservación del medio ambiente natural, y usos listados en II-V   | 0,1 mg/L o menor | 0,005 mg/L o menor         |
| II        | Abastecimiento de agua, clases 1, 2 y 3 (excluyendo tipos especiales) pesquerías clase 1, baño; y usos listados en III-V | 0,2 mg/L o menor | 0,01 mg/L o menor          |
| III       | Abastecimiento de agua clase 3 (de tipo especial) y usos listados en IV-V  | 0,4 mg/L o menor | 0,03 mg/L o menor          |
| IV        | Pesquerías clase 2, y usos listados en V   | 0,6 mg/L o menor | 0,05 mg/L o menor          |
| V         | Pesquerías clase 3, agua industrial; agua para la agricultura; conservación del medio ambiente                           | 1 mg/L o menor   | 0,01 mg/L o menor          |

- Notas:
1. Valores estándar corresponde a promedio anuales
  2. Los valores estándar para nitrógeno total son aplicables a lagos y represas donde el nitrógeno es el factor causante del crecimiento del fitoplancton.
  3. Los valores estándar para fósforo total no son aplicables a aguas usadas en la agricultura.
  4. Conservación del medio ambiente. Conservación de lugares de belleza escénica y otros recursos naturales.
  5. Abastecimiento de agua, Clase 1: Agua tratada por operación de limpieza simple, como filtración  
 Abastecimiento de agua, Clase 2: Agua tratada por operación de limpieza normal, como sedimentación y filtración.

Anexo 1. Análisis de la normativa ambiental nacional y extranjera

- Abastecimiento de agua, Clase 3: Agua tratada por operación de limpieza sofisticada incluyendo pretratamiento. ("Tipo especial" significa tratamiento del agua por operación de limpieza especial en los cuales es posible remover sustancias odoríferas.
6. Pesquerías, Clase 1: Para la vida acuática, como peces de la familia de los salmones y sweetfish y para aquellas pesquerías de Clases 2 y 3. Pesquerías, Clase 2: Para la vida acuática.
  7. Pesquerías, Clase 3: Para la vida acuática, como carpas y carpas plateadas.
  7. Conservación del medioambiente. Sobre los límites a los cuales no cause desagrado a la gente en su vida diaria incluyendo una caminata por las orillas.

**Italia**

Tabla 1.10. Norma de calidad de aguas lacustres de Italia

| Clase | Fósforo (µg/L) | Trofia                      |
|-------|----------------|-----------------------------|
| A     | ≤ 10           | Oligotrofia                 |
| B     | 10 - 30        | Oligomesotrofia, Mesotrofia |
| C     | 30 - 50        | Mesoeutrofia                |
| D     | 50 - 100       | Eutrofia                    |

**Suecia**

▪ **Nutrientes / eutroficación**

Tabla 1.11. Estado actual en consideración a fósforo

| P total (µg/L) | Clase | Condición en nutrientes | Código de color |
|----------------|-------|-------------------------|-----------------|
| ≤ 7,5          | 1     | Muy pobre               | Azul oscuro     |
| 7,5 - 15       | 2     | Pobre                   | Azul claro      |
| 15 - 25        | 3     | Moderadamente rica      | Amarillo        |
| 25 - 50        | 4     | Rica                    | Naranja         |
| > 50           | 5     | Muy rica                | Rojo            |

Tabla 1.12. Estado actual en consideración a nitrógeno

| N tot. (mg/L) | Clase | Concentración de nitrógeno | Código de color |
|---------------|-------|----------------------------|-----------------|
| ≤ 0,30        | 1     | Muy baja                   | Azul oscuro     |
| 0,30 - 0,45   | 2     | Baja                       | Azul claro      |
| 0,45 - 0,75   | 3     | Moderadamente alta         | Amarillo        |
| 0,75 - 1,50   | 4     | Alta                       | Naranja         |
| > 1,50        | 5     | Muy alta                   | Rojo            |

**Tabla 1.13. Grado de perturbación antropogénica (GPA) (para fósforo y nitrógeno)**

| Conc. presente / Conc. natural | GPA | Perturbación          | Código de color |
|--------------------------------|-----|-----------------------|-----------------|
| ≤ 1,5                          | 0   | Cero o insignificante | Azul oscuro     |
| 1,5 – 2,0                      | 1   | Clara                 | Amarillo        |
| 2,0 – 3,0                      | 2   | Severa                | Naranja         |
| > 3,0                          | 3   | Muy Severa            | Rojo            |

▪ Oxígeno y materia orgánica

**Tabla 1.14. Condición de oxidación para lagos eutroficados**

| Cond. O <sub>2</sub> en agua profunda | Clase | Condición en oxígeno   | Código de color |
|---------------------------------------|-------|------------------------|-----------------|
| > 7                                   | 1     | Rica                   | Azul oscuro     |
| 5 – 7                                 | 2     | Moderadamente rica     | Azul claro      |
| 3 – 5                                 | 3     | Débil                  | Amarillo        |
| 1 – 3                                 | 4     | Pobre                  | Naranja         |
| ≤ 1                                   | 5     | Anóxica o casi anóxica | Rojo            |

(\*) Valores en mg/L. más bajos durante el año

**Tabla 1.15. Condición de oxígeno para lagos no eutroficados**

| % Sat. O <sub>2</sub> agua superf. | Substancias que demandan O <sub>2</sub> como COT o DQO, mg/L | Clase | Condición   | Código de color |
|------------------------------------|--|-------|---|-----------------|
| > 90                               | ≤ 5  | 1     | Rica en O <sub>2</sub> demanda insignificante de O <sub>2</sub>       | Azul oscuro     |
| 80 - 90                            | 5 - 10   | 2     | Moderadamente rica en O <sub>2</sub> / baja demanda de O <sub>2</sub> | Azul claro      |
| 70 - 80                            | 10 - 15  | 3     | O <sub>2</sub> débil / Moderada demanda de O <sub>2</sub>             | Amarillo        |
| 60 - 70                            | 15 - 20  | 4     | Pobre de O <sub>2</sub> / Clara demanda de O <sub>2</sub>             | Naranja         |
| ≤ 60                               | > 20   | 5     | Muy pobre de O <sub>2</sub> alta demanda de O <sub>2</sub>            | Rojo            |

**Tabla 1.16. Grado de perturbación antropogénica (GPA): oxígeno en lagos estratificados**

| Conc. O <sub>2</sub> pres / Conc. O <sub>2</sub> nat | GPA | Perturbación          | Código de color |
|--|-----|-----------------------|-----------------|
| > 0,75   | 0   | Cero o insignificante | Azul oscuro     |
| 0,50 – 0,75  | 1   | Clara                 | Amarillo        |
| 0,25 – 0,50  | 2   | Severa                | Naranja         |
| ≤ 0,25   | 3   | Muy Severa            | Rojo            |

**Tabla 1.17. Grado de perturbación antropogénica (GAP): saturación de oxígeno en lagos no estratificados**

| Difer. entre conc. nat. y satur. | DAP | Perturbación          | Código de color |
|----------------------------------|-----|-----------------------|-----------------|
| ≤ 10                             | 0   | Cero o insignificante | Azul oscuro     |
| 10 – 20                          | 1   | Clara                 | Amarillo        |
| 20 – 30                          | 2   | Severa                | Naranja         |
| > 30                             | 3   | Muy severa            | Rojo            |

**Tabla 1.18. Grado de perturbación antropogénica (GPA): demanda de O<sub>2</sub>/ materia orgánica en lagos no estratificados**

| Difer entre estado presente y nat. como COD o TOC (mg/L) | GPA | Perturbación          | Código de color |
|--|-----|-----------------------|-----------------|
| ≤ 5  | 0   | Cero o insignificante | Azul oscuro     |
| 5 – 10   | 1   | Clara                 | Amarillo        |
| 10 – 15  | 2   | Severa                | Naranja         |
| > 15   | 3   | Muy severa            | Rojo            |

▪ **Color y turbidez**

**Tabla 1.19. Estado en base a color**

| Color Un. Pt/L | Clase | Designación                                  | Código de color |
|----------------|-------|--|-----------------|
| ≤ 10           | 1     | Agua no coloreada o insignificante coloreada | Azul oscuro     |
| 10 – 25        | 2     | Agua levemente coloreada                     | Azul claro      |
| 25 – 60        | 3     | Agua moderadamente coloreada                 | Amarillo        |
| 60 – 100       | 4     | Agua coloreada significativamente            | Naranja         |
| > 100          | 5     | Agua muy coloreada                           | Rojo            |

**Tabla 1.20. Estado en base a turbidez**

| Turbidez FTU | Clase | Designación                                      | Código de Color |
|--------------|-------|--|-----------------|
| ≤ 0,5        | 1     | Agua no turbia o insignificante turbia coloreada | Azul oscuro     |
| 0,5 – 1,0    | 2     | Agua levemente turbia                            | Azul claro      |
| 1,5 – 2,5    | 3     | Agua moderadamente turbia                        | Amarillo        |
| 2,5 – 7,0    | 4     | Agua significativamente turbia                   | Naranja         |
| > 7,0        | 5     | Agua muy turbia                                  | Rojo            |

**Tabla 1.21. Grado de perturbación antropogénica (GPA) en relación al color**

| Valor presente / valor natural | GPA | Perturbación          | Código de Color |
|--------------------------------|-----|-----------------------|-----------------|
| ≤ 1,4                          | 0   | Cero o insignificante | Azul oscuro     |
| 1,4 – 2,2                      | 1   | Clara                 | Amarillo        |
| 2,2 – 5,0                      | 2   | Severa                | Naranja         |
| > 5,0                          | 3   | Muy Severa            | Rojo            |

**Tabla 1.22. Grado de perturbación antropogénica (GPA) en términos de turbidez**

| Valor presente / valor natural | GPA | Perturbación          | Código de Color |
|--------------------------------|-----|-----------------------|-----------------|
| ≤ 1,4                          | 0   | Cero o insignificante | Azul oscuro     |
| 1,4 – 2,4                      | 1   | Clara                 | Amarillo        |
| 2,4 – 6,0                      | 2   | Severa                | Naranja         |
| > 6,0                          | 3   | Muy Severa            | Rojo            |

▪ **Acidez y alcalinidad**

**Tabla 1.23. Estado según acidez en base a alcalinidad o en ausencia de alcalinidad, según pH**

| Alcalinidad meq/L | pH (en términos de Alcal.) | Clase | Capacidad Buffer   | Código de color |
|-------------------|----------------------------|-------|--------------------|-----------------|
| > 5               | > 7,1                      | 1     | Muy buena          | Azul oscuro     |
| 0,1 – 0,5         | 6,8 – 7,1                  | 2     | Buena              | Azul claro      |
| 0,05 – 0,1        | 6,3 – 6,8                  | 3     | Leve               | Amarillo        |
| 0,01 – 0,005      | 5,7 – 6,3                  | 4     | Muy leve           | Naranja         |
| ≤ 0,01            | ≤ 5,7                      | 5     | Muy insignificante | Rojo            |

**Tabla 1.24. Grado de perturbación antropogénica (GPA) en base a alcalinidad**

| Alcal. presente / alcal. natural | GPA | Perturbación          | Código de color |
|----------------------------------|-----|-----------------------|-----------------|
| > 0,75                           | 0   | Cero o insignificante | Azul oscuro     |
| 0,50 – 0,75                      | 1   | Clara                 | Amarillo        |
| 0,25 – 0,50                      | 2   | Severa                | Naranja         |
| ≤ 0,25                           | 3   | Muy Severa            | Rojo            |

Nota: La presencia de ácidos se presentan en la tabla de más arriba.

**Tabla 1.25. Estado del cuerpo de agua. Metales en sedimentos superficiales(0-1 cm) en mg/Kg peso seco.**

| Clase        | 1              | 2           | 3                   | 4           | 5              |
|--------------|----------------|-------------|---------------------|-------------|----------------|
| Designación  | Conc. muy baja | Conc. baja  | Conc. moderada alta | Conc. alta  | Conc. muy alta |
| Código color | Azul oscuro    | Azul claro  | Amarillo            | Naranja     | Rojo           |
| Mercurio     | ≤ 0,05         | 0,05 – 0,15 | 0,15 – 0,3          | 0,3 – 1,0   | > 1,0          |
| Cadmio       | ≤ 0,2          | 0,2 – 0,7   | 0,7 – 2,0           | 2 – 5       | > 5            |
| Plomo        | ≤ 5,0          | 5,0 - 30    | 30 – 100            | 100 - 400   | > 400          |
| Arsénico     | ≤ 5,0          | 5,0 - 15    | 15 - 75             | 75 - 250    | > 250          |
| Cobre        | ≤ 10           | 10 – 25     | 25 - 50             | 50 - 150    | > 150          |
| Cromo        | ≤ 10           | 10 – 25     | 25 - 75             | 75 - 300    | > 300          |
| Níquel       | ≤ 10           | 10 – 30     | 30 - 75             | 75 - 300    | > 300          |
| Zinc         | ≤ 70           | 60 – 175    | 175 - 300           | 300 – 1.000 | > 1.000        |

**Tabla 1.26. Estado del cuerpo de agua según metales en musgos acuáticos. Concentraciones en mg/Kg peso seco**

| Clase        | 1              | 2           | 3                   | 4           | 5              |
|--------------|----------------|-------------|---------------------|-------------|----------------|
| Designación  | Conc. muy baja | Conc. baja  | Conc. moderada alta | Conc. alta  | Conc. muy alta |
| Código color | Azul oscuro    | Azul claro  | Amarillo            | Naranja     | Rojo           |
| Mercurio     | ≤ 0,03         | 0,03 – 0,10 | 0,10 – 0,20         | 0,2 – 0,5   | > 0,5          |
| Cadmio       | ≤ 0,2          | 0,2 – 0,7   | 0,7 – 2,0           | 2 – 5       | > 5            |
| Plomo        | ≤ 1            | 1 - 5       | 5 - 25              | 25 - 100    | > 100          |
| Arsénico     | ≤ 2            | 2 - 10      | 10 - 25             | 25 - 100    | > 100          |
| Cobre        | ≤ 1            | 1 - 5       | 5 - 20              | 20 - 100    | > 100          |
| Cromo        | ≤ 2            | 2 - 10      | 10 - 40             | 40 - 200    | > 200          |
| Níquel       | ≤ 5            | 5 - 10      | 10 - 40             | 40 - 100    | > 100          |
| Zinc         | ≤ 50           | 50 - 150    | 150 - 400           | 400 – 1.000 | > 1.000        |

**Tabla 1.27. Estado y grado de perturbación del cuerpo de agua según metales presentes en peces. (1 Kg Pike, músculo)**

| Mercurio (mg/Kg) | Clase | Concentración de mercurio   | Código de color |
|------------------|-------|---|-----------------|
| ≤ 0,25           | 1     | Baja, ocurre naturalmente   | Azul oscuro     |
| 0,25 – 0,50      | 2     | Moderadamente baja, usualmente elevada comparada con la que ocurre naturalmente | Azul claro      |
| 0,50 – 0,75      | 3     | Alta, elevada comparada con la natural  | Amarillo        |
| 0,75 – 1,0       | 4     | Muy alta  | Naranja         |
| > 1,0            | 5     | Extremadamente alta   | Rojo            |

### **1.3.3. Análisis y evaluación**

Analizando las normativas arriba expuestas, se puede concluir que los principales parámetros de incidencia en la calidad de los lagos corresponden a los siguientes, encontrándose además que los valores límite de la normativa sueca por clase son similares a los adoptados por Japón:

- Nutrientes.
  - Nitrógeno
  - Fósforo
- Oxígeno (y demandas asociadas).
- pH
- Sólidos suspendidos
- Coliformes
- Color y turbiedad
- Acidez y alcalinidad

### **1.3.4. Análisis comparativo de valores establecidos en normas de calidad para cuerpos de agua continentales**

Se presenta a continuación un análisis comparativo de los valores de parámetros adoptados por los países desarrollados considerados en sus respectivas Clases 1 de Calidad.

Tabla 1.28. Países desarrollados

| Parámetro                          | Francia                | Estados Unidos         |                      | EPA  | CEE   | Canadá                                    |
|------------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|--|-------|---|
|                                    | Clase 2 <sup>(1)</sup> | Georgia                | Florida              |  |       |   |
| pH                                 | 6,5-8,5                | 6-8,5                  | 6,5-8,5              | 6,5-9 dulce<br>6,5 - 8,5 mar                         | 6-9   | 6,5 - 9,0                                 |
| Temperatura                        | 20-22                  | 32                     | 32-33                | -  | -     | -   |
| Turbiedad                          | -                      | -                      | Fondo + 29           | -  | -     | -   |
| Alcalinidad Total                  | -                      | -                      | -                    | 20 <sup>(*)</sup>                                    | -     | -   |
| Coliformes Totales <sup>(**)</sup> | 50-5.000               | -                      | 70                   | 70   | -     | -   |
| Coliformes Fecales <sup>(**)</sup> | 20-2.000               | 4.000                  | 43                   | 43   | -     | -   |
| DBO <sub>5</sub>                   | 3-5                    | -                      | -                    | -  | <3    | -   |
| Oxígeno Disuelto                   | 5-7                    | 5-6                    | 5                    | 5  | 5     | 5,0 - 9,5                                 |
| Sólidos Flotantes visibles         | -                      | -                      | -                    | -  | <25   | -   |
| Sólidos Sedimentables              | <30                    | -                      | -                    | -  | -     | -   |
| Hidrocarburos                      | -                      | -                      | -                    | -  | -     | -   |
| Grasas y Aceites                   | -                      | -                      | 5                    | 0,01 <sup>(*)</sup>                                  | -     | -   |
| Aluminio                           | -                      | -                      | 1,5                  | -  | -     | 0,005 - 0,1                               |
| Amoniaco                           | 0,1-0,5                | -                      | -                    | 20 <sup>(*)</sup>                                    | <0,04 | 1,4 - 2,2                                 |
| Arsénico                           | <0,01                  | 50 <sup>(*)</sup>      | 50 <sup>(*)</sup>    | -  | -     | 0,05                                      |
| Cadmio                             | <0,001                 | 0,7-2 <sup>(*)</sup>   | 9,3 <sup>(*)</sup>   | 0,4-4 <sup>(*)</sup>                                 | -     | 2*10 <sup>-4</sup> - 1,8*10 <sup>-3</sup> |
| Cianuro                            | <0,05                  | 5,2 <sup>(*)</sup>     | 1 <sup>(*)</sup>     | -  | -     | 0,005                                     |
| Cloruros                           | -                      | -                      | -                    | 5 <sup>(*)</sup>                                     | -     | -   |
| Cobre                              | 0,02-0,05              | 6,5-21 <sup>(*)</sup>  | 2,9 <sup>(*)</sup>   | 9 <sup>(*)</sup>                                     | <0,4  | 0,002 - 0,004                             |
| Cromo total                        | <0,05                  | 120-370 <sup>(*)</sup> | 673 <sup>(*)</sup>   | 100 <sup>(*)</sup>                                   | -     | 0,002 - 0,02                              |
| Cromo (VI)                         | -                      | 11 <sup>(*)</sup>      | 50 <sup>(*)</sup>    | -  | -     | -   |
| Hierro                             | 0,5-1                  | -                      | 0,3                  | 1.000 <sup>(*)</sup>                                 | -     | 0,3                                       |
| Manganeso                          | 0,1-0,25               | -                      | 0,1                  | 100 <sup>(*)</sup>                                   | -     | -   |
| Mercurio                           | <0,0005                | 0,012 <sup>(*)</sup>   | 0,025 <sup>(*)</sup> | 0,05 dulce <sup>(*)</sup><br>0,10 mar <sup>(*)</sup> | -     | 0,0001                                    |
| Niquel                             | -                      | 88-280 <sup>(*)</sup>  | 8,3 <sup>(*)</sup>   | 0,01 <sup>(*)</sup>                                  | -     | 0,025 - 0,15                              |
| Plomo                              | <0,05                  | 1,3-7,7 <sup>(*)</sup> | 5,6 <sup>(*)</sup>   | -  | -     | 0,001 - 0,007                             |
| Zinc                               | 0,5-1                  | 60-190 <sup>(*)</sup>  | 86 <sup>(*)</sup>    | 0,01 <sup>(*)</sup>                                  | <0,3  | 0,03                                      |
| Fluoruro                           | 0,7-1,7                | -                      | 1,5                  | -  | -     | -   |
| Nitritos                           | 44-100                 | -                      | -                    | -  | <0,01 | 0,06                                      |
| Selenio                            | <0,01                  | 5 <sup>(*)</sup>       | -                    | 0,01 <sup>(*)</sup>                                  | -     | 0,001                                     |
| Sulfuro                            | -                      | -                      | -                    | 2 <sup>(*)</sup>                                     | -     | -   |
| Detergente                         | <0,2                   | -                      | 0,5                  | -  | -     | -   |



Tabla 1.28 (Continuación). Países desarrollados

| Parámetro                           | Francia                | Estados Unidos |           | EPA            | CEE     | Canadá             |
|-------------------------------------|------------------------|----------------|-----------|----------------|---------|--------------------|
|                                     | Clase 2 <sup>(1)</sup> | Georgia        | Florida   |                |         |                    |
| Pesticidas                          |                        |                |           |                |         |                    |
| Aldrin                              |                        |                |           | 0,003 (*)      |         | 0,0007             |
| Dieldrin                            |                        |                |           | 0,003 (*)      |         | ( <sup>ooo</sup> ) |
| Clordano                            |                        |                |           | 0,01 dulce (*) |         | 6*10 <sup>-6</sup> |
|                                     |                        |                |           | 0,004 mar (*)  |         |                    |
| DDT                                 |                        |                |           | 0,001 (*)      |         | 10 <sup>-6</sup>   |
| Demetón                             |                        |                |           | 0,1 (*)        |         |                    |
| Heptaclor                           |                        |                |           | 0,001 (*)      |         | 10 <sup>-5</sup>   |
| Lindano                             |                        |                |           | 0,01 dulce (*) |         | -                  |
| Parathion                           |                        |                |           | 0,04 (*)       |         | -                  |
| Tóxicos No acumulativos             |                        |                |           |                |         |                    |
| Tóxicos Acumulativos y persistentes |                        |                |           |                |         |                    |
| Cloro Residual                      | -                      | -              | 0,01      | 2-10 (*)       | < 0,005 | 0,002              |
| Diclorometano                       | -                      | -              | 1.580 (*) | -              | -       | -                  |
| Clorometano                         | -                      | -              | 470,8 (*) | -              | -       | -                  |
| PCB                                 |                        | -              | -         | 0,001 (*)      | -       | -                  |

(1) Clase 2 = Agua apta para algunos usos (agua de discreta calidad). Adoptada para riego, uso industrial y producción de agua potable después de tratamiento, puede ser usada para bebida de animales. Los peces pueden vivir normalmente, pero a veces la reproducción es difícil. Permite la actividad recreativa, excluyendo el contacto directo.

(\*) Con respecto al valor natural.

(<sup>oo</sup>) Concentración en NMP/100 mL.

(<sup>ooo</sup>) Aldrin + Dieldrin

(\*) Unidades en µg/L

(\*\*) El límite máximo de sustancias tóxicas debe estudiarse mediante bioensayo. El valor obtenido será de 1/100 de la mediana del límite de tolerancia (LTm 96)

(\*\*\*) El límite máximo será 1/10 de la mediana del límite de tolerancia (LTm 96).

En la Tabla 1.29 se proporciona un cuadro comparativo de los parámetros regulados en la normativa ambiental extranjera.

**Tabla 1.29. Límites máximos permitidos para parámetros relevantes para la acuicultura en el extranjero**

| PARAMETRO               | PAIS      |           |           |           |         |                |                |           |           |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|----------------|----------------|-----------|-----------|
|                         | Canadá    | Francia   | Italia    | Japón     | Suecia  | EEUU (Georgia) | EEUU (Florida) | USEPA     | CEE       |
| pH                      | 6,5 – 9,0 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,5 | > 7,1   | 6,0 – 8,5      | 6,5 – 8,5      | 6,5 – 9,0 | 6,0 – 9,0 |
| Unidades                |           |           |           |           |         |                |                |           |           |
| Alcalinidad meq/L       |           |           | D < 20%   |           | > 5,0   |                |                | D < 20%   |           |
| Oxígeno dis. mg/L       | > 5,0     | > 7,0     | > 7,0     | > 7,5     |         | > 5,0          | >5,0           | > 5,0     | > 5,0     |
| Oxig. Dis. % saturación |           | > 90 %    | > 75 %    |           | > 90 %  |                |                |           |           |
| DBO5 mg/L               |           | < 3,0     | 3,0       | < 2,0     |         |                |                |           | < 3,0     |
| Amonio mg/L             | 0,0014    | < 0,1     | 0,04      |           |         |                |                |           | < 0,04    |
| Nitrato mg/L            |           | < 44,0    | 5,0       |           |         |                |                |           |           |
| N Kjeldahl mg/L         |           | < 1,0     |           | < 0,2     | < 0,3   |                |                |           |           |
| Fósforo Total mg/L      |           |           | 0,05      | < 0,01    | < 0,007 |                |                |           |           |
| Sól. Suspend. mg/L      |           | < 30,0    | 25,0      | < 25,0    |         |                |                |           |           |
| Colif. fec. NMP/100 mL  |           | < 20      | 20        | < 1000    |         | 4000           | 43             | 43        |           |
| Color Unid. Pt mg/L     |           |           | 10,0      |           | < 10,0  |                |                |           |           |

## **1.4. Comparación de principales normativas extranjeras aplicables a la acuicultura con respecto al marco legal nacional**

### **1.4.1. Escocia**

En Escocia, la normativa aplicable a la Acuicultura depende básicamente de 2 cuerpos legales:

- La Ley (o Acta) del Medio Ambiente
- La Ley (o Acta) del Control de la Contaminación

Ambos cuerpos legales son fiscalizados por la Agencia de Protección Ambiental Escocesa (Scottish Environmental Protection Agency - SEPA). Estas leyes encargan a SEPA desarrollar un enfoque holístico y de largo plazo para la protección y mejoramiento del ambiente y de la biodiversidad. Los reglamentos y medidas que se dispongan deben ser claros y consistentes, y deben promover el mejoramiento de las tecnologías y técnicas de manejo, que en general se conocen como BATNEEC (Best Available Techniques Not Entailing Excessive Costs), o "Mejor Tecnología Disponible que No Implice un Costo Excesivo). Dichos reglamentos deben tomar en cuenta también las necesidades sociales y económicas de cualquier área (en particular de las áreas rurales), y los costos y beneficios derivados de cómo SEPA ejerce su poder fiscalizador.

Las aguas controladas por SEPA incluyen aguas costeras y aguas territoriales hasta 3 millas. Con respecto a los efluentes de los centros de cultivo, éstos son definidos como efluentes comerciales a ser descargados en aguas controladas. Al respecto, SEPA puede extender un permiso de descarga, sujeto a condiciones razonables y que puede incluir requerimientos de muestreo, una caracterización de la calidad de la descarga, la mantención de registros y la definición de los pasos a tomar para mitigar los efectos contaminantes de la descarga.

El control de la contaminación en el Reino Unido tradicionalmente ha considerado la capacidad de dilución disponible en el cuerpo de agua receptor. Se han desarrollado Estándares de Calidad Ambiental (Environmental Quality Standards - EQS) para contaminantes particulares y sólo se aceptan descargas cuando hay seguridad de que estos estándares no serán excedidos. Sin embargo, aunque este enfoque EQS se emplea para modelar algunos de los impactos de la acuicultura, se reconoce que es difícil alcanzar una protección ambiental completa usando este enfoque solamente para las balsas jaula marinas (situación que también tiene plena aplicación en nuestro país), ya que:

- El tamaño de la zona de impacto permisible puede ser difícil de estimar tanto en el agua como en el sedimento, particularmente dado que las balsas pueden moverse y que los tipos de anclaje pueden variar;
- Los EQS empleados en agua y sedimento no son aplicables para algunos componentes de la descarga, y
- La descarga pasa de manera difusa a través de los costados y base de las balsas, haciendo difícil la práctica de un monitoreo eficaz.

En resumen, se puede señalar que SEPA aceptará descargas relevantes desde balsas jaulas en el mar solamente sobre la base de que ellas aseguren que cumplirán con los EQS donde ellos existan. Estos EQS pueden ser nacionales, locales o definidos por SEPA. Adicionalmente, SEPA requiere (hasta donde la Ley de Control de la Contaminación lo permita), la aplicación en la Acuicultura de prácticas y estándares de manejo que involucren la Mejor Tecnología Disponible que no implique un Costo Excesivo (concepto BATNEEC).

Lo resumido en los párrafos anteriores tiene similitudes y también notables diferencias con el sistema de manejo actualmente empleado en Chile. SEPA bien puede ser representado acá por el sistema SEIA-CONAMA, que entrega Resoluciones de Calificación Ambiental y Permisos Ambientales Sectoriales a cargo de diversas Instituciones fiscales, pero con 2 diferencias fundamentales:

Primero, la ausencia en Chile (hasta la fecha) de un nexo entre la entrega del permiso ambiental y de algún mecanismo que permita asegurar, como en Escocia, que el nuevo proyecto no afectará el cumplimiento de los Estándares (u Objetivos) de Calidad Ambiental, dado que éstos ni siquiera se encuentran aún oficialmente definidos en nuestro país.

Esto, dado que la Norma de Calidad de Aguas Dulces aun se encuentra en desarrollo y que, dada su estructura, se deberá esperar a que las COREMAS lideren un amplio proceso de participación ciudadana destinado a deliberar, aceptar o rechazar regionalmente la respectiva proposición de Calidad Objetivo que efectúen los organismos a cargo de la fiscalización de la Norma, el que a su vez deberá ser ratificado a nivel del Consejo de Ministros, de donde es fácil prever que el proceso completo puede tomar varios años.

Cuando finalmente se cuente con dicha Calidad Objetivo definida para por ejemplo el lago Llanquihue, o cualquier otro cuerpo de agua, recién se podrá prever si la aceptación de un enésimo proyecto de Acuicultura en el mismo atenta contra el cumplimiento del Objetivo de Calidad Ambiental ya definido, dado eso sí que previamente se haya definido para ese mismo cuerpo de agua su capacidad de carga para cada uno de los parámetros usados para caracterizar su estado de calidad ambiental o su estado trófico, es decir, cuando los proyectos ingresados al SEIA tengan una visión sistémica de conjunto u holística y que no sean vistos solamente en su impacto particular, como ocurre en la actualidad.

En ese sentido, el país se encuentra aún a considerable distancia de las prácticas ambientales que son comunes en todos los países desarrollados, incluyendo no solamente a los de la Comunidad Europea, como Escocia o Noruega, sino también a Canadá, Australia, USA, Japón, entre otros. En este sentido, es necesario señalar que en la actualidad nuestro país corre un evidente riesgo ambiental al ser sujeto de un crecimiento exponencial de la acuicultura, sin ser acompañado por el correspondiente cuerpo informado de conocimiento ambiental que permita toma decisiones acertadas y oportunas respecto de la viabilidad ambiental de cada nuevo proyecto agregado a un mismo cuerpo de agua, como es práctica común en los países desarrollados.

Segundo, la aplicación en Escocia del concepto de BATNEEC, algo que ni remotamente se está aplicando en nuestro país como procedimiento generalizado, salvo honrosas excepciones particulares.

Si bien la norma para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos al mar y a aguas continentales superficiales, constituye un avance ya que discrimina la introducción de contaminantes en zonas de mayor vulnerabilidad e introducir conceptos como Zona de Protección Litoral, la verdad es que conceptos como tratamiento secundario y terciario de las descargas de efluentes,

osmosis inversa, tecnología limpia, ISC 14000, por citar algunos, son conceptos que generan inquietud en algunos sectores del empresariado nacional, de donde es fácil entender que no serán muchos aún los que estén dispuestos aplicar el concepto de BATNEEC, "emplear la mejor tecnología disponible que no implique costos excesivos", y mucho menos de BAT (Best Available Technique) a secas, que no es otra cosa que aplicar la MEJOR de las tecnologías disponibles, otra vez, práctica de exigencia y aceptación común en los países más desarrollados.

Es evidente que con criterios como el señalado, nuestro país está aún muy lejos del BATNEEC o de la conciencia y cuidado ambiental que existe en otros países, tema que como es sabido, ha llevado a esos mismos países a acusar a Chile de práctica de dumping ambiental, al considerar que no competimos con ellos bajo las mismas condiciones lo que a su vez tiene efecto en el precio final de los productos exportados, como el salmón.

Volviendo a la normativa escocesa, al establecer regulaciones a la acuicultura que emplea balsas jaulas en el mar, SEPA debe cumplir con las Directivas de Sustancias Peligrosas y Cultivo de Moluscos de la Comunidad Europea en todas las aguas costeras y territoriales, asegurando tanto como lo permite la legislación del Reino Unido, que se emplea para dicho efecto un enfoque regulatorio basado en el uso de los conceptos de EQS y de BATNEEC.

Adicionalmente, SEPA debe cumplir con los requerimientos de las Directivas de la Comunidad Europea referidas a Hábitats y a Aves Salvajes, al considerar en forma completa, en consulta con otros organismos, las implicancias para la Conservación que se derivan de la aceptación y autorización de cualquier descarga dentro de Areas de Conservación y de Protección Especial.

Asimismo, SEPA debe adherir a los convenios europeos derivados de la Convención de París de 1974 y las posteriores recomendaciones derivados de PARCOM 94/6, referentes a una reducción de a lo menos un 50% a 1995 de varias sustancias tóxicas y químicos persistentes, entre ellos, Diclorvos, ampliamente empleado en Acuicultura. En consecuencia, SEPA recomienda a los acuicultores del Reino Unido la urgente adopción de "BEP", es decir, "las mejores prácticas ambientales".

Estas recomendaciones cubren entre otros aspectos, el solicitar que se tomen acciones concretas a fin de :

- Limitar la densidad de los peces en los recipientes de cultivo;
- Evitar el uso profiláctico de químicos;
- Lograr acuerdos de manejo entre centros de cultivo vecinos, respecto del uso de stocks de alta calidad, prevención de enfermedades, y coordinación de los tratamientos;
- Definición de períodos de rotación de balsas para la recuperación de áreas bentónicas; y
- Lavado o secado de redes en vez del uso de compuestos antifouling.

Por otra parte, con el transcurso del tiempo SEPA ha afinado sus exigencias hacia la acuicultura. El procedimiento de entrega de permisos considera en la actualidad la existencia de 3 etapas de protección ambiental:

1. Los permisos sólo serán entregados a aquellos proyectos en los que una evaluación indique que existe riesgo limitado de impacto ambiental.
2. Se requiere aplicar BEP (la mejor práctica ambiental) que reduce aún más la descarga de materia contaminante;

3. El desarrollo de visitas de fiscalización en terreno en conjunto con el monitoreo ambiental de autocontrol verifican que el permiso y sus condiciones se cumplan y que la evaluación inicial predijo correctamente las consecuencias e impactos ambientales del Proyecto.

Respecto de la evaluación de la Máxima Biomasa Cultivada Aceptable, se parte del concepto de que aun cuando se minimicen y reduzcan todos los desechos, los centros de cultivo en mar que emplean balsas jaula generan un efecto en la columna de agua y en el lecho marino inmediatamente adyacente a las balsas. Este efecto debería ser aceptado si existe la intención que la acuicultura con instalaciones marinas prosiga como actividad productiva y es generalmente asociado al concepto de zona de impacto, cuyo tamaño y condiciones debe ser controlado por el organismo con facultades fiscalizadoras pertinente.

La presencia intermitente de descargas de químicos resultará en la generación en la columna de agua de una zona de impacto localizado ("patch") y móvil. El monitoreo y las técnicas de modelado matemático deben acomodarse a estos conceptos. Estas zonas de impacto pueden ser definidas espacialmente por volumen o área, o temporalmente, como el tiempo máximo antes que se deba cumplir en el área con un EQS.

Más allá de la Zona de Impacto Permisible (o Zona de Mezcla, en terminología de nuestra normativa nacional), la columna de agua y el fondo no deben estar contaminados y deben ser típicos de aguas costeras limpias de los alrededores. Las zonas impactadas pueden persistir incluso después que las balsas jaula hayan sido desplazadas, lo que implica la continuidad de un monitoreo post-remoción. El grado hasta el cual el concepto de zona de impacto es aceptable depende del tamaño de la zona y del grado de daño ambiental causado. Para su cálculo, SEPA toma en cuenta tanto el problema ambiental como la necesidad de imponer condiciones que sean razonables en términos del balance entre el beneficio ambiental y el costo para el acuicultor.

Un aspecto muy importante de considerar es que los centros de cultivo en el mar han sido considerados por lo general en forma individual. Sin embargo, la entrega de permisos de centros de cultivo múltiples en un cuerpo de agua en particular, aún en el caso que individualmente no causen contaminación la situación vista en forma colectiva o agrupada puede ser distinta. Por lo tanto, cualquier cuerpo de agua receptor debiera idealmente ser evaluado para determinar la contaminación límite para ese sistema. Esta cantidad puede ser relacionada con la máxima biomasa de peces y determinaría la capacidad de carga de ese sistema para cultivo marino en balsas jaula.

El concepto de capacidad de carga de cualquier cuerpo de agua puede ser aplicado para cada contaminante para el cual se dispone de estándar. La carga crítica para ese contaminante en un cuerpo de agua dado es aquella carga que cuando es descargada alcanza justo todos los estándares relevantes. Cualquier excedencia por sobre este límite causa que uno o más de los estándares sea superado. Por lo tanto, puede ser usado para evaluar la descarga de nutrientes y de desechos orgánicos. El concepto también puede ser aplicado a compuestos químicos o medicamentos empleados en la acuicultura, donde la carga crítica puede ser definida como:

- La cantidad de químico descargado que no cause concentraciones tóxicas en el agua o el sedimento, y que
- No resulte en residuos traza detectables en moluscos, y que
- No cause excedencias o superación de los estándares en agua o sedimentos en el cuerpo de agua fuera de la zona de impacto permisible.

#### **1.4.2. Normativa de la Confederación Suiza**

Dado que el Evaluador del presente proyecto, solicitó incluir expresamente esta normativa en el análisis de antecedentes, el Consultor cree necesario efectuar algunas aclaraciones sobre el tema. La normativa suiza, que la CONAMA emplea como mero instrumento de referencia, es un conjunto de disposiciones que apuntan a regular las condiciones de emisión y no a establecer valores máximos permisibles de calidad ambiental, que es lo que corresponde considerar en este proyecto.

Por otra parte, dadas las condiciones de mediterraneidad de Suiza, difícilmente sus normas podrían tener alguna validez o representatividad en un país marítimo como el nuestro, o para aquellas actividades como la acuicultura, que alcanzan su máxima expresión en aguas marinas.

Además, cabe señalar que son tres las normas de la Confederación Suiza que CONAMA emplea en la actualidad como normativa referencial en las actividades asociadas al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA):

- Norma para la emisión de aguas servidas descargadas a cuerpos de agua superficiales (*Ordenanza de Descarga de Aguas Servidas, publicada el 8 de diciembre de 1975*);
- Norma de emisiones al aire (*Ordenanza Sobre Control de Contaminación del Aire (OAPC) 814.318.142.1*, y
- Norma de emisión de ruidos (*Ordenanza sobre Protección Contra el Ruido (OPB)*)

Conviene destacar lo señalado por la propia CONAMA en su sitio web [www.conama.cl](http://www.conama.cl), respecto del uso de dichas normas suizas, y que hablan por sí mismas, respecto del marco y condiciones bajo las cuales la autoridad ambiental emplea dichas normas de referencia, pudiendo extractarse lo siguiente:

#### **"Utilización de las Normas de Referencia en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental Antecedentes Generales"**

El uso de las normas de referencia para el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental está indicado en el artículo 11 de la Ley 19.300, en el que se estipula que "Para efectos de evaluar el riesgo indicado en la letra a) y los efectos significativos señalados en la letra b), se considerará lo establecido en las normas de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que señale el reglamento".

Asimismo, en el artículo 7 del Reglamento del SEIA se establece que "Las normas de calidad ambiental y de emisión que se utilizarán como referencia para los efectos de evaluar el riesgo indicado en la letra a) y los efectos adversos señalados en la letra b), ambas del artículo 11 de la Ley, serán aquellas vigentes en la Confederación Suiza."

Según la interpretación de la Ley, los Estados a que se refiere los articulados antes mencionados corresponden al concepto de Estado- Nación o país, es decir, áreas para los cuales existen normas de calidad y de emisión, y cuyo ámbito de aplicación incluye a todo el territorio del Estado para el cual fueron establecidas, suponiendo un carácter nacional o federal, según sea el caso.

Finalmente, es importante señalar que las normas de referencia se pueden utilizar para comparar respecto de normas de calidad ambiental (primarias o secundarias) y de emisión solamente, en el contexto que se definen en la Ley 19.300 (Art. 2 ,letras n), ñ) y o)) y no para normas de otro tipo, tales como, normas técnicas, normas de manejo de rellenos sanitarios o normas de caudal ecológico.

### Uso de Normas de Referencia

En el contexto de la Ley de Bases y el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, las normas de referencia deben ser consideradas como un criterio para evaluar la pertinencia de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, en el caso de no existir normas de calidad y de emisión nacionales. **Por lo tanto, las normas de referencia no son exigibles en Chile** y no pueden ser utilizadas como condición para aprobar un EIA o una DIA.

La pertinencia de presentar un Estudio de Impacto Ambiental, utilizando las normas de referencia, se dará cuando el orden de magnitud asociado a los niveles de emisión de contaminantes del proyecto en relación a la norma suiza sean mucho mayores. Por ejemplo, en el caso que la emisión del proyecto sea 100 mg/L de un contaminante A y la norma de emisión suiza para ese contaminante sea de 0,1 mg/L, el proyecto deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental, en el cual demuestre que los impactos ambientales derivados del proyecto serán abordados mediante la implementación de medidas de mitigación, reparación y/o compensación. En el mismo caso anterior, pero que la norma de emisión suiza fuera 110 mg/L, el titular de proyecto podría presentar una Declaración de Impacto Ambiental y agregar otro tipo de información que valide y justifique la presentación de la DIA.

Luego, el valor de la norma suiza debe ser considerado como un parámetro referencial para la comparación de las emisiones y no como un valor determinante para el cumplimiento de la misma.

Por lo anterior, el no-cumplimiento de las normas de referencia, no es antecedente suficiente para que el proyecto o actividad sea rechazado, toda vez que demuestre, a través de antecedentes de las características del proyecto en particular (tales como la localización del mismo y su área de influencia u otra información relevante), o a través del conjunto de medidas de mitigación, compensación o reparación consideradas, que se ejecutarán las acciones para impedir o minimizar los efectos significativamente adversos".

Sin perjuicio de lo anterior, en el caso que un contaminante en particular no se encuentre regulado por normas chilenas ni suizas, en la presentación de un Estudio o una Declaración de Impacto Ambiental, se pueden utilizar normas de otros países que pueden servir al titular del proyecto para justificar y evaluar el



impacto ambiental de su proyecto. En estos casos es recomendable que se consideren normas que presenten alguna similitud con las características del proyecto (tecnología utilizada, emisiones, descargas, materias primas) o con su lugar de emplazamiento (condiciones geográficas).

Finalmente, es importante señalar que estas normas de referencia son sólo uno de los criterios desagregados en el Título II del Reglamento del SEIA para ver la pertinencia de presentar un Estudio de Impacto Ambiental, debiendo analizarse también los demás criterios señalados en dicho Título.

### **Selección de las normas de la Confederación Suiza para ser utilizadas como referencia en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental**

A continuación se presentan alguno de los criterios utilizados que fundamentan la determinación de considerar a la Confederación Suiza para ser tomada como estado de referencia para el SEIA.

#### **Selección de un país de referencia**

La utilización de muchos Estados (13, de acuerdo a primera propuesta de Reglamento de SEIA) como fuente de normas de referencia genera complicaciones al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, debido a dos temas en particular:

1. El hecho de considerar una gran cantidad de países de referencia, crea la disponibilidad de una diversidad de niveles de emisión y de calidad ambiental para distintos contaminantes y tipos de proyectos, todos asociados a diferentes metodologías de medición y control.

En ese sentido, la Ley no establece claramente, ni se puede derivar de su interpretación, que se pueda realizar una priorización de países para ser utilizados en el SEIA. Luego, en la práctica esto significa que, en el caso de tener una norma de calidad o de emisión para un compuesto X en dos países y los niveles máximos permitidos en ambos casos no fueran coincidentes, la autoridad no tendría instrumentos para privilegiar la utilización de un país por sobre otro, generando tanto incertidumbre para el titular del proyecto sobre los criterios que serán utilizados para la evaluación ambiental de su proyecto, como la baja probabilidad de poder crear criterios homogéneos en las diversas COREMAS y las diversas instituciones del Estado que participan en el SEIA.

2. Por otro lado, mientras mayor sea el número de países de referencia, mayor es la exigencia para CONAMA de mantener actualizada esas normativas, como también para todos los otros actores del SEIA para conocer y utilizar dicha información. Esto implica, por una parte, altos costos al Estado tanto para los efectos de traducción oficial de dichos documentos, como la necesidad de mantener una comunicación directa con las agencias ambientales o instituciones asociadas a la dictación de normas de calidad y de emisión, para tener acceso rápido a los cambios o modificaciones que se pudieran generar.

**Apéndice 2-1**  
**Ley General de Pesca y Acuicultura**

Ley 18.892/89 publicada en el D.O. el 23/12/89  
Ley 19.079/91 publicada en el D.O. el 06/09/91, modifica LGPA  
Ley 19.080/91 publicada en el D.O. el 06/09/91, modifica LGPA  
DS 430/92 publicado en el D.O. el 21/01/92, texto refundido LGPA  
Ley 19.210/93 publicada en el D.O. el 16/04/93, modifica art. 32 LGPA  
Ley 19.245/93 publicada en el D.O. el 04/09/93, modifica art. 3 transitorio LGPA  
Ley 19.323/94 publicada en el D.O. el 18/08/94, modifica art. 124 LGPA  
Ley 19.348/94 publicada en el D.O. el 16/11/94, modifica art. 5 transitorio LGPA  
Ley 19.364/94 publicada en el D.O. el 06/01/95, modifica 137, 142, 143 LGPA  
Ley 19.384/95 publicada en el D.O. el 13/05/95, modifica art. 48, 116 LGPA  
Ley 19.492/97 publicada en el D.O. el 03/02/97, modifica art. 48, 67 y 144 LGPA  
Ley 19.520/97 publicada en el D.O. el 03/10/97, modifica art. 110, 124 LGPA  
Ley 19.521/97 publicada en el D.O. el 23/10/97, modifica art. 64, 110, 113, 143 LGPA  
Ley 19.624/99 publicada en el D.O. el 28/08/99, modifica art. 110 LGPA

**Apéndice 2-2**  
**AREAS APROPIADAS PARA EL EJERCICIO DE LA ACUICULTURA EN LA ZONA EN ESTUDIO**

**1. Decretadas por el Ministerio de Defensa Nacional**

- a) D.S. N° 371 publicado en el D.O. el 18.08.93. Fija áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura en la X Región. Modificado por D.S. N° 211/96
- b) D.S. N° 537 publicado en el D.O. el 11.11.93. Fija áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura en Regiones VIII y IX. Modificado por D.S. N° 84/97.
- c) D.S. N° 359 publicado en el D.O. el 14.10.94. Fija áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura en la XI Región. Modificado por D.S. N° 100/95.
- d) D.S. N° 340 publicado en el D.O. el 14.10.94. Fija áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura en la XII Región. Modificado por D.S. N° 100/95 y D.S. N° 330/97.
- e) D.S. N° 100 publicado en el D.O. el 17.07.95. Modifica áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura en las regiones XI y XII.
- f) D.S. N° 221 publicado en el D.O. el 09.10.96. Reemplaza íntegramente la carta S.H.O.A. N° 702 consignada en el D.S. N° 371/93, que fija las áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura en la X Región y agrega nuevas áreas.
- g) D.S. N° 330 publicado en el D.O. el 03.01.97. Modifica D.S. N° 340/94, modificado por el D.S. N° 100/95, que aprobaron las áreas aptas para el ejercicio de la acuicultura en la XII Región, en el sentido de considerar además el sector denominado "Ribera oeste del canal Valdés" como apto para el ejercicio de dicha actividad.
- h) D.S. N° 350 publicado en el D.O. el 18.02.97. Fija áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura en la XI Región (Reserva Nacional Las Guaitecas, archipiélago de Los Chonos).
- i) D.S. N° 84 publicado en el D.O. el 02.07.97. Modifica D.S. N° 537/93, que fijó las áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura en las regiones VIII y IX.

**2. Propuestas por la Subsecretaría de Pesca**

- a) Resolución N° 319 publicada en el D.O. el 04.04.95. Fija áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura en la VII Región.
- b) Resolución N° 1.989 publicada en el D.O. el 06.12.96. Propone modificación de declaración de áreas autorizadas para ejercicio de la acuicultura en la VIII Región.
- c) Res. N° 8 publicada en el D.O. el 20.01.97. Propone áreas autorizadas para el ejercicio de la acuicultura en cuerpos de agua continentales de la provincia de U. Esperanza, en la XII Región.
- d) Resolución N° 9 publicada en el D.O. el 21.01.97. Propone áreas autorizadas para el ejercicio de la acuicultura en cuerpos de agua continentales de la provincia de Magallanes, en la XII Región.
- e) Res. N° 10 publicada en el D.O. el 21.01.97. Propone áreas autorizadas para el ejercicio de la acuicultura en cuerpos de agua continentales de la provincia de Tierra del Fuego, en la XII Región.
- f) Res. N° 11 publicada en el D.O. el 21.01.97. Propone áreas autorizadas para el ejercicio de la acuicultura en cuerpos de agua continentales de la provincia Antártica Chilena.

Resultados de las campañas  
de muestreo

---

Anexo

**2**

## Contenidos

|  |       |
|--|-------|
| A. Metodología                                 | 2-2   |
| 2.1. Desarrollo de las actividades de muestreo | 2-2   |
| B. Resultados                                  | 2-11  |
| a. Estero Chauquiar, Calbuco                   | 2-21  |
| b. Canal Lemuy, Castro                         | 2-51  |
| c. Ribera norte del río Maullín, La Pasada     | 2-76  |
| d. Río Tomagaleones, frente Isla del Rey       | 2-100 |

## Tablas

|   |      |
|---|------|
| Tabla 2.1. Procedimiento para el registro de mediciones directas u observaciones de terreno.                | 2-11 |
| Tabla 2.2. Procedimiento aplicados para la preservación y almacenamiento de las muestras de agua de mar.    | 2-13 |
| Tabla 2.3. Procedimiento aplicados para preservar y almacenar las muestras sedimentarias y de macroinfauna. | 2-16 |
| Tabla 2.4. Laboratorios de análisis participantes en el proyecto.   | 2-19 |
| Tabla 2.5. Condiciones analíticas de proceso de las muestras en los distintos laboratorios.                 | 2-20 |
| Tabla 2.6. pH en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                                 | 2-23 |
| Tabla 2.7. Oxígeno disuelto (mL/L) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.            | 2-25 |
| Tabla 2.8. Sólidos suspendidos (mg/L) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.         | 2-26 |
| Tabla 2.9. Carbono orgánico total (mg/L) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.      | 2-27 |
| Tabla 2.10. Fósforo total (mg/L) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000. Terreno.     | 2-28 |
| Tabla 2.11. Fosfato (mg/L) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000. Terreno.           | 2-29 |
| Tabla 2.12. Nitrógeno total en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000. Terreno.          | 2-31 |
| Tabla 2.13. Amonio (mg/L) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000. Terreno.            | 2-32 |
| Tabla 2.14. Clorofila a (mg/m <sup>3</sup> ) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.  | 2-33 |
| Tabla 2.15. Cobre total (µg/L) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                | 2-35 |
| Tabla 2.16. Promedio gráfico (phi) de sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                 | 2-36 |
| Tabla 2.17. Aspecto de sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                                | 2-37 |
| Tabla 2.18. Grado de selección (phi) de sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.               | 2-37 |
| Tabla 2.19. Asimetría gráfica (phi) de sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                | 2-37 |
| Tabla 2.20. Carbono orgánico total (%) en sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.             | 2-38 |
| Tabla 2.21. Fósforo total (ppm) en sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                    | 2-40 |
| Tabla 2.22. Nitrógeno total (ppm) en sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                  | 2-41 |
| Tabla 2.23. Cobre total (ppm) en sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                      | 2-42 |
| Tabla 2.24. Sulfuros (ppm) en sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                         | 2-43 |
| Tabla 2.25. Número de especies en Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                                | 2-45 |
| Tabla 2.26. Número de individuos en Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                              | 2-47 |
| Tabla 2.27. Biomasa húmeda (g) en Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                                | 2-48 |

|  |      |
|--|------|
| Tabla 2.28. Diversidad específica (bit/ind) en Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000                               | 2-49 |
| Tabla 2.29. Uniformidad en Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000   | 2-50 |
| Tabla 2.30. pH en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.   | 2-52 |
| Tabla 2.31. Oxígeno disuelto (mL/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre                                  | 2-53 |
| Tabla 2.32. Sólidos suspendidos (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.<br>Laboratorio 2        | 2-54 |
| Tabla 2.33. Carbono orgánico total (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.<br>Laboratorio 1     | 2-55 |
| Tabla 2.34. Fósforo total (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2,<br>réplica 1   | 2-56 |
| Tabla 2.35. Fósforo total (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2,<br>réplica 2   | 2-57 |
| Tabla 2.36. Fosfato (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2,<br>réplica 1         | 2-58 |
| Tabla 2.37. Fosfato (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2,<br>réplica 2         | 2-58 |
| Tabla 2.38. Nitrógeno total (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio<br>2, réplica 1 | 2-59 |
| Tabla 2.39. Nitrógeno total (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio<br>2, réplica 2 | 2-60 |
| Tabla 2.40. Amonio (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2,<br>réplica 1          | 2-60 |
| Tabla 2.41. Amonio (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2,<br>réplica 2          | 2-61 |
| Tabla 2.42. Clorofila (mg/m <sup>3</sup> ) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                     | 2-62 |
| Tabla 2.43. Clorofila (mg/m <sup>3</sup> ) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2       | 2-62 |
| Tabla 2.44. Cobre (ug/L) total en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 1,<br>rép 1.        | 2-63 |
| Tabla 2.45. Cobre (ug/L) total en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 1,<br>réplica 2     | 2-63 |
| Tabla 2.46. Promedio gráfico (phi) de sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                  | 2-64 |
| Tabla 2.47. Aspecto de sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.   | 2-65 |
| Tabla 2.48. Grado de selección de sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                      | 2-65 |
| Tabla 2.49. Asimetría gráfica de sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                       | 2-66 |
| Tabla 2.50. Carbono orgánico total (%) en sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                              | 2-67 |
| Tabla 2.51. Fósforo total (ppm) en sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                     | 2-68 |
| Tabla 2.52. Nitrógeno total (ppm) en sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                   | 2-68 |
| Tabla 2.53. Cobre total (ppm) en sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                       | 2-69 |
| Tabla 2.54. Sulfuros (ppm) en sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2                            | 2-70 |
| Tabla 2.55. Número de especies en Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000  | 2-71 |
| Tabla 2.56. Número de individuos en Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000  | 2-72 |
| Tabla 2.57. Biomasa húmeda en Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000  | 2-73 |
| Tabla 2.58. Diversidad específica (bit/ind) en Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000                                     | 2-74 |
| Tabla 2.59. Uniformidad en Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000   | 2-75 |
| Tabla 2.60. Valores de salinidad (ups) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.                              | 2-77 |
| Tabla 2.61. Valores de transparencia (m) de la columna de agua del río Maullín, abril 2001.                            | 2-78 |
| Tabla 2.62. Valores de pH en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.   | 2-79 |
| Tabla 2.63. Contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.                    | 2-80 |
| Tabla 2.64. Contenido de sólidos suspendidos (mg/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.                 | 2-81 |
| Tabla 2.65. Contenido de carbono orgánico total (mg/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.              | 2-82 |
| Tabla 2.66. Contenido de fósforo total (mg/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.                       | 2-83 |
| Tabla 2.67. Contenido de fosfato total (mg/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.                       | 2-84 |
| Tabla 2.68. Contenido de nitrógeno total (mg/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.                     | 2-85 |
| Tabla 2.69. Contenido de amonio (mg/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.                              | 2-86 |
| Tabla 2.70. Contenido de clorofila a (mg/m <sup>3</sup> ) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.           | 2-87 |
| Tabla 2.71. Contenido de cobre total (ug/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.                         | 2-88 |

|  |       |
|--|-------|
| Tabla 2.72. Valores de los parámetros granulométricos para los sedimentos superficiales sublitorales de ambas transectas. Río Maullín, abril 2001.                 | 2-89  |
| Tabla 2.73. Contenido de COT (%) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín, abril 2001.   | 2-90  |
| Tabla 2.74. Contenido de fósforo total ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín, Abril 2001.                           | 2-91  |
| Tabla 2.75. Contenido de nitrógeno total ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín, Abril 2001.                         | 2-92  |
| Tabla 2.76. Contenido de cobre ( $\text{mg/Kg}$ ) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín, Abril 2001.                                    | 2-93  |
| Tabla 2.77. Contenido de sulfuros ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín, Abril 2001.                                | 2-94  |
| Tabla 2.78. Ocurrencia de <i>Vibrio</i> spp. en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín, Abril 2001.   | 2-95  |
| Tabla 2.79. Número de especies de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín. Abril 2001.                    | 2-96  |
| Tabla 2.80. Número de individuos de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín. Abril 2001.                  | 2-97  |
| Tabla 2.81. Biomasa en peso húmedo (g) de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín. Abril 2001.            | 2-97  |
| Tabla 2.82. Diversidad ( $\text{bit/ind}$ ) de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín. Abril 2001.       | 2-98  |
| Tabla 2.83. Uniformidad de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín. Abril 2001.                           | 2-99  |
| Tabla 2.84. Valores de salinidad (ups) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.  | 2-101 |
| Tabla 2.85. Valores de transparencia (m) de la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001   | 2-101 |
| Tabla 2.86. Valores de pH en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.   | 2-102 |
| Tabla 2.87. Contenido de oxígeno disuelto ( $\text{mL/L}$ ) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.                                     | 2-104 |
| Tabla 2.88. Contenido de sólidos suspendidos ( $\text{mg/L}$ ) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.                                  | 2-105 |
| Tabla 2.89. Contenido de carbono orgánico total ( $\text{mg/L}$ ) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.                               | 2-106 |
| Tabla 2.90. Contenido de fósforo total ( $\text{mg/L}$ ) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.  | 2-107 |
| Tabla 2.91. Contenido de fosfato total ( $\text{mg/L}$ ) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.  | 2-107 |
| Tabla 2.92. Contenido de nitrógeno total ( $\text{mg/L}$ ) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.                                      | 2-108 |
| Tabla 2.93. Contenido de amonio ( $\text{mg/L}$ ) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.   | 2-109 |
| Tabla 2.94. Contenido de clorofila <i>a</i> ( $\text{mg/m}^3$ ) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.                                 | 2-110 |
| Tabla 2.95. Contenido de cobre total ( $\mu\text{g/L}$ ) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.  | 2-111 |
| Tabla 2.96. Valores de los parámetros granulométricos para los sedimentos superficiales sublitorales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001. | 2-112 |
| Tabla 2.97. Contenido de COT (%) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.                                     | 2-113 |
| Tabla 2.98. Contenido de fósforo total ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.           | 2-115 |
| Tabla 2.99. Contenido de nitrógeno total ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.         | 2-116 |
| Tabla 2.100. Contenido de cobre ( $\text{mg/Kg}$ ) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.                   | 2-117 |
| Tabla 2.101. Contenido de sulfuros ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.               | 2-118 |

|   |       |
|---|-------|
| Tabla 2.102. Ocurrencia de <i>Vibrio</i> spp. en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.                                   | 2-118 |
| Tabla 2.103. Número de especies de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.              | 2-119 |
| Tabla 2.104. Número de individuos de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.            | 2-120 |
| Tabla 2.105. Biomasa en peso húmedo (g) de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.      | 2-121 |
| Tabla 2.106. Diversidad específica (bit/ind) de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001. | 2-122 |
| Tabla 2.107. Uniformidad de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.                     | 2-122 |

## Figuras

|  |      |
|--|------|
| Figura 2.1. Ubicación de las estaciones de monitoreo a lo largo de las transectas en el estero Chauquiar, isla Puluqui, Calbuco. Diciembre del 2000.   | 2-4  |
| Figura 2.2. Ubicación de las estaciones de monitoreo a lo largo de las transectas en el canal Lemuy, Castro. Diciembre del 2000.   | 2-6  |
| Figura 2.3. Ubicación de las estaciones de muestreo de la segunda campaña. Río Maullín, abril 2001.  | 2-8  |
| Figura 2.4. Ubicación de las estaciones de muestreo de la segunda campaña. Río Tornagaleones, abril 2001.  | 2-9  |
| Figura 2.5. Representación gráfica de los valores de pH en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                  | 2-24 |
| Figura 2.6. Representación gráfica de los valores de oxígeno disuelto en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.    | 2-25 |
| Figura 2.7. Representación gráfica de los valores de sólidos suspendidos en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000. | 2-26 |
| Figura 2.8. Representación gráfica de los valores de COT en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                 | 2-27 |
| Figura 2.9. Representación gráfica de los valores de fósforo en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.             | 2-28 |
| Figura 2.10. Representación gráfica de los valores de fosfato en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.            | 2-30 |
| Figura 2.11. Representación gráfica de los valores de nitrógeno en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.          | 2-31 |
| Figura 2.12. Representación gráfica de los valores de amonio en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.             | 2-32 |
| Figura 2.13. Representación gráfica de los valores de clorofila "a" en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.      | 2-33 |
| Figura 2.14. Representación gráfica de los valores de cobre en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.              | 2-35 |
| Figura 2.15. Representación gráfica del promedio gráfico registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                 | 2-36 |
| Figura 2.16. Representación gráfica del grado de selección registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.               | 2-37 |
| Figura 2.17. Representación gráfica de los valores de COT registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.               | 2-39 |
| Figura 2.18. Representación gráfica de los valores de fósforo registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.           | 2-40 |
| Figura 2.19. Representación gráfica de los valores de nitrógeno registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.         | 2-41 |
| Figura 2.20. Representación gráfica de los valores de cobre registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.             | 2-43 |

|  |      |
|--|------|
| Figura 2.21. Representación gráfica de los valores de sulfuros registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.                      | 2-44 |
| Figura 2.22. Representación gráfica del número de especies encontradas en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.       | 2-46 |
| Figura 2.23. Representación gráfica del número de individuos encontrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.     | 2-47 |
| Figura 2.24. Representación gráfica de la biomasa húmeda encontrada en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.          | 2-48 |
| Figura 2.25. Representación gráfica de la diversidad de especies encontradas en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000. | 2-49 |
| Figura 2.26. Representación gráfica de la uniformidad encontrada en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.             | 2-50 |
| Figura 2.27. Representación gráfica de los valores de pH en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                    | 2-52 |
| Figura 2.28. Representación gráfica de los valores de oxígeno disuelto en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                      | 2-53 |
| Figura 2.29. Representación gráfica de los valores de sólidos suspendidos en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                   | 2-54 |
| Figura 2.30. Representación gráfica de los valores de COT en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                   | 2-55 |
| Figura 2.31. Representación gráfica de los valores de fósforo en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                               | 2-57 |
| Figura 2.32. Representación gráfica de los valores de fósforo en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                              | 2-57 |
| Figura 2.33. Representación gráfica de los valores de fosfato en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                               | 2-58 |
| Figura 2.34. Representación gráfica de los valores de fosfato en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                              | 2-58 |
| Figura 2.35. Representación gráfica de los valores de nitrógeno en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                             | 2-59 |
| Figura 2.36. Representación gráfica de los valores de nitrógeno en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                             | 2-60 |
| Figura 2.37. Representación gráfica de los valores de amonio en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                | 2-61 |
| Figura 2.38. Representación gráfica de los valores de amonio en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                | 2-61 |
| Figura 2.39. Representación gráfica de los valores de clorofila "a" en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                        | 2-62 |
| Figura 2.40. Representación gráfica de los valores de clorofila "a" en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                         | 2-62 |
| Figura 2.41. Representación gráfica de los valores de cobre en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                 | 2-63 |
| Figura 2.42. Representación gráfica de los valores de cobre en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                 | 2-64 |
| Figura 2.43. Representación gráfica del promedio gráfico registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                    | 2-65 |
| Figura 2.44. Representación gráfica del grado de selección registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                  | 2-65 |
| Figura 2.45. Representación gráfica de la asimetría registrada en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.   | 2-66 |
| Figura 2.46. Representación gráfica de los valores de COT registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                                  | 2-67 |



|  |      |
|--|------|
| Figura 2.47. Representación gráfica de los valores de fósforo total registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                | 2-68 |
| Figura 2.48. Representación gráfica de los valores de nitrógeno registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                    | 2-69 |
| Figura 2.49. Representación gráfica de los valores de cobre registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                        | 2-70 |
| Figura 2.50. Representación gráfica de los valores de sulfuros registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.                     | 2-71 |
| Figura 2.51. Representación gráfica del número de especies registradas en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.      | 2-72 |
| Figura 2.52. Representación gráfica del número de individuos registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.    | 2-73 |
| Figura 2.53. Representación gráfica de la biomasa húmeda registrada en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.         | 2-73 |
| Figura 2.54. Representación gráfica de la diversidad de especies registrada en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. | 2-74 |
| Figura 2.55. Representación gráfica de la uniformidad registrada en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.            | 2-75 |
| Figura 2.56. Representación gráfica de los valores de salinidad en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                                 | 2-77 |
| Figura 2.57. Representación gráfica de los valores de transparencia registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.   | 2-78 |
| Figura 2.58. Representación gráfica de los valores de pH en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.  | 2-79 |
| Figura 2.59. Representación gráfica de los valores de oxígeno disuelto en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001. Réplica 1.               | 2-80 |
| Figura 2.60. Representación gráfica de los valores de oxígeno disuelto en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001. Réplica 2.               | 2-80 |
| Figura 2.61. Representación gráfica de los valores de sólidos suspendidos en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                       | 2-81 |
| Figura 2.62. Representación gráfica de los valores de COT en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                                       | 2-82 |
| Figura 2.63. Representación gráfica de los valores de fósforo en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                                   | 2-83 |
| Figura 2.64. Representación gráfica de los valores de fosfato en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                                   | 2-84 |
| Figura 2.65. Representación gráfica de los valores de nitrógeno en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                                 | 2-85 |
| Figura 2.66. Representación gráfica de los valores de amonio en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                                    | 2-86 |
| Figura 2.67. Representación gráfica de los valores de clorofila "a" en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                             | 2-87 |
| Figura 2.68. Representación gráfica de los valores de cobre en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                                     | 2-88 |
| Figura 2.69. Representación gráfica del promedio gráfico registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.  | 2-89 |
| Figura 2.70. Representación gráfica del grado de selección registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                                      | 2-89 |
| Figura 2.71. Representación gráfica de la asimetría registrada en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.   | 2-90 |
| Figura 2.72. Representación gráfica de los valores de COT registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                                      | 2-91 |
| Figura 2.73. Representación gráfica de los valores de fósforo registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                                  | 2-92 |

|  |       |
|--|-------|
| Figura 2.74. Representación gráfica de los valores de nitrógeno registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                        | 2-93  |
| Figura 2.75. Representación gráfica de los valores de cobre registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                            | 2-94  |
| Figura 2.76. Representación gráfica de los valores de sulfuros registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.                         | 2-95  |
| Figura 2.77. Representación gráfica del número de especies registradas en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.          | 2-96  |
| Figura 2.78. Representación gráfica del número de individuos registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.        | 2-97  |
| Figura 2.79. Representación gráfica de los valores de biomasa registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.       | 2-98  |
| Figura 2.80. Representación gráfica de los valores de diversidad registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.    | 2-98  |
| Figura 2.81. Representación gráfica de los valores de uniformidad registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.   | 2-99  |
| Figura 2.82. Representación gráfica de los valores de salinidad en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                   | 2-101 |
| Figura 2.83. Representación gráfica de los valores de transparencia registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                                     | 2-102 |
| Figura 2.84. Representación gráfica de los valores de pH en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                          | 2-103 |
| Figura 2.85. Representación gráfica de los valores de oxígeno disuelto en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001. Réplica 1. | 2-104 |
| Figura 2.86. Representación gráfica de los valores de oxígeno disuelto en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001. Réplica 2. | 2-104 |
| Figura 2.87. Representación gráfica de los valores de sólidos suspendidos en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.         | 2-105 |
| Figura 2.88. Representación gráfica de los valores de COT en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                         | 2-106 |
| Figura 2.89. Representación gráfica de los valores de fósforo en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                     | 2-107 |
| Figura 2.90. Representación gráfica de los valores de fosfato en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                     | 2-108 |
| Figura 2.91. Representación gráfica de los valores de nitrógeno en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                   | 2-109 |
| Figura 2.92. Representación gráfica de los valores de amonio en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                      | 2-110 |
| Figura 2.93. Representación gráfica de los valores de clorofila "a" en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.               | 2-110 |
| Figura 2.94. Representación gráfica de los valores de cobre en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                       | 2-111 |
| Figura 2.95. Representación gráfica del promedio gráfico registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                          | 2-112 |
| Figura 2.96. Representación gráfica del grado de selección registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                        | 2-112 |
| Figura 2.97. Representación gráfica de la asimetría registrada en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                               | 2-113 |
| Figura 2.98. Representación gráfica de los valores de COT registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                        | 2-114 |
| Figura 2.99. Representación gráfica de los valores de fósforo registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                    | 2-115 |
| Figura 2.100. Representación gráfica de los valores de nitrógeno registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                 | 2-116 |
| Figura 2.101. Representación gráfica de los valores de cobre registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                     | 2-117 |

|   |       |
|---|-------|
| Figura 2.102. Representación gráfica de los valores de sulfuros registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                                 | 2-118 |
| Figura 2.103. Representación gráfica del número de especies registradas en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                  | 2-119 |
| Figura 2.104. Representación gráfica del número de individuos registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.                | 2-120 |
| Figura 2.105. Representación gráfica de los valores de biomasa registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.               | 2-121 |
| Figura 2.106. Representación gráfica de los valores de diversidad específica registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001. | 2-122 |
| Figura 2.107. Representación gráfica de los valores de uniformidad registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.           | 2-123 |

## **A. Metodología**

### **2.1. Desarrollo de las actividades de muestreo**

Una vez que se contrató la embarcación adecuada para las actividades de muestreo, se embarcó el instrumental, equipos y material de muestreo, se chequeó a bordo y se dio la orden de zarpe.

#### **a. Ubicación de estaciones y posicionamiento satelital**

Una vez reconocidos los sectores de muestreo, se efectuó un barrido con el ecosonda para conocer las profundidades del fondo marino. A continuación, mediante el empleo de georreceptores satelitales (Garmin®) se procedió a posicionar las transectas y georreferenciar las estaciones de muestreo. En el Anexo A5 se entregan las coordenadas de posicionamiento en UTM y otros antecedentes de relevancia. Como criterio de un adecuado posicionamiento, se consideró una cobertura no inferior a 3 satélites y un error de posicionamiento (EPE), que arroja el mismo georreceptor, no superior a 40 m.

En cada uno de los sectores de muestreo, se aplicó el mismo procedimiento para demarcar las estaciones de muestreo a las distancias preestablecidas (0, 40, 70 y 140 m). Una vez georreferenciada la estación y conocida la profundidad del sitio, se fondeó un boyerín (bidón de plástico colorido atado a un peso) para señalar el punto de muestreo. Este procedimiento se repitió para demarcar cada una de las estaciones, ya que se contaba con un cabo graduado a las distancias conocidas, el cual se iba desenrollando a medida que la embarcación avanzaba en dirección de la transecta. Mediante la demarcación física de los puntos de muestreo se facilita enormemente las actividades de muestreo con el consiguiente ahorro de tiempo.

La única dificultad, que es independiente del procedimiento seguido, es la influencia que tiene el viento en la deriva de la embarcación. Si bien en ambos cuerpos de agua la embarcación fue fondeada mediante un sistema de anclaje, es muy difícil evitar el movimiento oscilante (borleo) de la lancha alrededor del arpeo (ancla).

### **Estero Chauquiar**

Para este sector se posicionaron las tres transectas previamente establecidas a lo largo del eje medio del estero. Realmente, este sector tiene la forma de una saco alargado más que un estero propiamente tal. La primera transecta fue ubicada cerca del fondo del saco, la segunda en el segmento medio y la tercera cerca de la boca de entrada (Figura 2.1). De estas tres transectas, la ubicada en la parte media del estero quedó localizada en medio de dos trenes de cuelgas, mientras que la primera nace frente a un tren de cuelgas de moluscos y su extremo distal queda libre de dicha influencia. La transecta establecida en la boca de estero Chauquiar quedó enfrentada a un tren de cuelgas de moluscos y a un costado de un centro de cultivo de salmones.

Gran parte de la superficie de las aguas del estero Chauquiar se encuentran ocupadas por trenes de cuelgas para el cultivo de moluscos, por lo que el desplazamiento debe realizarse con precaución por entre los canales de navegación, para así evitar que la hélice de la lancha se enrede con algún cabo de fondeo.

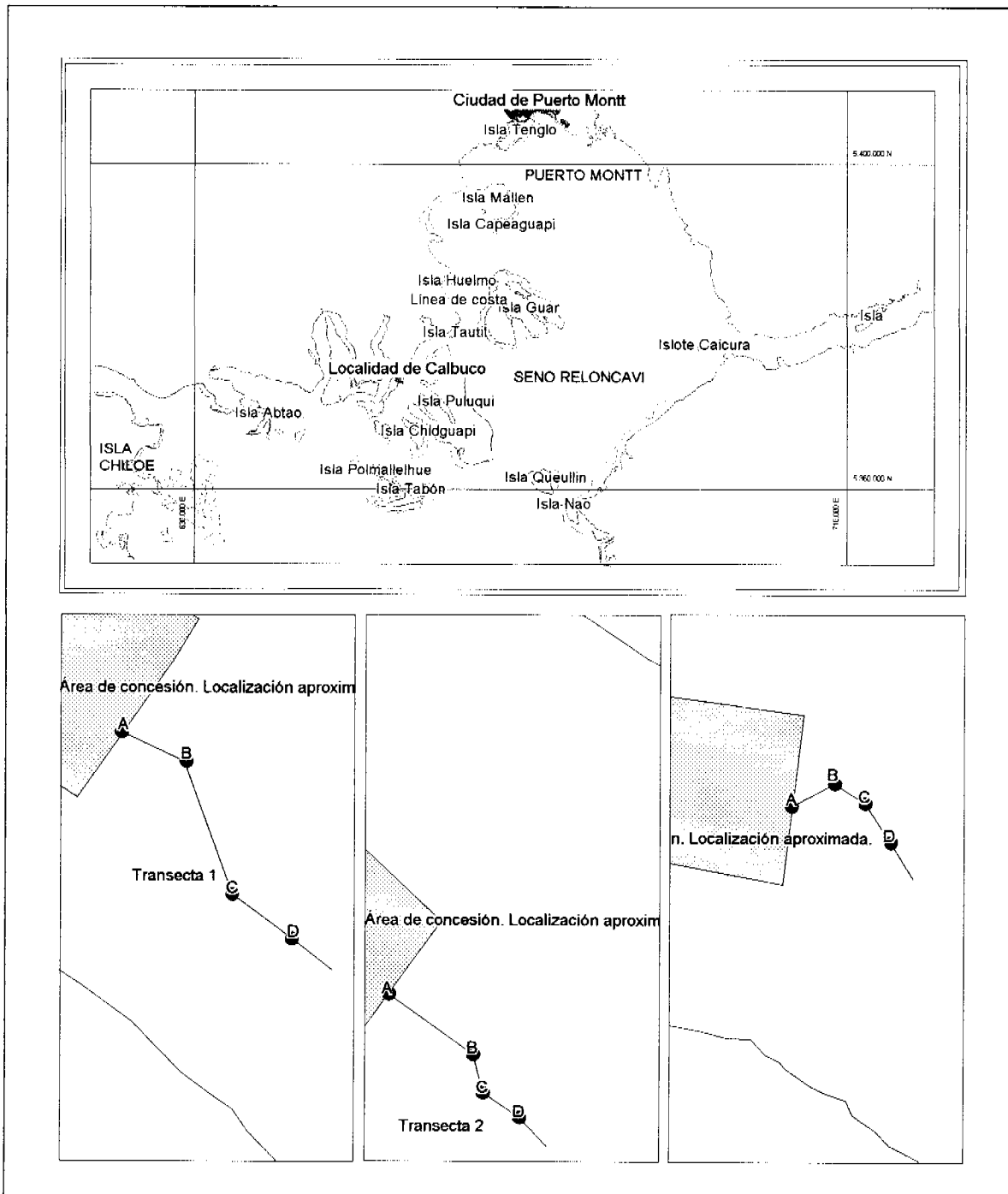


Figura 2.1. Ubicación de las estaciones de monitoreo a lo largo de las transectas en el estero Chauquiari, isla Puluqui, Calbuco. Diciembre del 2000.

### **Canal Lemuy**

En el canal Lemuy se ubicaron dos transectas paralelas al borde costero (Figura 2.2.). Según el diseño de muestreo, la primera de ellas fue ubicada frente a un tren de balsas-jaulas y a una distancia no mayor que 10 m del borde la jaula de salmones. La segunda transecta, situada aproximadamente a 300 m de la primera se ubicó en un sector destinado a amparar instalaciones de cultivos de moluscos. La transecta quedó ubicada entre dos trenes de cuelgas de moluscos, cuya separación distaba aproximadamente 150 m.

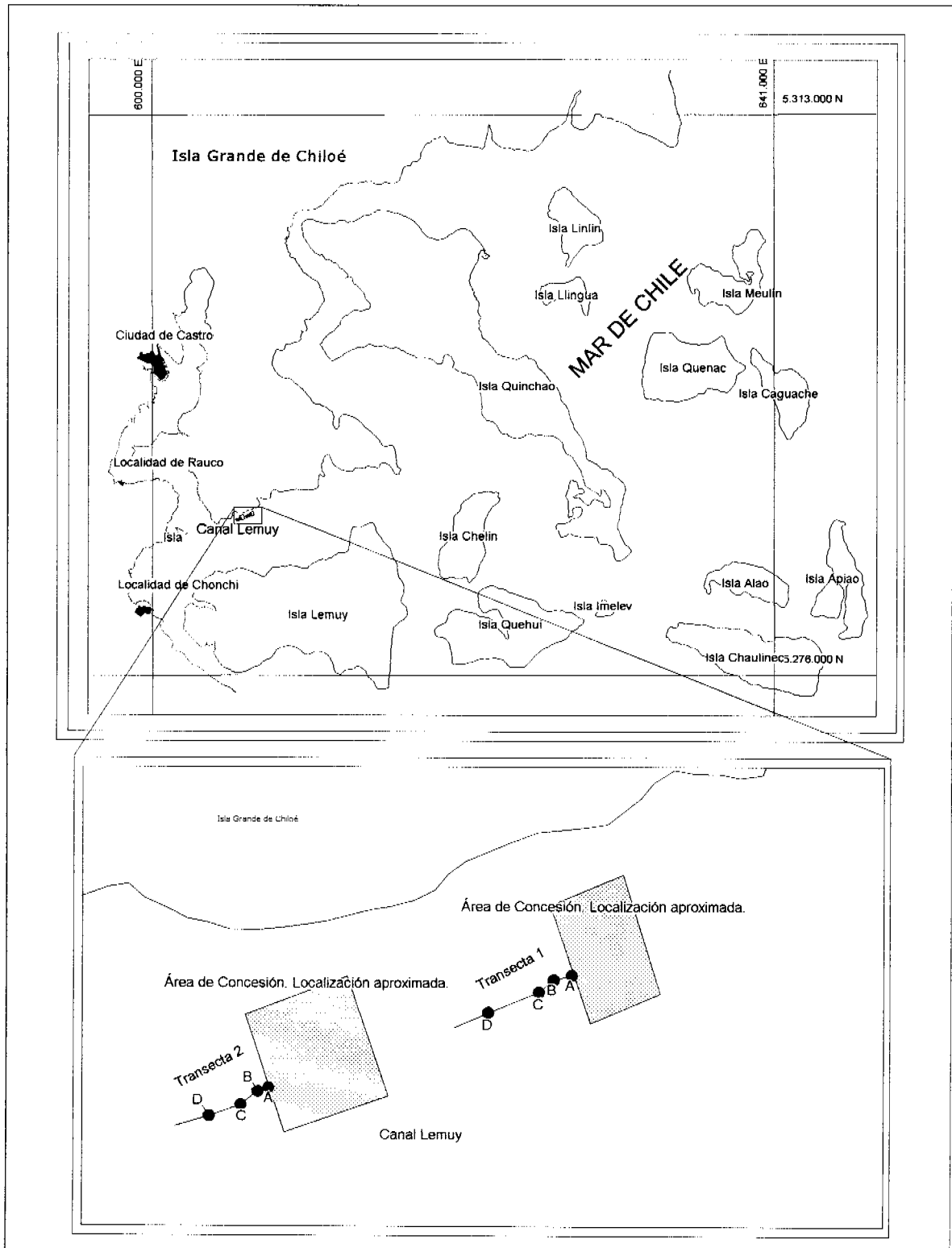


Figura 2.2. Ubicación de las estaciones de monitoreo a lo largo de las transectas en el canal Lemuy, Castro. Diciembre del 2000.



### **Ribera norte del río Maullín, sector La Pasada**

Las actividades de muestreo fueron efectuadas por el equipo de trabajo el 18 de abril y se prolongaron desde aproximadamente las 10 a las 17 horas. Por la mañana se efectuó el posicionamiento de las estaciones.

Dentro del área destinada a las concesiones para el cultivo de *Gracilaria* sp., se seleccionó dos sectores distintos para la ubicación de las transectas. La primera transecta (M1) fue ubicada en la Parcela 7 (Lote 0), mientras que la segunda transecta (M2) se localizó en la Parcela del Sindicato Coral, situada aguas arriba de la anterior (Figura 2.3).

Ambas transectas se ubicaron en sentido perpendicular a la ribera, estableciendo un total de cuatro estaciones de muestreo en cada una de ellas según el diseño originalmente propuesto. De este modo, la primera estación se estableció en el centro de la parcela (0 metros), la segunda distante a 40 m, la tercera a una distancia de 70 m y la estación más lejana ubicada a 140 m de la primera. Todos los puntos fueron referenciados mediante georreceptores satelitales (Garmin®) asistidos mediante el Sistema de Posicionamiento Global.

Cada estación de muestreo fue demarcada mediante un boyerín que permaneció fondeado durante todo el día. Dado que el equipo de trabajo se dividió en dos grupos: el primero efectuó durante la mañana la demarcación de las estaciones y recolectó las muestras de sedimentos y macroinfauna, mientras que el segundo grupo realizó por la tarde las mediciones directas y obtuvo las muestras de la columna de agua, se aseguró con la instalación de boyerines que ambos grupos de trabajo ejecutaran las actividades de muestreo en los mismos puntos geográficos.

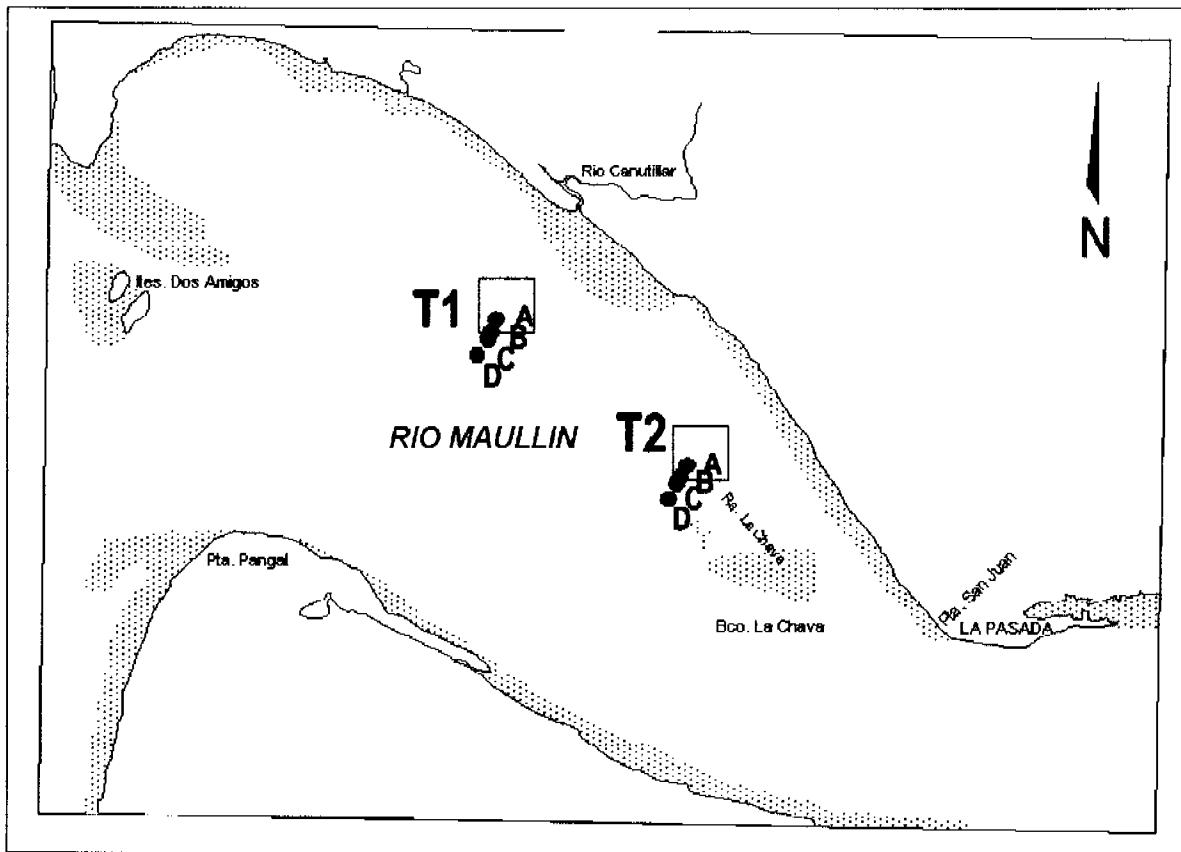
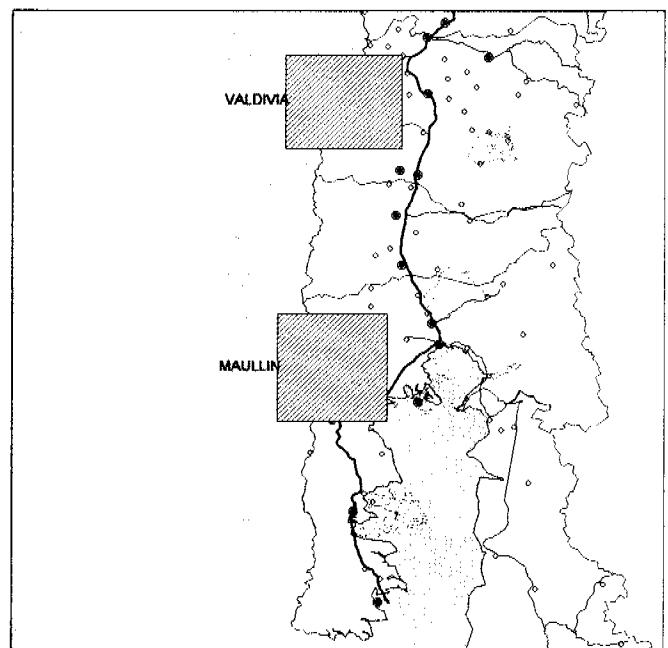


Figura 2.3. Ubicación de las estaciones de muestreo de la segunda campaña. Río Maullín, abril 2001.



### Río Tornagaleones, frente Isla del Rey

Las actividades de muestreo fueron efectuadas por el equipo de trabajo el 20 de abril y se prolongaron desde aproximadamente las 11:30 hasta las 17:30 horas. Por la mañana se efectuó el posicionamiento de las estaciones, aplicando el diseño de muestreo anteriormente descrito.

Dentro de la concesión de acuicultura destinada al cultivo de salmónidos, se seleccionaron dos transectas. La primera transecta fue ubicada en el extremo este del tren de balsas jaula (aguas arriba), en dirección hacia tierra (costa del Isla del Rey); mientras que, la segunda transecta se localizó en el extremo oeste (aguas abajo) en dirección al centro del río Tornagaleones (Figura 2.4). Ambas transectas se ubicaron en sentido perpendicular a la ribera, estableciendo un total de cuatro estaciones de muestreo en cada una de ellas según el diseño originalmente propuesto. La demarcación de las estaciones de muestreo y la organización de las actividades de trabajo fueron realizadas de manera similar a lo descrito para la localidad de Maullín.

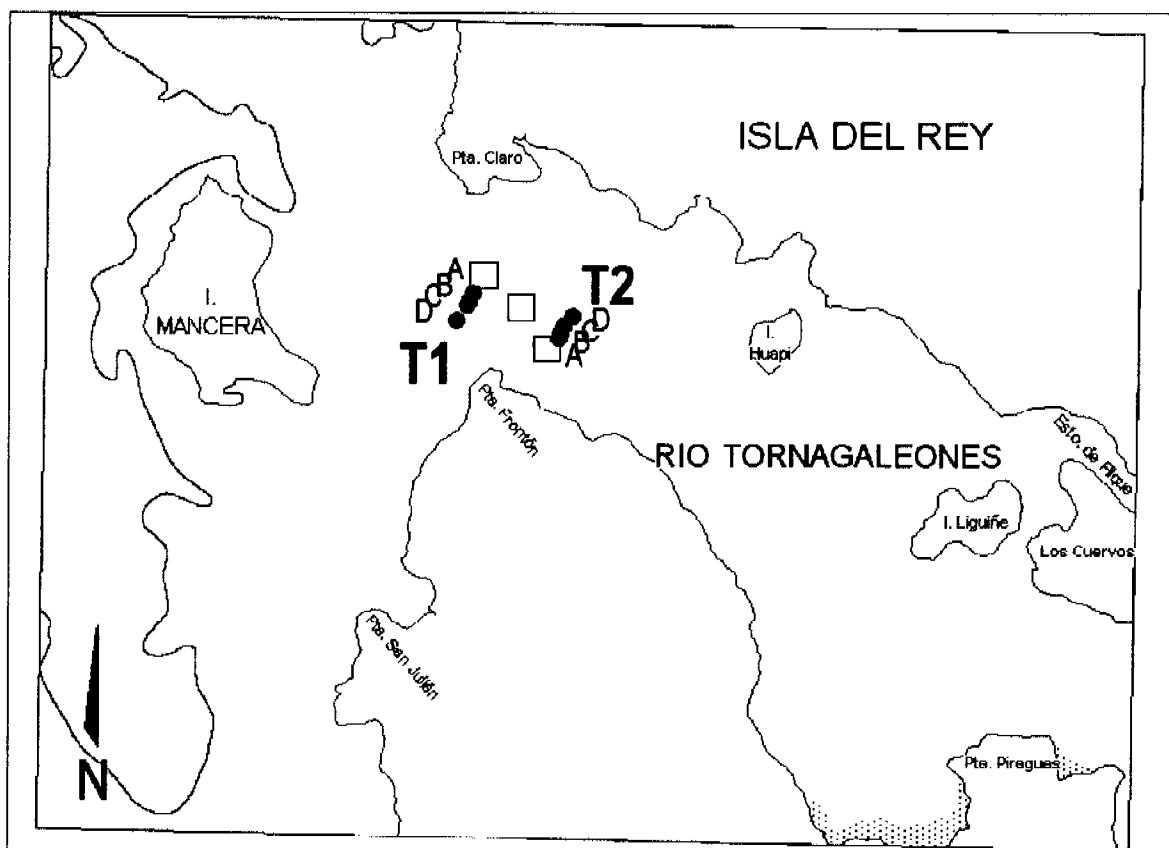


Figura 2.4. Ubicación de las estaciones de muestreo de la segunda campaña. Río Tornagaleones, abril 2001.

### **b. Mediciones directas y observaciones de terreno**

Una vez posicionada la embarcación en la primera estación de la transecta, se realizó un reconocimiento visual del entorno. Para estandarizar este tipo de observaciones y con miras a incorporarla a un SIG, la información de campo fue registrada en la "Ficha Caracterización de Hábitat" (ver Anexo 3). Del mismo modo, para cada una de las estaciones de muestreo se completó los registros de la "Ficha de Ubicación" y de la "Ficha de Observaciones" (ver Anexo 3).

Las observaciones o determinaciones de propiedades físicas o químicas *in situ*, es decir, en el mismo lugar de muestreo, se efectúan mediante visualización directa o a través del empleo de equipos o sensores que se introducen directamente en el agua y que arrojan un valor en tiempo real.

Este tipo de mediciones (metadatos) corresponden a todas aquellas observaciones que se realizan en forma complementaria durante las actividades de muestreo y que tienen por finalidad facilitar la interpretación de la información que se desprenda durante el análisis de datos. Los metadatos pueden ser de naturaleza cualitativa o cuantitativa (Tabla 2.1). En el primer caso corresponde a una descripción que se basa sobre una escala relativa, que previamente puede haber sido codificada o categorizada; mientras que en el segundo caso se emplea un instrumento que permite obtener un valor o magnitud. En la Tabla 2.1 se señalan qué tipo de mediciones se realizaron y el procedimiento empleado.

**Tabla 2.1. Procedimiento para el registro de mediciones directas u observaciones de terreno.**

| Variable             | Método  | Instrumentación                      | Unidad/Códigos                                    |
|----------------------|---|--------------------------------------|---|
| Fecha de muestreo    | Consignar el día o días en que se efectuó el muestreo, tomando como referencia el calendario gregoriano.  | Calendario                           | Fecha (día, mes, año)                             |
| Tiempo de muestreo   | Registrar la hora de inicio y de término del muestreo. La hora de inicio comienza cuando la embarcación se ubica en la estación; mientras que el término corresponde cuando se hace abandono del sitio de muestreo. | Reloj                                | Hora (hora: minuto)                               |
| Posición geográfica  | Registrar las coordenadas UCT de la estación, según se despliega en el visor del georreceptor satelital.  | GPS                                  | UTM Norte y UTM Este (metros)                     |
| Temperatura del aire | Registrar la temperatura atmosférica en un lugar sombrío mediante un termómetro de columna de mercurio, con una precisión de 0,1 °C.  | Termómetro                           | °C  |
| Nubosidad            | Estimarla en forma visual, dividiendo la esfera celeste en ocho octavos, para luego registrar la fracción con cobertura nubosa.   | Visual                               | Según tipificación en ficha. Cobertura en octavos |
| Dirección del viento | Registrar la dirección de procedencia del viento en forma directa, en base a cuadrantes cardinales principales.   | Rosa de vientos                      | N, NO, NE, S, SO, SE, E y S.                      |
| Velocidad del viento | Medición directa mediante un anemómetro portátil.   | Anemómetro                           | m/s. Calma (C)                                    |
| Profundidad          | Medir la profundidad del fondo desde la embarcación o por el buzo. En caso que los fondos se encuentren a mucha profundidad, el veril se leerá desde una carta de navegación del SHOA.                              | Ecosonda, escandallo o profundímetro | Metros  |
| Precipitaciones      | Registrar la ocurrencia de precipitaciones en sus distintas modalidades   | Visual                               | Según tipificación en ficha                       |
| Dirección de olas    | Registrar la procedencia del oleaje por observación directa, en base a cuadrantes cardinales.   | Puntos cardinales                    | N, NO, NE, S, SO, SE, E y S                       |
| Estado del mar       | Estimar mediante observación visual del mar.  | Visual                               | Según tipificación ficha                          |
| Olor del agua        | Presencia o ausencia de olor. Indicar olor del agua.  | Percepción olfativa                  | Descripción                                       |
| Color del agua       | Presencia o ausencia de color. Indicar color del agua   | Visual                               | Descripción                                       |

**Temperatura del mar.** La temperatura superficial del mar fue medida mediante un termómetro de columna de mercurio ( $\pm 0,1$  °C), introduciendo el extremo de este instrumento en un volumen de agua contenido de un balde. Para la medición de la temperatura en la columna de aguas se utilizó un perfilador CTD Seabird 25<sup>®</sup> previamente calibrado.

**Salinidad.** Para las mediciones de salinidad se aplicó dos modalidades. Los perfiles verticales a través de la columna de agua se efectuaron en base a registros de un CTD Seabird 25<sup>®</sup> señalado previamente. Además, en algunas estaciones se recolectó muestras de agua para su análisis en laboratorio mediante un salinómetro de inducción.

**pH.** Este parámetro fue medido mediante una equipo multiparamétrico (Multiline P4 WTW<sup>®</sup>), equipado con un sensor de pH Sentix 41<sup>®</sup>, de compensación automática para temperatura. Dada la condición natural

levemente básica del agua de mar, la calibración del instrumento se realizó utilizando soluciones tampones de pH 7 y 10 incorporados junto con el equipo.

**Oxígeno disuelto.** La medición de este parámetro se realizó transfiriendo una alícuota de 50 mL desde la botella oceanográfica a un vaso precipitado. Para la medición directa del contenido de oxígeno disuelto se utilizó un equipo multiparamétrico Multiline P4 WTW® equipado con un sector Cellox 325®. Este equipo cuenta con compensación automática para salinidad.

**Transparencia.** Para medir la profundidad de penetración de la luz solar en la columna de agua, se utilizó un disco Secchi de tamaño estándar unido a un cabo graduado. Para las mediciones se aplicó el procedimiento estándar de dos mediciones: la primera realizada durante el descenso y la otra durante el izado del disco.

### **c. Recolección de muestras, preservación y almacenamiento**

Los procedimientos de muestreo en detalle aplicados para cada uno de los parámetros contemplados en este programa de monitoreo se encuentran detallados en el Manual de Muestreo (Anexo).

#### **Columna de agua**

Las muestras de agua de mar fueron recolectadas por la borda de la embarcación mediante una botella oceanográfica tipo Niskin de 4 L de capacidad. Para el cierre de la botella a la profundidad deseada, se utilizó mensajeros enviados a través de un cable graduado. En el extremo de la botella se aseguró un peso de aproximadamente 1,5 kg para mantener la línea en posición vertical y asegurar el descenso expedito del mensajero.

En cada estrato de profundidad se requirió entre dos y lances de la botella oceanográfica para obtener el volumen de agua necesario para llenar los distintos tipos de envases. Una vez a bordo, la muestra de agua

fue transferida a los respectivos envases según la siguiente secuencia de alícuotas: oxígeno disuelto, pH, amonio, sólidos suspendidos fósforo total, nitrógeno total, clorofila, salinidad y cobre. En la Tabla 2.2 se resume los procedimientos aplicados durante la obtención de las muestras de agua.

Tabla 2.2. Procedimiento aplicados para la preservación y almacenamiento de las muestras de agua de mar.

| Parámetro        | Envase               | Volumen mínimo | Fijador               | Almacenamiento             |
|------------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------------|
| Oxígeno disuelto | Frasco yodométrico   | 125 mL         | Reactivos de Winckler | Refrigeración en oscuridad |
| Amonio           | Botella plástica AD  | 1 L            | Acido sulfúrico       | Refrigeración              |
| Sól. suspendidos | Bidón plástico AD    | 3 L            | No necesita           | Refrigeración              |
| Fósforo total    | Botella plástico AD  | 1 L            | Acido sulfúrico       | Refrigeración              |
| Nitrógeno total  | Botella plástico AD  | 1 L            | Acido sulfúrico       | Refrigeración              |
| Clorofila        | Botella vidrio ámbar | 2,5 L          | Carbonato de magnesio | Refrigeración              |
| Salinidad        | Frasco vidrio inerte | 250 mL         | No necesita           | Temperatura estable        |
| Cobre            | Botella plástica     | 250 mL         | Acido nítrico         | Refrigeración              |

Fuente: Elaboración propia. AD: alta densidad

Además, en cada punto de muestreo se recolectó una alícuota de agua para análisis de fósforo total, fosfato, amonio y nitrógeno total, mediante un espectrofotómetro de terreno (Spectroquant NOVA 60 de Merck®). Esta muestra fue almacenada en una botella plástica de alta densidad, bajo condiciones de oscuridad y temperatura constante; no fueron sometidas fijación alguna con reactivos químicos ya que se analizaron el mismo día del muestreo, una vez finalizadas las actividades de terreno.

En cada estación se siguió el siguiente procedimiento de muestreo:

- a. Recolección de muestras o transferencia de alícuotas superficiales para lecturas directas
- b. Recolección de las muestras de agua del estrato superficial para análisis en laboratorio
- c. Llenado de cada envase según protocolo y registro del código respectivo en la planilla de muestreo
- d. Verificación de la cantidad y estado de todas las muestras de agua recolectadas para el estrato superficial
- e. Almacenamiento de las muestras en los contenedores
- f. Recolección de muestras o transferencia de alícuotas de fondo para lecturas directas
- g. Recolección de las muestras de agua del estrato de fondo

- h. Llenado de cada envase según protocolo y registro del código respectivo en la planilla de muestreo
- i. Verificación de la cantidad y estado de todas las muestras de agua recolectadas para el estrato superficial
- j. Almacenamiento de las muestras en los contenedores

En la medida en que se van optimizando cada uno de los procedimientos de muestreo y se coordinan mejor las distintas actividades a bordo de la embarcación, los tiempos de permanencia en cada estación van disminuyendo a medida que avanza el muestreo. Por lo general, el muestreo de la primera estación toma aproximadamente entre 30 y 45 minutos; cuando ya se ha cubierto cerca del 25% de las estaciones el tiempo de permanencia por estación no se prolonga más allá de 20 a 25 minutos, dependiendo de las condiciones del mar y del tiempo. A ello se suma el tiempo de navegación entre una y otra estación, el cual depende de la distancia que haya que cubrir.

En Calbuco, el muestreo de la columna de agua tomó aproximadamente 8 horas de muestreo intenso y sin interrupciones, lo que arrojó un promedio de permanencia por estación de 40 minutos. Sin embargo, este lapso tiene incluido el tiempo de travesía entre estaciones y entre transectas. Por lo general, el tiempo de traslado de una estación a otras más el fondeo de la embarcación toma alrededor de 10 minutos, por lo que en cada transecta se destinan alrededor de 30 minutos en estas faenas. En consecuencia y descontando estos tiempos (30 minutos por 3 transectas = 90 minutos), el tiempo promedio de permanencia efectiva en una estación se reduce a 32,5 minutos. Estos tiempos consideran un equipo de trabajo compuesto por un supervisor y cuatro técnicos muestreadores.

Debido al menor número de estaciones establecidas para Castro, el tiempo de muestreo fue menor siendo de 5 horas aproximadamente. Las condiciones climáticas bajo las cuales se desarrolló las actividades de muestreo fueron similares a las de Castro: lluvia intermitente combinada con intervalos de lloviznas, viento leve a moderado, cielo cubierto, estado del mar llana predominante a rizada. Los tiempos de muestreo fueron similares, cubriendo cada estación en un tiempo promedio efectivo de 30 minutos. A diferencia de Calbuco, en el canal Lemuy la influencia del viento no tuvo mayor efecto en la deriva de la embarcación (borleo).



### **Fondos sublitorales blandos**

El muestreo de los fondos sublitorales se efectuó con posterioridad a las mediciones directas y a la toma de muestras de agua. Dado que las muestras de sedimentos y de macroinfauna sublitoral se recolectaron consecutivamente para cada una de las estaciones de la red de monitoreo, las actividades realizadas para ambas matrices ambientales se describirán en forma conjunta. De igual modo que lo señalado para la columna de agua, en el Anexo se detallan los procedimientos aplicados para la recolección, preservación y almacenamiento de las muestras.

Debido a la presencia de fondos blandos someros en ambos cuerpos de agua (profundidades menores que 30 m), no fue necesario el empleo de la draga van Veen modificada para la obtención de muestras. De este modo, tanto los sedimentos como la macroinfauna fueron recolectadas en forma directa mediante buceo semiautónomo (suministro de aire mediante compresor).

Una vez posicionada la embarcación en el punto de muestreo mediante georreceptores satelitales y chequeada la profundidad del fondo mediante el ecosonda, el buzo ya preparado con su indumentaria de trabajo saltaba al agua y recibía allí mismo una bolsa plástica de polietileno de alta densidad. Con todo en orden, se sumergía y una vez alcanzado el fondo recogía mediante un "core" una cantidad suficiente de sedimentos superficiales, la cual almacenaba temporalmente en el envase que llevaba consigo. De retorno en la superficie, el buzo entrega la bolsa a un técnico a bordo y recibe a cambio el sifón aspirador y la cuadrícula demarcatoria de 0,1 m<sup>2</sup> de superficie.

Alcanzado el fondo marino, el buzo coloca la cuadrícula en el fondo y procede a aspirar todos los sedimentos ubicados dentro del perímetro demarcado hasta una profundidad máxima de 20 cm aproximadamente (bajo esta profundidad prácticamente no existe macroinfauna debido a las condiciones hipóxicas naturales). La muestra succionada y filtrada queda retenida en la bolsa de malla ubicada en el estemo distal del tubo aspirador. Concluida esta actividad, el buzo emerge y transfiere el sifón a un técnico a bordo para que retire la bolsa con muestra y monte otra limpia. Este procedimiento se realiza dos veces más hasta completar las 3 réplicas por estación.

Mientras el buzo se encuentra recolectando las muestra de macroinfauna, un técnico a bordo fracciona la muestra de sedimentos según los requerimientos de análisis para cada parámetro y preserva las mismas

de acuerdo con los protocolos señalados en la Tabla 2.3. La secuencia de transferencia de las muestras para cada análisis es el siguiente : sulfuros, quimioterapéuticos, COT, fósforo total, nitrógeno total, cobre y granulometría. Las muestras de macroinfauna ya procesadas, según se detalla en el Anexo A3, se almacenan fijadas en formalina en bolsas plásticas rotuladas hasta su separación en el laboratorio.

**Tabla 2.3. Procedimiento aplicados para preservar y almacenar las muestras sedimentarias y de macroinfauna.**

| Parámetro          | Envase                                | Cantidad mínima                             | Almacenamiento            |
|--------------------|---------------------------------------|---|---------------------------|
| Granulometría      | Bolsa polietileno AD                  | 250 g                                       | Refrigeración             |
| COT                | Papel aluminio y bolsa polietileno AD | 100 g                                       | Refrigeración             |
| Fósforo total      | Bolsa polietileno AD                  | 100 g                                       | Refrigeración             |
| Nitrógeno total    | Bolsa polietileno AD                  | 100 g                                       | Refrigeración             |
| Cobre              | Bolsa polietileno AD                  | 100 g                                       | Refrigeración             |
| Sulfuros           | Bolsa polietileno AD                  | 100 g                                       | Refrigeración y oscuridad |
| Quimioterapéuticos | Papel aluminio y bolsa polietileno AD | 500 g                                       | Refrigeración             |
| Macroinfauna       | Bolsa polietileno AD                  | 0,1 m <sup>2</sup> por réplica <sup>1</sup> | Fijación formalina al 5%  |

Fuente: Elaboración propia. AD: alta densidad

Con respecto al muestreo propiamente tal, este tipo de actividades requiere menor cantidad de personal: un buzo y dos técnicos muestreadores para dar apoyo al buzo en cubierta y almacenar las muestras que llegan a bordo. Dentro de la tripulación de la embarcación, debe haber otro buzo que maneje el compresor y que esté preparado para asistir al buzo que se encuentra en el agua.

Concluida la toma de muestras en cada estación, uno de los técnicos muestreadores procedió a verificar junto con el supervisor la presencia de todas las muestras y el estado de las mismas. Tanto los códigos de las muestras, como las observaciones de la condición de los fondos marinos mencionadas por el buzo, fueron consignadas en las fichas de muestreo. Finalizadas las actividades de chequeo, las muestras fueron almacenadas de acuerdo con las especificaciones técnicas señaladas en la Tabla 2.4.

De acuerdo con nuestros registros, para el estero Chauquiar el período de muestreo de los fondos blandos se extendió desde las 11:00 a las 19:05 horas (8 horas). Dentro de este lapso, hubo 1 hora en que las actividades se suspendieron para almorzar en Calbuco; además las condiciones de viento fueron algo más intensas lo que dificultó el muestreo. A esta situación, se suma el hecho que en el estero Chauquiar la

<sup>1</sup> Superficie aspirada para cada una de las 3 réplicas

presencia de cabos bajo el agua es un riesgo potencial de "accortamiento" de la hélice, lo que obliga a la tripulación a navegar de manera más cautelosa. La permanencia promedio en cada estación fue de 30 a 35 minutos aproximadamente.

En el canal Lemuy las condiciones fueron distintas. El día estuvo despejado y soleado, con vientos que sólo incrementaron su intensidad a finales de las actividades de muestreo. La materialización del muestreo duró aproximadamente 4 horas (desde las 10:35 a las 14:34 horas). El tiempo promedio empleado para la obtención de las muestras en cada estación tardó entre 15 y 20 minutos.

#### **d. Despacho y recepción de muestras a laboratorios de análisis**

Las muestras recolectadas en Calbuco fueron enviadas vía Turbus Cargo desde Puerto Montt a nuestras oficinas en Viña del Mar. El despacho se materializó el mismo día del muestreo o a lo sumo en la mañana del día siguiente. El tiempo de arribo de las muestras fue entre 2 y 3 días a partir de la fecha de despacho. Todas las muestras llegaron en buen estado de conservación y no se registró envases quebrados o trizados; sólo una de las muestras de agua para análisis de cobre presentaba una pérdida parcial de su contenido debido a una filtración a través de una tapa mal cerrada (esta situación puede ser remediada a futuro mediante el uso de contratapas en los envases). Las muestras de sedimentos con destino al Laboratorio del Instituto de Medicina Preventiva Veterinaria (UACH) en Valdivia, demoraron como máximo 1 día y medio en llegar a destino y, según se nos informó, también arribaron en buen estado de conservación (refrigeradas y con el hielo aún íntegro) . En este caso, también se utilizó el mismo medio y empresa de transporte para el despacho de los bultos.

Dado que en Castro no hay disponibilidad de un medio de transporte terrestre directo a Viña del Mar o Valparaíso, las muestras de agua fueron despachadas desde esta ciudad con destino a Puerto Montt vía la empresa de transporte Cruz del Sur. El despacho se efectuó el mismo día del muestreo (sábado 16 de diciembre). En cambio, las muestras de sedimentos y macroinfauna recolectadas al día siguiente, fueron transportadas por nuestros propios medios el lunes 17 hacia Puerto Montt. Este mismo día, se recuperaron las muestras de agua enviadas vía Cruz del Sur y junto con las transportadas por nosotros, se procedió al despacho vía terrestre hacia Valdivia (sedimentos para análisis de quimioterapéuticos) y a Viña del Mar. Los tiempos de arribo e integridad de las muestras fueron similares a las descritas para el despacho tomadas en Calbuco. Para esta caso, no se registraron roturas o filtraciones en los envases contenedores.

El despacho de las muestras recolectadas en Maullín y Valdivia fueron despachadas también por vía terrestre a Viña del Mar. Sólo las muestras destinadas al recuento de *Vibrio* spp. en sedimentos fueron entregadas directamente en el Laboratorio del Instituto de Medicina Preventiva Veterinaria en Valdivia.

Para el despacho de las muestras, se optó por el envío vía terrestre ya que ninguna de las muestras requiere necesariamente arribar al laboratorio al día siguiente de efectuado el muestreo. Por otra parte, cuando se utiliza una vía aérea para el envío de muestras, éstas necesariamente permanecen un tiempo en Santiago, a la espera de ser despachadas por camión de carga al destino final en Valparaíso o Viña del Mar.

Una vez recepcionadas las muestras en nuestra oficina en Viña del Mar, una persona a cargo cotejó la información consignada en las fichas de envío con el contenido de cada uno de los contenedores. En todos los casos, el número de muestras y tipo de análisis señalados en las fichas coincidieron con la cantidad de muestras almacenadas. Verificada esta etapa, las muestras fueron distribuidas según el tipo de análisis a cada uno de los laboratorios (Tabla 2.4)

En la mayoría de los casos, las muestras fueron despachadas a los laboratorios el mismo día o al día siguiente de su arribo. Cuando éstas llegaron un día Viernes o Sábado, la persona a cargo las mantuvo refrigeradas o congeladas, según el caso, en refrigeración existente en nuestro laboratorio. El despacho de estas muestras se concretó en horas de la mañana del lunes inmediatamente siguiente. Todos los envíos fueron acompañados por una ficha de identificación de las muestras, en donde se señalaba el código de los envases y el tipo de análisis requerido.

**Tabla 2.4. Laboratorios de análisis participantes en el proyecto.**

| Laboratorio de análisis   | Analitos cuantificados  | Tiempo de respuesta promedio   |
|---|---|--|
| Laboratorio de Toxicología Humana y Ambiental de la UPLA (Valparaíso)                             | Cobre (agua y sedimentos), sólidos suspendidos (agua) y sulfuros (sedimentos)   | Entrega de resultados en una semana por parámetro. Total: 15 días.         |
| Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Valparaíso (Valparaíso)                     | Sólidos suspendidos (agua), carbono orgánico total (agua y sedimentos), fósforo total (agua y sedimentos), nitrógeno total (agua y sedimentos), amonio (agua y sedimentos), clorofila a (agua) y granulometría (sedimentos) | Entrega de resultados en una semana por parámetro. Total: 30 días          |
| Laboratorio de Química Marina de la U. de Valparaíso (Viña del Mar)                               | Clorofila a (agua)  | Entrega de resultados en menos de una semana                               |
| Laboratorio de Oceanografía Química de la U. Católica de Valparaíso                               | Salinidad y oxígeno disuelto (agua)   | Entrega de resultados en una semana  |
| Laboratorio de Oceanografía Física de la U. Católica de Valparaíso                                | Perfiles con CTD  | Entrega de "data report" 30 días   |
| Laboratorio del Instituto de Medicina Preventiva Veterinaria de la U. Austral de Chile (Valdivia) | Acido oxalínico, flumequina, oxitetraciclina y recuento de <i>Vibrio</i> spp.   | Entrega de resultados en 15 días   |
| Laboratorio húmedo de Oikos Chile (Viña del Mar)  | Separación, identificación, recuento y pesaje de macrofauna   | Una semana para todo el proceso. Muestras de macrofauna por cuerpo de agua |

El tiempo de respuesta de los laboratorios varió según el tipo de análisis y la cantidad de muestras enviadas para análisis (Tabla 2.5). En aquellos casos en los cuales se solicitó entre uno (clorofila en agua) a tres análisis (quimioterapéuticos en sedimentos), los resultados demoraron de dos días a una semana en ser recepcionados. En otros casos, con una mayor diversidad de análisis y con mayor número de muestras, el tiempo de espera puede fluctuar desde 5 a 10 días hábiles.

Los últimos análisis en ser recepcionados en nuestras oficinas correspondieron a los despachados desde el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Valparaíso. De acuerdo con esta situación, el procesamiento analítico de un volumen de muestra y análisis como los efectuados toma aproximadamente un mes en ser concretados. Por otra parte, en nuestro laboratorio húmedo la separación e identificación del material biológico (macroinfauna) por personal entrenado (2 técnicos) duró una semana por cuerpo de agua. Esta actividad significó enjuagar las muestras en agua potable, separar los ejemplares del detrito, fijarlos con alcohol al 70%, identificar taxonómicamente los individuos, contarlos y pesarlos en húmedo. En la Tabla 3.27 se indica las condiciones de procesamiento en que fueron analizadas las muestras de agua y sedimentos para los distintos parámetros.

**Tabla 2.5. Condiciones analíticas de proceso de las muestras en los distintos laboratorios.**

| Parámetro         | LD     | Unidad            | Método de análisis      | Medición    | Laboratorio                               |
|-------------------|--------|-------------------|-------------------------|-------------|---|
| <b>AGUA</b>       |        |                   |                         |             |   |
| Amonio            | 0,01   | mg/L              | Espectrofotometría      | Directa     | Lab. de Química – INPESCA                 |
| Amonio            | 0,005  | mg/L              | Espectrofotometría      | Laboratorio | Lab. de Química Ambiental – UV            |
| Amonio            | 0,01   | mg/L              | Espectrofotometría      | Laboratorio | Lab. de Toxicol. Humana y Ambient. - UPLA |
| Clorofila a       | 0,01   | mg/m <sup>3</sup> | Espectrofotometría      | Laboratorio | Lab. de Química Ambiental – UV            |
| Clorofila a       | 0,2    | mg/m <sup>3</sup> | Espectrofotometría      | Laboratorio | Lab. de Química Marina – UV               |
| Cobre total       | 0,5    | ug/L              | EAA                     | Laboratorio | Lab. de Toxicol. Humana y Ambient. - UPLA |
| COT               | 0,06   | mg/L              | Oxidación crómica       | Laboratorio | Lab. de Química Ambiental – UV            |
| Fosfato           | 0,01   | mg/L              | Espectrofotometría      | Directa     | Lab. de Química – INPESCA                 |
| Fósforo total     | 0,1    | mg/L              | Espectrofotometría      | Directa     | Lab. de Química – INPESCA                 |
| Fósforo total     | 0,001  | mg/L              | Mét. del fosfomolibdato | Laboratorio | Lab. de Química Ambiental – UV            |
| Fósforo total     | 0,01   | mg/L              | Espectrofotometría      | Laboratorio | Lab. de Toxicol. Humana y Ambient. - UPLA |
| Nitrógeno total   | 0,1    | mg/L              | Espectrofotometría      | Directa     | Lab. de Química – INPESCA                 |
| Nitrógeno total   | 0,005  | mg/L              | Kjeldahl                | Laboratorio | Lab. de Química Ambiental – UV            |
| Nitrógeno total   | 1      | mg/L              | Espectrofotometría      | Laboratorio | Lab. de Toxicol. Humana y Ambient. - UPLA |
| Oxígeno disuelto  | 0,01*  | mL/L              | Winkler                 | Laboratorio | Lab. de Oceanografía Química - UCV        |
| Oxígeno disuelto  | 0,01   | mL/L              | Electrométrico          | Directa     | Oikos Chile                               |
| pH                | 0,01*  | unidad            | Electrométrico          | Directa     | Oikos Chile                               |
| Salinidad         | 0,001* | ups               | CTD                     | Directa     | Lab. de Oceanografía Física – UCV         |
| Salinidad         | 0,001  | ups               | Conductimetría          | Laboratorio | Lab. de Oceanografía Química - UCV        |
| Sól. suspend.     | 0,1    | mg/L              | Gravimetría             | Laboratorio | Lab. de Química Ambiental – UV            |
| Sól. suspend.     | 0,1    | mg/L              | Gravimetría             | Laboratorio | Lab. de Toxicol. Humana y Ambient. – UPLA |
| Temperatura       | 0,001* | °C                | CTD                     | Directa     | Lab. de Oceanografía Física – UCV         |
| Transparencia     | 1*     | m                 | Disco Secchi            | Directa     | Oikos Chile                               |
| <b>SEDIMENTOS</b> |        |                   |                         |             |   |
| Acido oxalínico   | < 2    | ug/Kg             | HPLC                    | Laboratorio | Lab. Inst. Medic. Prev. Veter. - UACH     |
| Cobre             | 0,5    | mg/Kg             | EAA                     | Laboratorio | Lab. de Toxicol. Humana y Ambient. – UPLA |
| COT               | 0,6    | ug/g              | Oxidación crómica       | Laboratorio | Lab. de Química Ambiental – UV            |
| Flumequina        | < 2    | ug/Kg             | HPLC                    | Laboratorio | Lab. Inst. Medic. Prev. Veter. - UACH     |
| Fósforo total     | 0,2    | mg/Kg             | Mét. del fosfomolibdato | Laboratorio | Lab. de Química Ambiental – UV            |
| Fósforo total     | 1      | mg/Kg             | Espectrofotometría      | Laboratorio | Lab. de Toxicol. Humana y Ambient. – UPLA |
| Granulometría     | 1*     | phi               | Tamizaje seco           | Laboratorio | Lab. de Química Ambiental – UV            |
| Nitrógeno total   | 0,7    | mg/Kg             | Kjeldahl                | Laboratorio | Lab. de Química Ambiental – UV            |
| Nitrógeno total   | 100    | mg/Kg             | Espectrofotometría      | Laboratorio | Lab. de Toxicol. Humana y Ambient. – UPLA |
| Oxitetraciclina   | 100    | ug/Kg             | HPLC                    | Laboratorio | Lab. Inst. Medic. Prev. Veter. - UACH     |
| Sulfuros          | 0,1    | mg/Kg             | Yodométrico             | Laboratorio | Lab. de Química Ambiental – UV            |
| Sulfuros          | 0,1    | mg/Kg             | Espectrofotometría      | Laboratorio | Lab. de Toxicol. Humana y Ambient. – UPLA |
| Vibrio spp.       | SLD    | P/A               | FDA                     | Laboratorio | Lab. Inst. Medic. Prev. Veter. - UACH     |

(\*) Sensibilidad; SLD: sin límite de detección; P/A: presencia – ausencia; EAA: espectrofotometría de absorción atómica; HPLC: High Performance Liquid Chromatography; FDA: Food and Drugs Administration.

## **B. Resultados**

### **a. Estero Chauquiar, Calbuco**

#### **Columna de agua**

##### **Temperatura**

Para la transecta 1, ubicada en el sector del fondo del estero, se observó la presencia de una capa superficial de homogeneidad térmica que se ubica hasta una profundidad aproximada de 5 m, bajo la cual se advirtió la ocurrencia de una acentuada termoclina. En la región media de este cuerpo de agua, en donde los fondos alcanzan una mayor profundidad, los perfiles muestran un descenso paulatino de los valores de temperatura, insinuándose en la estación C y D la presencia de una capa superficial de menor variabilidad térmica; bajo los 6 m de profundidad aproximadamente la temperatura de la columna de agua se estabiliza cerca de los 11°C. En el sector ubicado en la boca de este estero, las mediciones de temperatura del agua con CTD exhiben una menor variabilidad en toda la columna de agua (13,034°C a 11,096°C), lo que refleja la ocurrencia de mayores condiciones de mezcla en esta zona.

##### **Salinidad**

En la transecta ubicada al fondo del estero Chauquiar, los valores de salinidad son claramente menores y de baja variabilidad en los primeros 5 m de la columna de agua; esta distribución se mantiene sin variaciones en las cuatro estaciones ubicadas a lo largo de esta transecta. El patrón salino observado refleja el aporte de aguas superficiales menos salinas, cuyo origen estaría asociado con escurrimientos terrestres presentes en este sector.

Para la transecta 2, se observa una distribución distinta en los perfiles verticales de salinidad: en la primera estación (A) se aprecia un aumento relativamente rápido en los valores de salinidad, hasta una profundidad de 5 m aproximadamente; bajo este nivel la salinidad sigue en aumento aunque con una tasa de cambio menor. En la estación B, en el primer metro de la columna de agua se insinúa un estrato de menor salinidad (30,92 a 30,93 psu), mientras que a mayor profundidad el patrón de distribución es similar al descrito para la estación A. En las dos estaciones restantes (C y D), se acentúa la condición menos salina en superficie; incluso en la estación C alcanza hasta una profundidad cercana a los 3 m. Lo más

característico de estas dos estaciones es la ocurrencia de una haloclina entre aproximadamente los 3 y 5 m de profundidad (ver informe de avance N° 2).

Las aguas ubicadas en la entrada del estero Chauquiar presentan una mayor homogeneidad salina. De igual forma que lo señalado para la temperatura, el patrón descrito obedecería a la ocurrencia de procesos de mezcla en este sector.

### **Transparencia**

Los valores de transparencia fluctuaron entre 4,5 y 6,5 m de profundidad para la transecta 1, mientras que en la transecta 2 se observó que la luz solar alcanza una profundidad de penetración similar en las cuatro estaciones de muestreo (7 a 8,5 m). La transparencia del agua en la transecta 3 presentó la menor variabilidad en este sector, con valores que fluctuaron entre 6 y 6,5 m de profundidad. La distribución horizontal de los valores de transparencia, no muestra un patrón de aumento o disminución en relación con la distancia a los trenes de líneas de choritos.

En cambio, los datos si sustentan que la condición de transparencia del agua fue distinta dependiendo del sector del estero Chauquiar que fuera muestreado. En la cabecera de este estero, la transparencia de la columna de agua es comparativamente la menor de los tres sectores; en el sector central, las condiciones de transparencia aumentan, alcanzando la luz solar la mayor penetración en todo el cuerpo de agua. En la boca del estero Chauquiar, se presentan condiciones intermedias de transparencia.

### **pH**

El pH como indicador de las condiciones de equilibrio del sistema carbonato-bicarbonato-ácido carbónico, refleja desde un punto de vista biológico el predominio de procesos respiratorios o fotosintéticos que están ocurriendo en la columna de agua. De las tres transectas, sólo la primera de ellas exhibe un patrón distinto a la tendencia observada en los valores de pH de las dos transectas restantes.

La característica natural de pH en las aguas marinas costeras, se asocia generalmente con la ocurrencia de condiciones más alcalinas (básicas) en la superficie, en comparación con los estratos de mayor profundidad de la columna de agua. Ello debido a que en la superficie del mar predominan los procesos



fotosintéticos, entre cuyos productos se encuentra la liberación de oxígeno que tiende a desplazar el equilibrio del sistema hacia los carbonatos. Por otra parte, en profundidad operan predominantemente los procesos respiratorios, generando condiciones menos alcalinas por la producción de dióxido de carbono.

Considerando lo anteriormente expuesto, en la transecta 1 existirían factores que estarían alterando el patrón de pH descrito, ya que en algunas de las estaciones muestreadas se observa una inversión de la tendencia natural. En las estaciones de las dos transectas restantes, se mantiene la condición más básica en las aguas superficiales.

Por otra parte, al analizar la ocurrencia de algún patrón en la distribución espacial de los valores con respecto a la proximidad de las líneas de mitílidos, no se observa una tendencia que permita establecer algún efecto del cultivo sobre la variabilidad de este parámetro. Si bien para el estrato superficial de profundidad de la transecta 2, los valores de pH disminuyen levemente conforme aumenta la distancia desde las líneas, en las aguas cercanas al fondo las condiciones tienden a mantenerse constantes. En cambio para la transecta 3, la distribución del pH exhibe una tendencia ligeramente inversa, es decir, los valores aumentan con la distancia a las líneas (Tabla 2.6 y Figura 2.5).

Tabla 2.6. pH en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

| Est. | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       | Transecta 3 |       |
|------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
|      | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A    | 8,27        | 8,12  | 8,26        | 7,95  | 8,20        | 7,95  |
| B    | 7,75        | 7,82  | 8,25        | 7,94  | 8,23        | 8,01  |
| C    | 8,28        | 8,21  | 8,24        | 7,95  | 8,21        | 8,04  |
| D    | 8,10        | 8,26  | 8,24        | 7,93  | 8,23        | 8,03  |

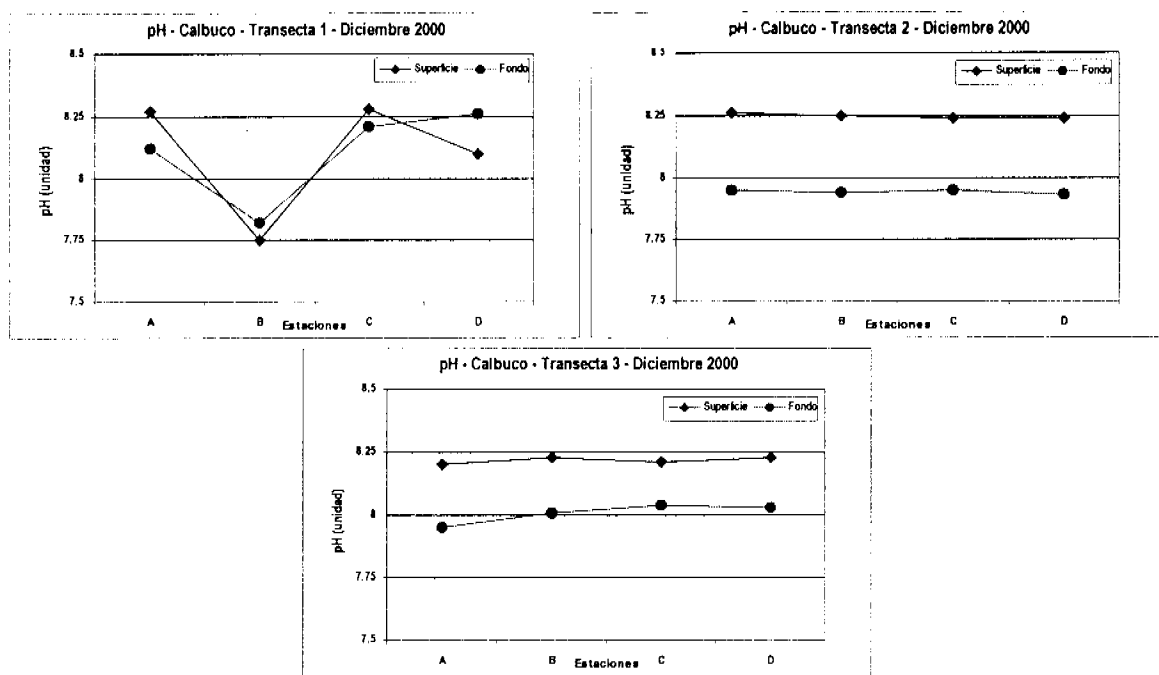


Figura 2.5. Representación gráfica de los valores de pH en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiari, Calbuco. Diciembre 2000.

### Oxígeno disuelto

Para las tres transectas ubicadas en el estero Chauquiari, los menores contenidos de oxígeno disuelto siempre estuvieron asociados con el estrato de fondo de la columna de agua, una condición que es normal para las aguas costeras. Con respecto a la existencia de alguna gradiente en los contenidos de oxígeno disuelto, no se detectó ninguna tendencia que pudiera asociarse categóricamente con la proximidad de las líneas de choritos.

Si bien en la estación A de la transecta 1 se pudo constatar la existencia de una disminución en el contenido de oxígeno disuelto para ambos estratos de profundidad, los niveles nuevamente disminuyen en las estaciones ubicadas a mayor distancia del tren de líneas. Por otra parte, en la transecta 3 los contenidos de este gas muestran una ligera tendencia de disminución desde la estación D hacia la estación A (Tabla 2.7 y Figura 2.6). Sin embargo, la distribución espacial descrita para los contenidos de oxígeno disuelto podría estar reflejando sólo la proximidad de una agrupación de organismos heterótrofos en el área y no necesariamente la existencia de una alteración en la condición ambiental de las aguas.

Tabla 2.7. Oxígeno disuelto (mL/L) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

| Est. | Transecta 1   |       |               |       | Transecta 2   |       |               |       | Transecta 3   |       |               |       |
|------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
|      | Laboratorio 1 |       | Laboratorio 2 |       | Laboratorio 1 |       | Laboratorio 2 |       | Laboratorio 1 |       | Laboratorio 2 |       |
|      | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo |
| A    | --            | --    | 5,10          | 4,75  | --            | --    | 5,01          | 3,72  | 5,84          | 4,11  | 5,07          | 3,89  |
| B    | 6,71          | 5,91  | 5,69          | 5,57  | --            | --    | 5,15          | 3,16  | --            | --    | 5,09          | 3,93  |
| C    | 5,7           | --    | 5,27          | 5,46  | --            | --    | 4,88          | 3,67  | --            | --    | 5,03          | 3,98  |
| D    | 6,04          | 6,77  | 5,39          | 5,17  | --            | --    | 5,17          | 3,69  | --            | --    | 5,17          | 4,03  |

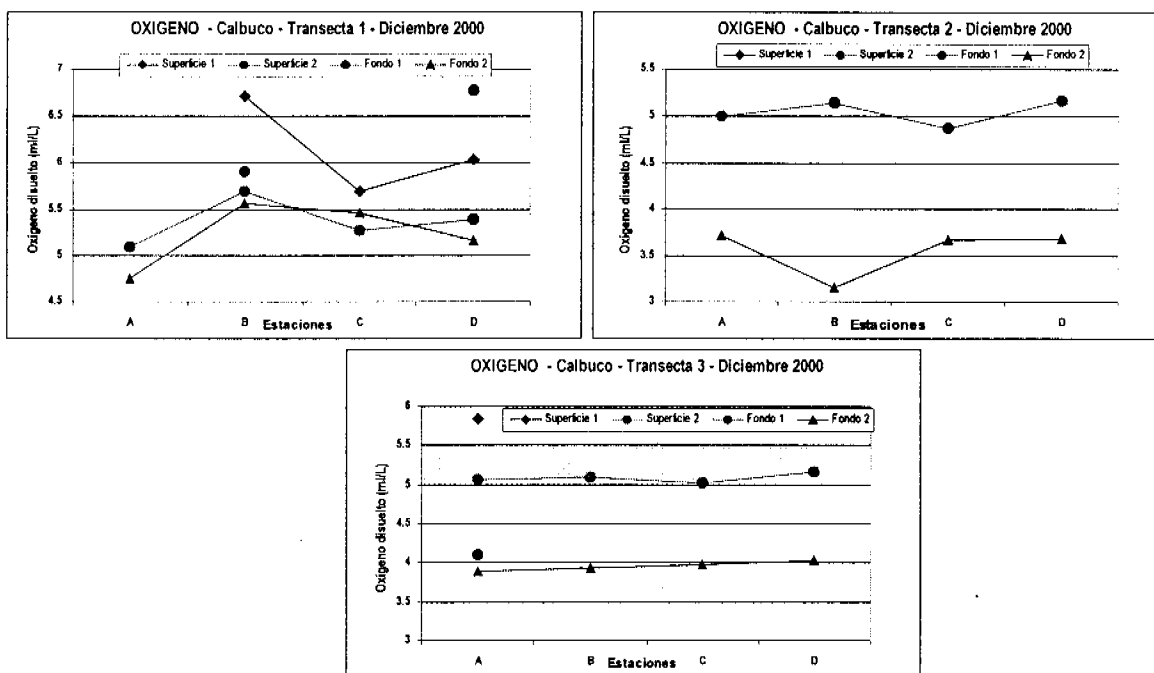


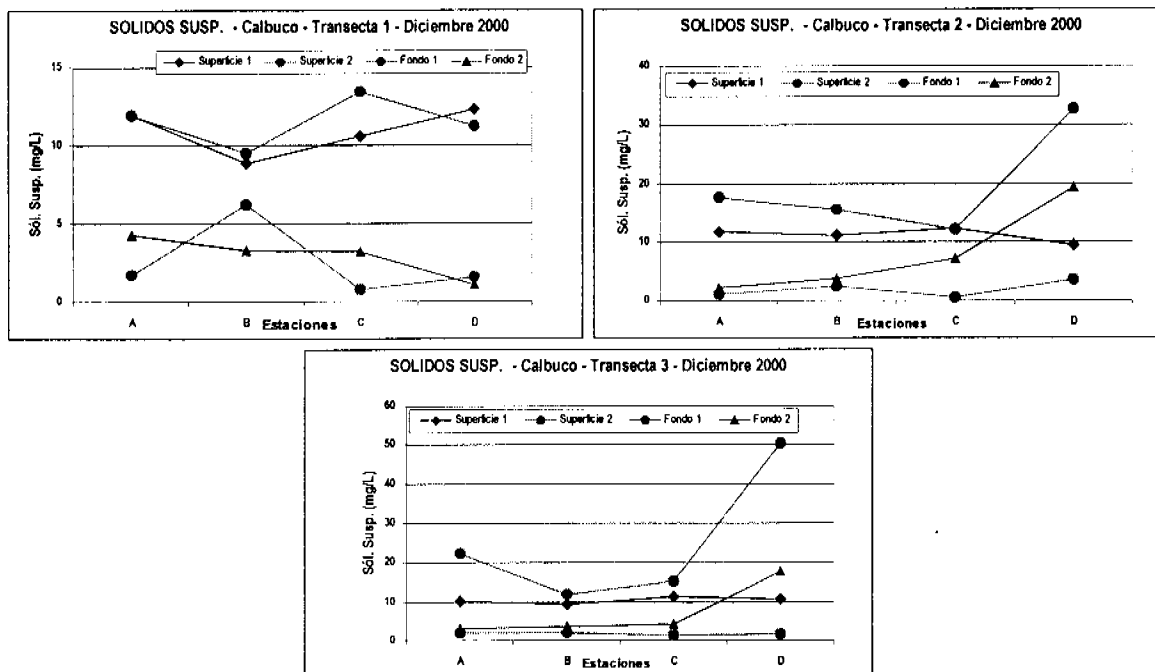
Figura 2.6. Representación gráfica de los valores de oxígeno disuelto en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

### Sólidos suspendidos

En las transectas 2 y 3 se observó patrones de distribución espacial de sólidos suspendidos similares. En el estrato de fondo se aprecia que los niveles de este parámetro aumentan en dirección a la estación D; mientras que, en las aguas superficiales los contenidos no muestran una tendencia definida. Para la transecta 1, los valores de sólidos suspendidos no son claros en exhibir una tendencia en particular; sólo en una de las mediciones del estrato de fondo, los contenidos de sólidos suspendidos aumentan en dirección a las líneas de mitilidos. Para los otros casos, los valores se muestran fluctuantes sin la ocurrencia de valores característicos asociados a un sector en particular de la transecta (Tabla 2.8 y Figura 2.7).

**Tabla 2.8. Sólidos suspendidos (mg/L) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.**

| Est. | Transecta 1   |       |               |       | Transecta 2   |       |               |       | Transecta 3   |       |               |       |
|------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
|      | Laboratorio 1 |       | Laboratorio 2 |       | Laboratorio 1 |       | Laboratorio 2 |       | Laboratorio 1 |       | Laboratorio 2 |       |
|      | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo |
| A    | 11,9          | 11,9  | 1,7           | 4,3   | 11,8          | 17,6  | 1,1           | 2,3   | 10,1          | 22,3  | 2,0           | 3,2   |
| B    | 8,83          | 9,47  | 6,2           | 3,3   | 11,2          | 15,5  | 2,5           | 3,7   | 9,33          | 11,9  | 2,1           | 3,6   |
| C    | 10,6          | 13,4  | 0,8           | 3,2   | 12,3          | 12,1  | 0,6           | 7,2   | 11,4          | 15,3  | 1,3           | 4,3   |
| D    | 12,3          | 11,2  | 1,6           | 1,1   | 9,42          | 32,6  | 3,6           | 19,3  | 10,8          | 50,4  | 1,6           | 17,8  |



**Figura 2.7. Representación gráfica de los valores de sólidos suspendidos en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.**

### Carbono orgánico total

En dos transectas (T1 y T2) los valores de COT son más altos en el estrato superficial; mientras que para la transecta T2, se observa el predominio de valores mayores en el estrato de fondo de la columna de agua. Con respecto a la existencia de gradiente a lo largo de las transectas, en ninguno de los casos estudiados se observó un aumento o disminución con respecto a la cercanía de las líneas de mitilidos.

Para el caso de la transecta 2, si bien los niveles de COT aumentan en superficie conforme las estaciones están a mayor distancia de las líneas, no ocurre lo mismo con los contenidos de COT para las aguas de fondo, en que más bien se aprecia niveles comparativamente mayores en las estaciones centrales de la

transecta (B y C). Para la transecta 1, los valores de COT de fondo mostraron la misma tendencia exhibida que sus similares de la transecta 2, sin embargo el patrón de distribución de los contenidos superficiales fue claramente distinto. La transecta 3 presentó niveles con una distribución distinta en ambos estratos de la columna de agua (Tabla 2.9 y Figura 2.8).

Tabla 2.9. Carbono orgánico total (mg/L) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

| Est. | Transecta 1 |       | Superf. | Fondo | Transecta 2 |       |
|------|-------------|-------|---------|-------|-------------|-------|
|      | Superf.     | Fondo |         |       | Superf.     | Fondo |
| A    | 1,690       | 0,513 | 0,216   | 0,216 | 1,400       | 0,954 |
| B    | 1,320       | 1,180 | 0,441   | 0,738 | 1,450       | 1,110 |
| C    | 5,730       | 1,320 | 0,738   | 0,882 | 1,250       | 0,073 |
| D    | 0,513       | 0,441 | 2,940   | 0,369 | 0,954       | 1,690 |

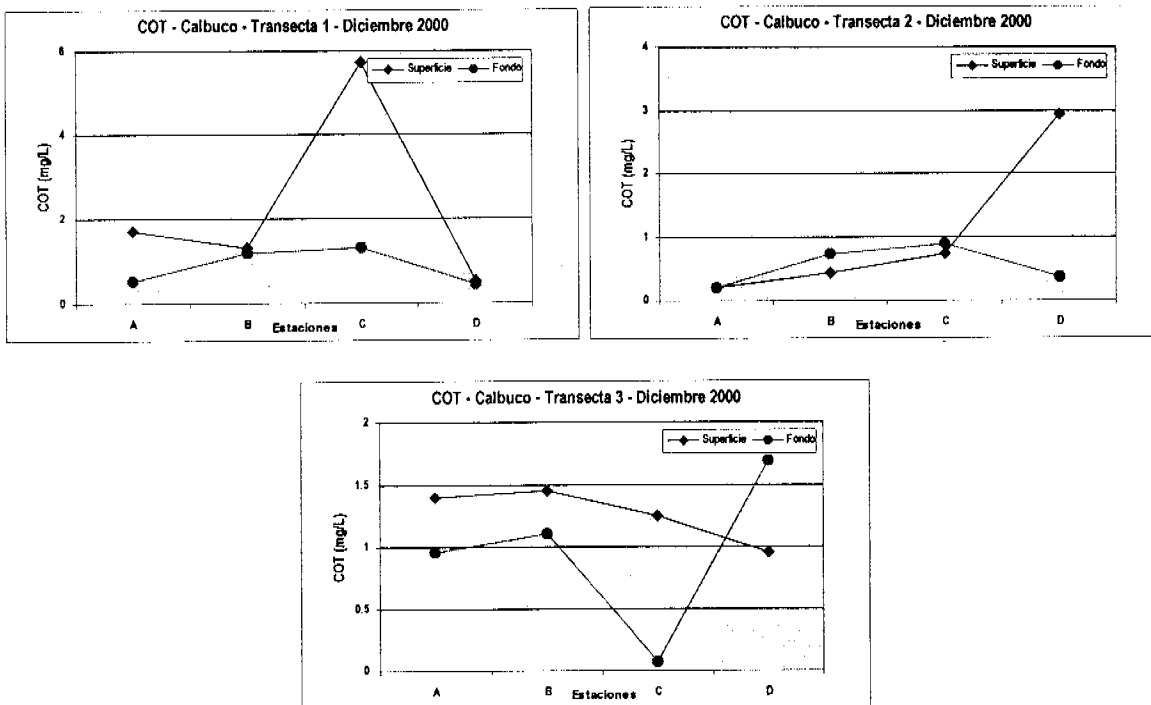


Figura 2.8. Representación gráfica de los valores de COT en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

### Fósforo total

En general, no se detectó que los niveles de un estrato en particular mostraran contenidos más altos o más bajos. Por el contrario, en algunas transectas (T1) los contenidos de fósforo total fueron mayores en la superficie de la columna de agua, mientras que en las transectas restantes la situación fue inversa.

Si bien se efectuaron análisis por distintos laboratorios para la cuantificación de fósforo total en estas aguas, los resultados no fueron categóricos para demostrar la ocurrencia de una tendencia similar en la distribución espacial de los valores para las tres transectas. Por ejemplo, para las transectas 1 y 3 los contenidos del estrato superficial de este parámetro tienden a aumentar con la distancia desde las líneas de cultivo, mientras que para la transecta 2 se observó la distribución inversa (Tabla 2.10 y Figura 2.9).

La situación de los contenidos de fósforo total en las aguas cercanas al fondo también fue distinta. Para la mayoría de las transectas, se observó que los niveles de este parámetro son comparativamente mayores en los extremos (estaciones A y D), mientras que en las estaciones que se ubican al centro de la transecta (B y C) los contenidos se mantienen en niveles menores.

Tabla 2.10. Fósforo total (mg/L) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000. Terreno.

| Est | Transecta 1 |       |           |       | Transecta 2 |       |           |       | Transecta 3 |       |           |       |
|-----|-------------|-------|-----------|-------|-------------|-------|-----------|-------|-------------|-------|-----------|-------|
|     | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       |
|     | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo |
| A   | 0,9         | 1,4   | 1,1       | 1,2   | 1,2         | 2,0   | 1,1       | 2,0   | 1,6         | 1,3   | 1,6       | 1,4   |
| B   | 1,5         | 1,2   | 1,6       | 0,9   | 1,4         | 1,5   | 1,5       | 1,4   | 1,4         | 1,2   | 1,5       | 1,4   |
| C   | 1,3         | 0,8   | 1,3       | 0,9   | 1,3         | 1,3   | 1,4       | 1,3   | 1,1         | 1,3   | 1,3       | 1,2   |
| D   | 1,5         | 1,1   | 1,6       | 1,2   | 1,4         | 1,9   | 1,5       | 2,1   | 1,1         | 1,8   | 1,3       | 1,7   |

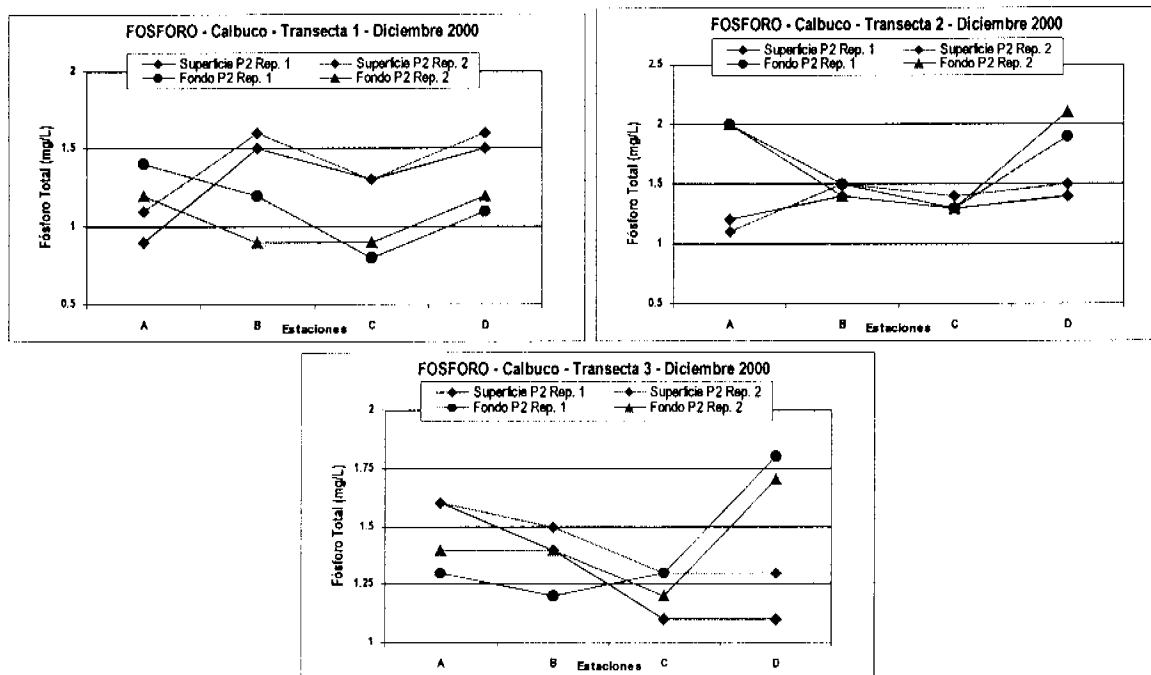


Figura 2.9. Representación gráfica de los valores de fósforo en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

## Fosfato

Para el caso de este analito, tampoco se observa que los mayores contenidos de fosfato se encuentren asociados con un estrato en particular de la columna de agua; las variaciones en los niveles no son suficientemente claros como para inferir la existencia de un patrón de distribución que se relacione con los estratos de profundidad.

De las tres transectas analizadas, sólo en la transecta 2 se vislumbró la existencia de un patrón en los contenidos de fosfato. Tanto a nivel superficial como de fondo, los niveles de este parámetro disminuyen o se mantienen desde la estación A hacia la estación B; desde esta última estación los niveles nuevamente descienden hasta la siguiente estación (C). Observando las tendencias, se aprecia que los contenidos de fosfato nuevamente aumentan desde la estación C a la estación D (Tabla 2.11 y Figura 2.10). Sin embargo, no siempre los valores detectados en la última estación son mayores que los cuantificados en la estación más cercana a las líneas.

En las otras dos transectas (1 y 3), la variabilidad en los valores de contenidos de fosfatos no permite establecer algún tipo de tendencia que se asocie con la proximidad de las líneas.

**Tabla 2.11. Fosfato (mg/L) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000. Terreno.**

| Est. | Transecta 1 |       |           |       | Transecta 2 |       |           |       | Transecta 3 |       |           |       |
|------|-------------|-------|-----------|-------|-------------|-------|-----------|-------|-------------|-------|-----------|-------|
|      | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       |
|      | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo |
| A    | 0,3         | 0,6   | 0,4       | 0,6   | 0,8         | 0,7   | 0,6       | 0,9   | 0,6         | 0,5   | 0,6       | 0,6   |
| B    | 0,5         | 0,5   | 0,6       | 0,6   | 0,4         | 0,7   | 0,6       | 0,6   | 0,4         | 0,7   | 0,5       | 0,6   |
| C    | 0,5         | 0,7   | 0,6       | 0,5   | 0,4         | 0,6   | 0,4       | 0,5   | 0,4         | 0,6   | 0,6       | 0,6   |
| D    | 0,3         | 0,5   | 0,5       | 0,5   | 0,6         | 0,8   | 0,7       | 0,9   | 0,3         | 0,7   | 0,4       | 0,5   |

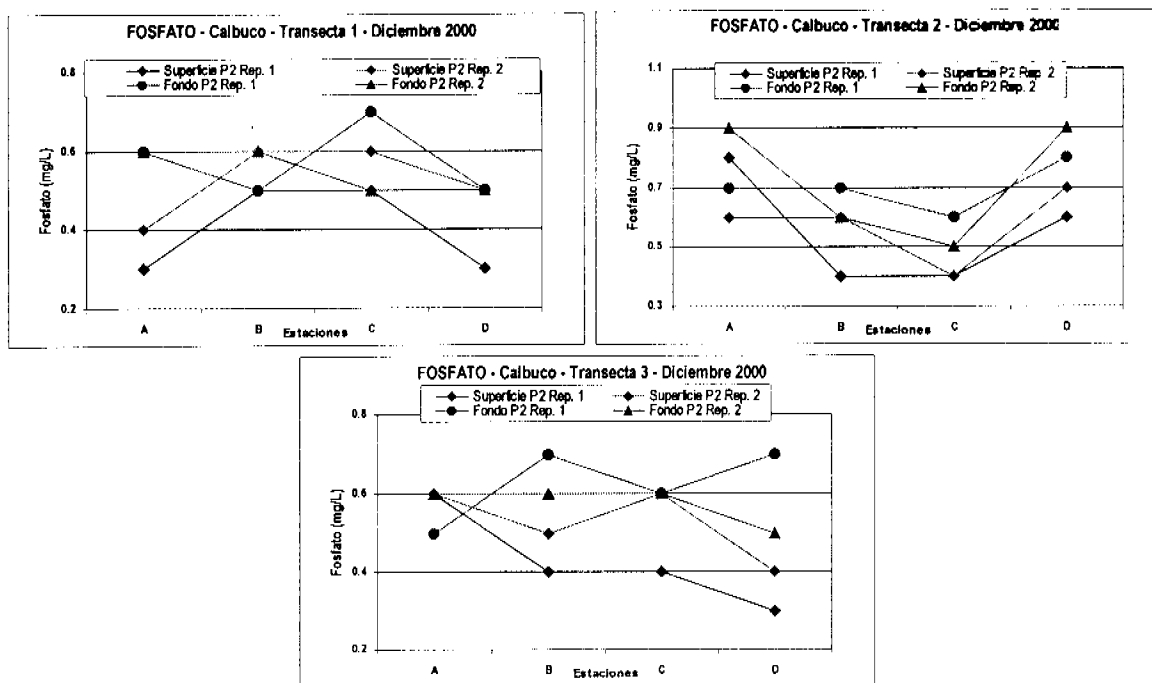


Figura 2.10. Representación gráfica de los valores de fosfato en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

### Nitrógeno total

Dada la variabilidad observada en los contenidos, no es posible establecer que los mayores contenidos de nitrógeno total se asocien con alguno de los dos estratos en particular (superficie o fondo). Sin embargo, la distribución espacial de los contenidos a nivel de transecta permite inferir algunos patrones.

Para las transectas 1 y 3 los niveles de este parámetro muestran fluctuaciones similares con algunos matices que los distinguen entre sí. Por ejemplo, en ambos casos los contenidos disminuyen desde la estación A hacia la B, con una tasa de cambio más alta en el estrato superficial para la transecta 1 y de fondo para la transecta 2. Luego de esta disminución, los contenidos de nitrógeno total aumentan en la estación C de los dos estratos de ambas transectas. En el último tramo de la transecta (C a D), se observa indistintamente que los niveles aumentan en algunos casos y en otros disminuyen (Tabla 2.12 y Figura 2.11).



Para la transecta 2, los valores de nitrógeno total muestran una tendencia de aumento desde la estación A en dirección a la estación D. Si bien en la estación B se presenta un aumento en el contenido de este parámetro, que es de mayor magnitud para el estrato de fondo, es claro que los niveles terminan siendo más altos en la última estación de esta transecta.

Tabla 2.12. Nitrógeno total en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000. Terreno.

| Est. | Transecta 1 |       |           |       | Transecta 2 |       |           |       | Transecta 3 |       |           |       |
|------|-------------|-------|-----------|-------|-------------|-------|-----------|-------|-------------|-------|-----------|-------|
|      | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       |
|      | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo |
| A    | 1,2         | 4,0   | 1,1       | 4,1   | 1,1         | 0,9   | 1,2       | 1,2   | 3,7         | 2,1   | 3,6       | 2,3   |
| B    | 1,0         | 1,7   | 1,2       | 1,5   | 1,4         | 3,1   | 1,3       | 2,9   | 1,1         | 1,3   | 1,2       | 1,2   |
| C    | 2,8         | 2,5   | 2,8       | 2,3   | 1,2         | 1,2   | 1,0       | 1,4   | 2,1         | 1,6   | 2,3       | 1,4   |
| D    | 0,6         | 2,3   | 0,6       | 2,7   | 1,9         | 1,9   | 1,7       | 1,8   | 2,0         | 2,1   | 1,8       | 2,0   |

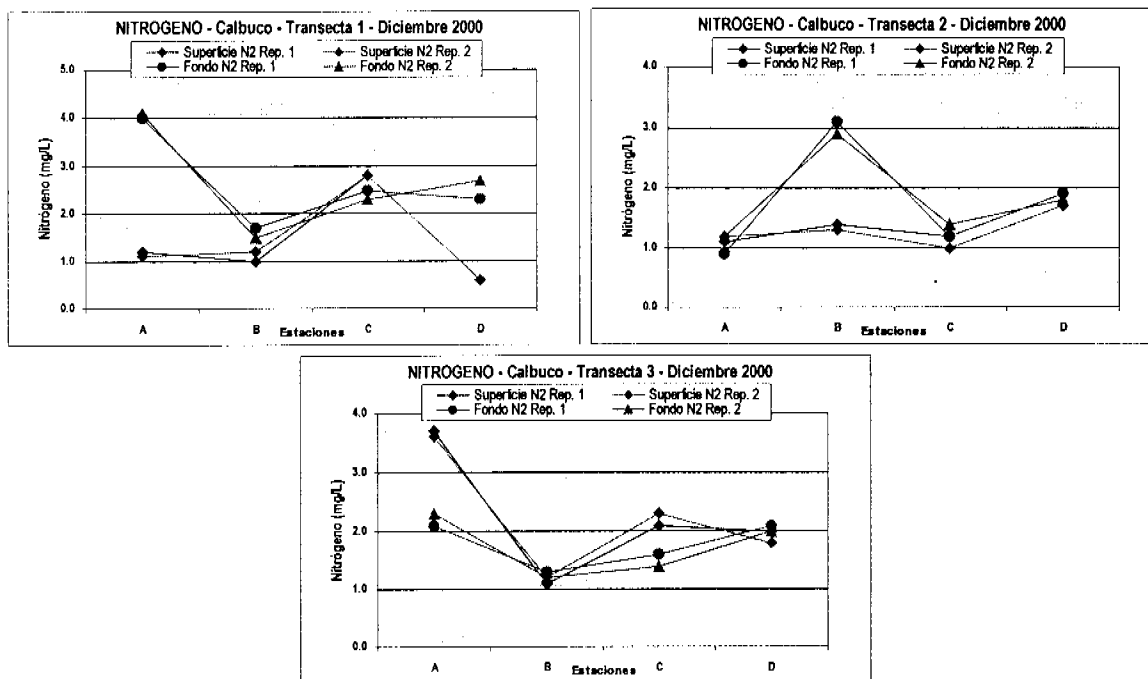


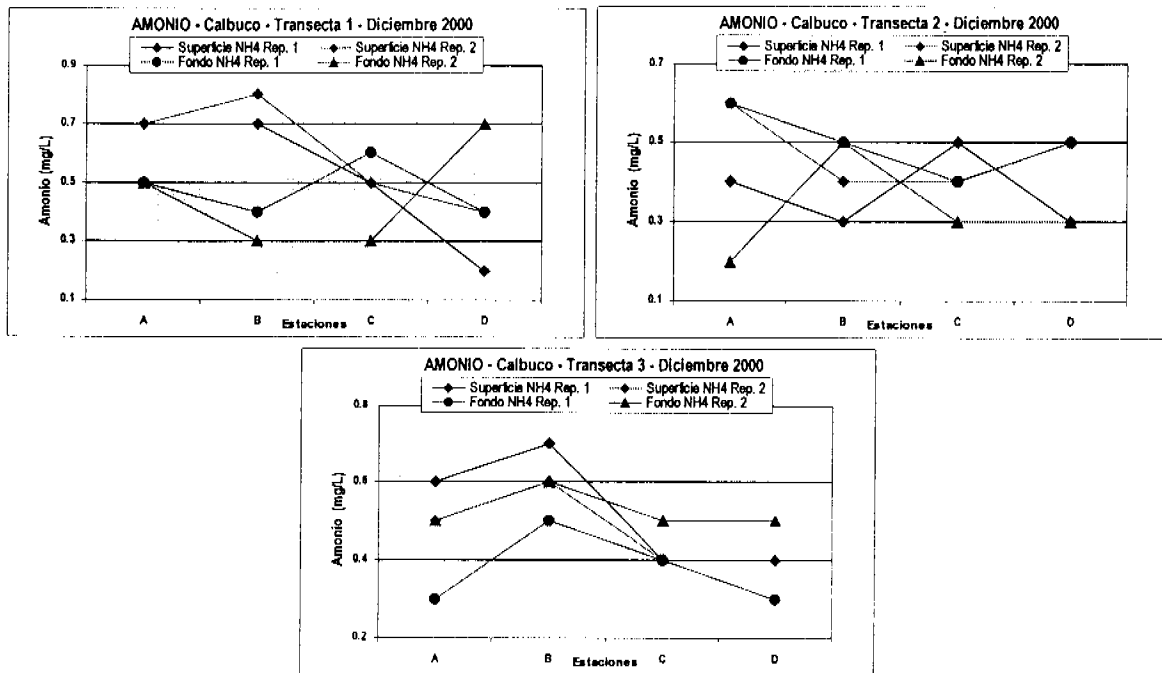
Figura 2.11. Representación gráfica de los valores de nitrógeno en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

**Amonio**

Los contenidos de amonio determinados para las estaciones de las transectas 1 y 2 mostraron una alta variabilidad, que no permite establecer la existencia de una gradiente en función de la proximidad de las líneas tanto en los sectores medio y de cabecera del estero Chauquiar. Una situación diferente se advierte para la transecta ubicada en la boca del estero. Independientemente del estrato de profundidad, se aprecia un aumento de los contenidos de amonio desde la estación A hacia la estación B. Desde esta estación, los niveles de este parámetro disminuyen en dirección hacia el sector final de la transecta (Tabla 2.13 y Figura 2.12).

**Tabla 2.13. Amonio (mg/L) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000. Terreno.**

| Est. | Transecta 1 |       |           |       | Transecta 2 |       |           |       | Transecta 3 |       |           |       |
|------|-------------|-------|-----------|-------|-------------|-------|-----------|-------|-------------|-------|-----------|-------|
|      | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       |
|      | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo |
| A    | 0,7         | 0,5   | 0,7       | 0,5   | 0,4         | 0,6   | 0,6       | 0,2   | 0,6         | 0,3   | 0,5       | 0,5   |
| B    | 0,7         | 0,4   | 0,8       | 0,3   | 0,3         | 0,5   | 0,4       | 0,5   | 0,7         | 0,5   | 0,6       | 0,6   |
| C    | 0,5         | 0,6   | 0,5       | 0,3   | 0,5         | 0,4   | 0,4       | 0,3   | 0,4         | 0,4   | 0,4       | 0,5   |
| D    | 0,2         | 0,4   | 0,4       | 0,7   | 0,3         | 0,5   | 0,5       | 0,3   | 0,4         | 0,3   | 0,4       | 0,5   |



**Figura 2.12. Representación gráfica de los valores de amonio en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.**

### Clorofila a

Es interesante señalar que las mayores concentraciones de clorofila a no siempre estuvieron asociadas con las aguas superficiales del estero Chauquiar, ya que indistintamente se presentaron en ambos estratos de profundidad (Tabla 2.14 y Figura 2.13).

Si bien se observan diferencias en los contenidos de clorofila a a nivel de la columna de agua para una misma transecta y entre transectas distintas, los contenidos muestran una variabilidad tal que no permiten establecer la existencia de una tendencia definida de los valores que se relacione con la proximidad o lejanía de las líneas de mitilidos.

Tabla 2.14. Clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

| Est. | Transecta 1   |       |               |       | Transecta 2   |       |               |       | Transecta 3   |       |               |       |
|------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
|      | Laboratorio 1 |       | Laboratorio 2 |       | Laboratorio 1 |       | Laboratorio 1 |       | Laboratorio 2 |       | Laboratorio 1 |       |
|      | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo |
| A    | 1,31          | 3,15  | 0,10          | 0,23  | 1,11          | 1,47  | 0,10          | 0,27  | 1,95          | 1,27  | 0,29          | 0,13  |
| B    | 1,50          | 1,78  | 0,21          | 0,02  | 1,09          | 1,71  | 0,03          | 0,20  | 2,14          | 3,74  | 0,37          | 0,33  |
| C    | --            | 2,84  | 0,24          | 0,19  | 0,65          | 1,93  | 0,07          | 0,30  | 3,17          | 3,72  | 0,18          | 0,29  |
| D    | 1,05          | 3,20  | --            | 0,18  | 2,45          | 1,55  | 0,15          | 0,29  | 0,80          | 2,09  | 0,18          | 0,29  |

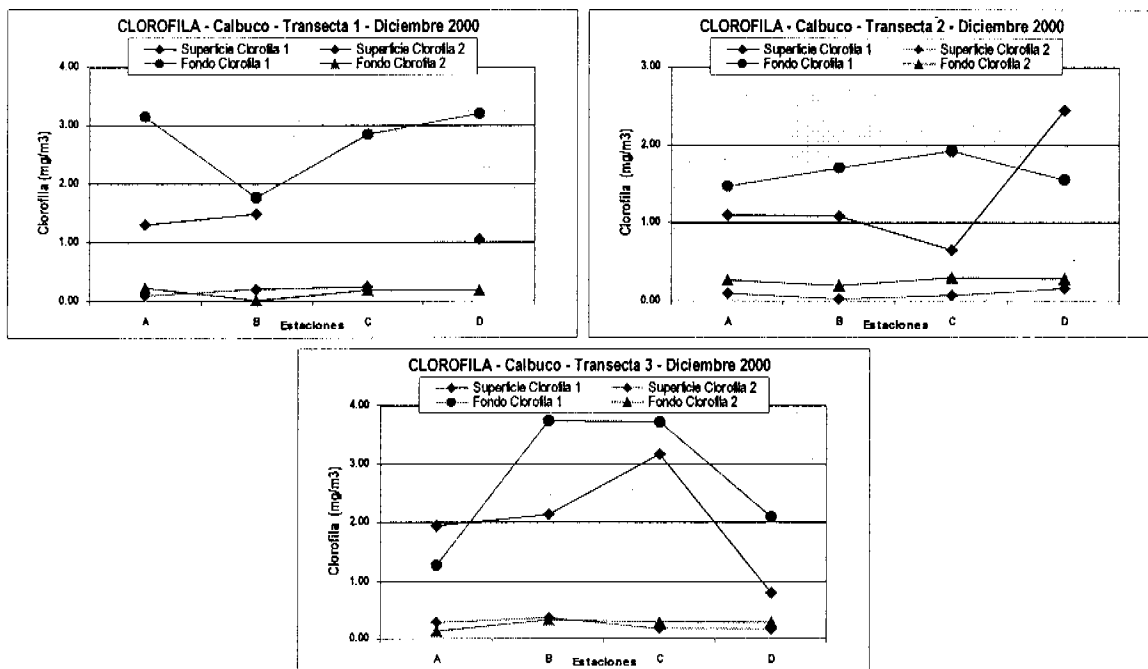


Figura 2.13. Representación gráfica de los valores de clorofila "a" en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

### **Cobre total**

Un primer aspecto que llama la atención para estas aguas es la presencia de cobre en niveles relativamente altos, principalmente en el sector medio y en la boca del estero Chauquiar; situación que lleva a pensar en la existencia de alguna fuente cercana que está aportando este metal a la matriz acuosa.

Con respecto a la distribución de los valores, las mediciones efectuadas para la transecta 1 muestran una disminución o mantención de los contenidos de cobre desde la estación A en dirección a la estación B. Sin embargo, a medida que la distancia desde las líneas aumenta la presencia de cobre en la columna de agua presenta una distribución aleatoria, en el sentido que si bien en algunos casos los niveles aumentan, en otros disminuyen o tienden a permanecer constantes (Tabla 2.15 y Figura 2.14).

Para la transecta 2, salvo el máximo que se presentó en las aguas de la estación B (en particular para una de las muestras de fondo), en las estaciones restantes los niveles mostraron una baja variabilidad, con valores que no superaron los 5  $\mu\text{g/L}$ .

En la transecta 3 se pudo apreciar la existencia de un patrón claramente evidenciable. Aunque en la estación más próxima (A) los niveles de cobre fluctúan entre 5 y 10  $\mu\text{g/L}$  aproximadamente cercanas, a una distancia 40 m (estación B) los niveles decaen ostensiblemente. A partir de este punto, los contenidos de cobre comienzan a remontar hasta hacerse máximos en la estación D.

Aunque se observó una distribución clara de los valores de cobre a lo largo de la transecta 3, este patrón no permite inferir categóricamente que los resultados se asocien con la presencia de estructuras de cultivo en el sector. Si bien en la boca del estero Chauquiar existe un centro de cultivo de salmónidos que puede estar relacionado con los altos niveles de cobre, debido a la influencia de las sustancias antiincrustantes liberadas desde las redes, no puede descartarse un origen distinto que esté asociado con el asentamiento humano en la ciudad de Calbuco.

Tabla 2.15. Cobre total ( $\mu\text{g/L}$ ) en columna de agua Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

| Est. | Transecta 1   |       |               |       | Transecta 2   |       |               |       | Transecta 3   |       |               |       |
|------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
|      | Laboratorio 1 |       | Laboratorio 2 |       | Laboratorio 1 |       | Laboratorio 1 |       | Laboratorio 2 |       | Laboratorio 1 |       |
|      | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo | Superf.       | Fondo |
| A    | 2,0           | 1,6   | 4,6           | 5,6   | 2,9           | 1,5   | 1,9           | 2     | 5,1           | 4,3   | 10,3          | 8     |
| B    | 2,0           | 1,3   | 1,3           | 2,5   | 5,6           | 6,4   | 3,8           | 15,2  | 2,2           | 2,4   | 3,2           | 3,1   |
| C    | 1,2           | 2,4   | 2,5           | 6,8   | 4,7           | 2,4   | 2,9           | 4,5   | 3,5           | 1,9   | 5,6           | 3,3   |
| D    | 1,7           | 1,4   | 3,3           | 2,2   | 1,5           | 2,0   | 4,2           | 4,5   | 13,1          | 9,3   | 13,5          | 21,2  |

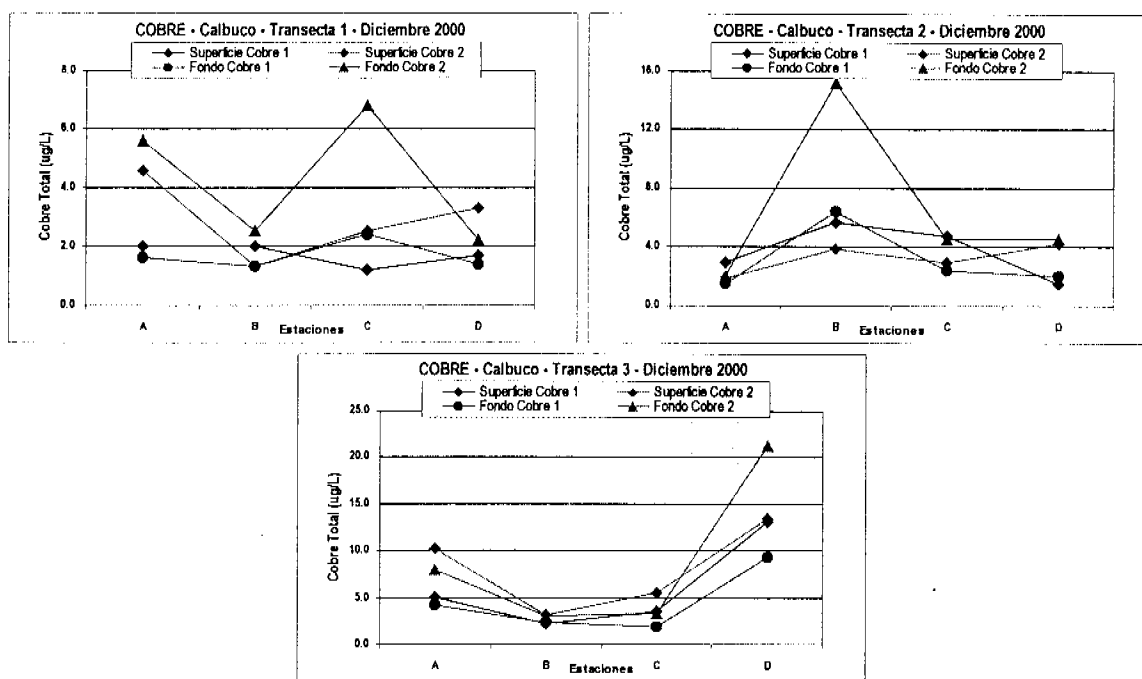


Figura 2.14. Representación gráfica de los valores de cobre en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

### Sedimentos sublitorales

#### Granulometría

En las tres transectas existe arena como el componente principal de los fondos sublitorales del estero Chauquiar; las diferencias radican en la fracción predominante al interior de cada una de ellas. En el sector de la cabecera de este estero se mezclan componentes gruesos y finos, lo que indica la existencia de condiciones de mayor energía en este sector (Tabla 2.16 y Figura 2.15). Esta condición también se refleja en un pobre grado de selección y en la simetría que presenta la distribución de los granos de sedimentos, que en algunos casos tiene predominio de finos y en otros de partículas finas (Tabla 2.17).

Los sedimentos sublitorales de las transectas 2 y 3 mostraron características granulométricas más similares entre si. Esta condición se vio reflejada en los tres parámetros que permiten establecer la composición granulométrica: promedio gráfico, grado de selección y asimetría. La tendencia en los valores de estos tres indicadores fue similar a lo largo de las transectas (Figuras 2.15 y 2.16). Su origen radica principalmente en la mayor homogeneidad sedimentaria de estos fondos, ya que predominan en la mayoría de las estaciones las arenas finas. La ocurrencia de este tipo de sedimentos en los sectores medio y exterior del estero Chauquiar son indicativos de la existencia de condiciones de menor energía que permiten la decantación de partículas más finas sobre los fondos sublitorales (Tabla 2.18 y 2.19).

Si bien las características señaladas no tienen una connotación ligada directamente con potenciales efectos sobre el ambiente, el conocimiento de la composición granulométrica de los sedimentos ayuda a interpretar con mayor claridad la distribución de sustancias cuantificadas para esta matriz sedimentaria.

Tabla 2.16. Promedio gráfico (phi) de sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 | Transecta 3 |
|----------|-------------|-------------|-------------|
| A        | 2.587       | 3.690       | 2.890       |
| B        | 0.343       | 3.750       | 2.673       |
| C        | 2.893       | 3.780       | 3.743       |
| D        | 0.900       | 3.247       | 3.663       |

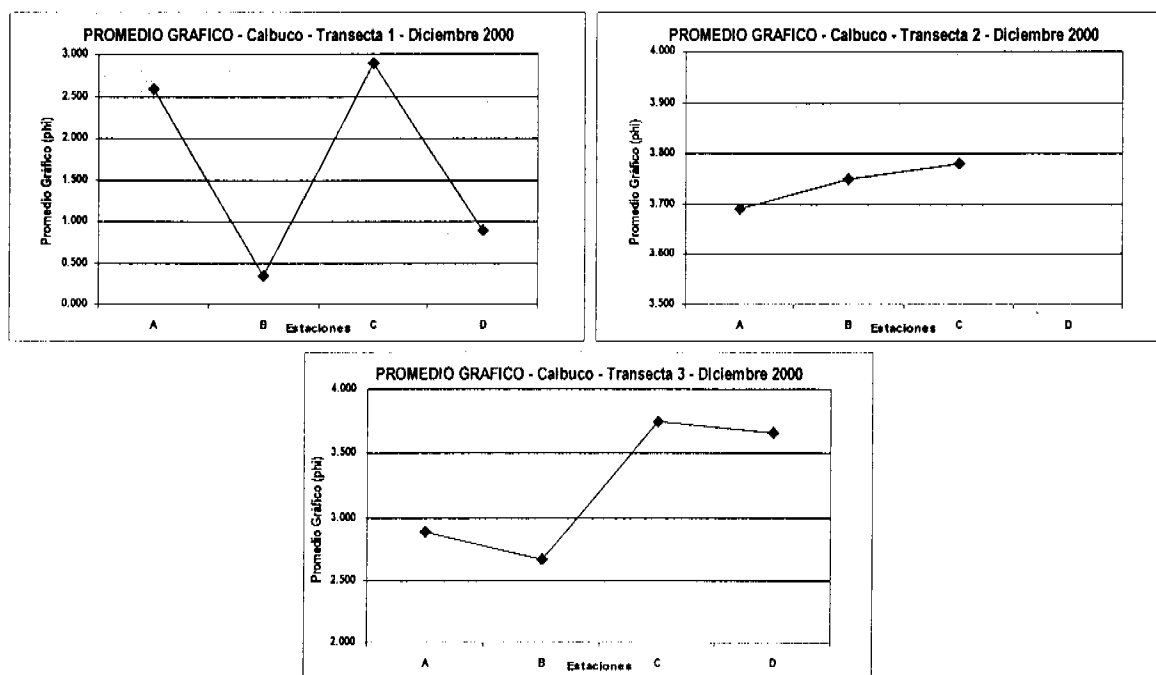


Figura 2.15. Representación gráfica del promedio gráfico registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

Tabla 2.16. Aspecto de sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1  | Transecta 2    | Transecta 3    |
|----------|--------------|----------------|----------------|
| A        | Arena fina   | Arena muy fina | Arena fina     |
| B        | Arena gruesa | Arena muy fina | Arena fina     |
| C        | Arena fina   | Arena muy fina | Arena muy fina |
| D        | Arena gruesa | Arena muy fina | Arena muy fina |

Tabla 2.17. Grado de selección ( $\phi$ ) de sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 | Transecta 3 |
|----------|-------------|-------------|-------------|
| A        | 1.242       | 0.473       | 1.022       |
| B        | 2.481       | 0.585       | 1.218       |
| C        | 1.022       | 0.525       | 0.583       |
| D        | 2.692       | 0.980       | 0.510       |

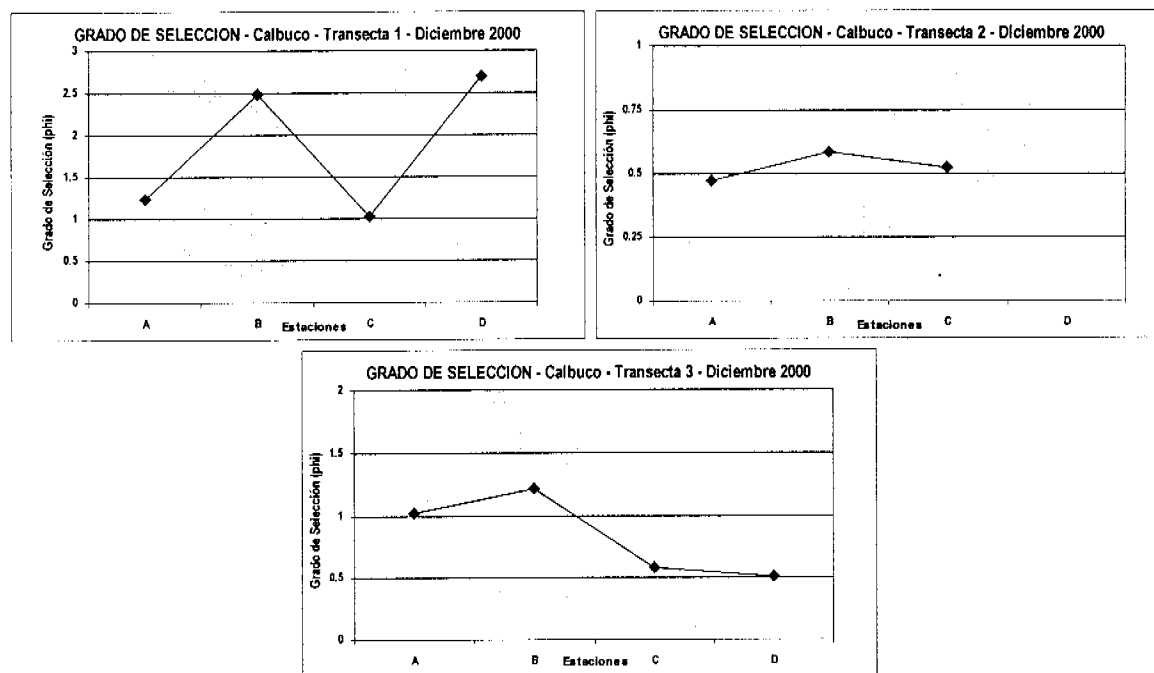


Figura 2.16. Representación gráfica del grado de selección registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

Tabla 2.18. Asimetría gráfica ( $\phi$ ) de sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 | Transecta 3 |
|----------|-------------|-------------|-------------|
| A        | -0.003      | -0.199      | 0.003       |
| B        | 0.189       | -0.489      | -0.183      |
| C        | 0.015       | -0.432      | -0.442      |
| D        | -0.098      | -0.364      | -0.242      |

### Carbono orgánico total

El comportamiento del COT en los sedimentos de las tres transectas fue distinto. En la transecta 1, la variabilidad exhibida por los contenidos de este parámetro estuvo estrechamente relacionada con la granulometría de los sedimentos. Los mayores contenidos de COT (> 1%) fueron detectados precisamente en las estaciones A y C, es decir, aquéllas que presentaron fondos con arena fina; mientras que los contenidos menores de este parámetro se presentaron asociados con partículas de granulometría más gruesa. Este patrón confirma lo señalado anteriormente, en el sentido que las características granulométricas son un elemento indispensable para la interpretación de la distribución de los analitos que se determinan para la matriz sedimentaria.

Para la transecta 2, se observó que los niveles de COT muestran un aumento sostenido conforme se hace mayor la distancia desde las líneas de mitilidos (Tabla 2.19 y Figura 2.17). Si bien existen leves diferencias en cuanto al grado de selección y asimetría de la distribución de los sedimentos a lo largo de esta transecta, la gradiente de COT es real y, para el sector central del estero Chauquiar, respondería netamente a una mayor acumulación de este tipo de sustancias en sectores distantes de las líneas .

En la transecta 3, los contenidos de COT muestran claramente una disminución a medida que las estaciones se encuentran a mayor distancia en la transecta. Aunque se encontraron diferencias granulométricas en los fondos sedimentarios (arena fina en las estaciones A y B; arena muy fina en las estaciones C y D), la gradiente detectada no estaría asociada con la composición granulométrica de los sedimentos, ya que debería esperarse un aumento en los contenidos de COT bajo la presencia de sedimentos más finos. De este modo, los niveles detectados están evidenciando que la distribución espacial obedece a una causa distinta que se relacionaría con la proximidad de las líneas de cultivos.

**Tabla 2.19. Carbono orgánico total (%) en sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.**

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 | Transecta 3 |
|----------|-------------|-------------|-------------|
| A        | 1.050       | 0.503       | 1.310       |
| B        | 0.650       | 0.538       | 0.533       |
| C        | 1.180       | 0.574       | 0.403       |
| D        | 0.573       | 0.588       | 0.393       |



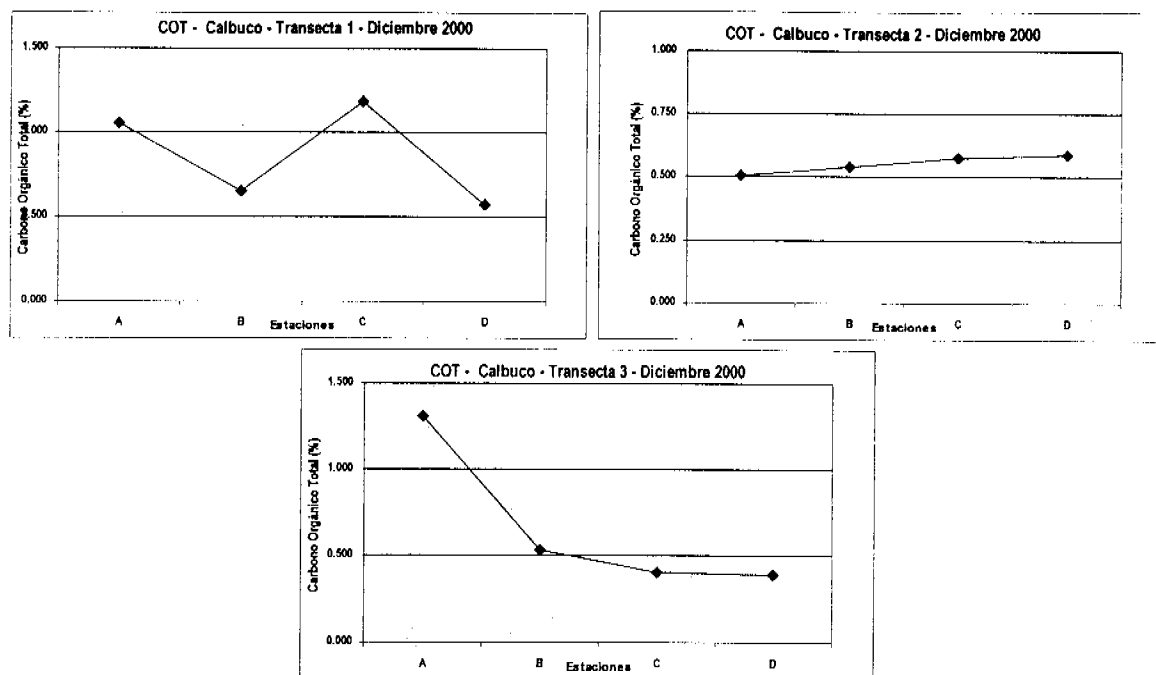


Figura 2.17. Representación gráfica de los valores de COT registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

### Fósforo total

Si bien los contenidos de fósforo muestran una baja variabilidad en las transectas, el patrón común que se desprende se relaciona con la ocurrencia de valores comparativamente mayores en las estaciones ubicadas en el tramo central (B y C). Aunque los niveles de fósforo total disminuyen en la estación D, los niveles pueden ser inferiores a la estación A (transecta 1), de la misma magnitud (transecta 2) o superiores al registrado en la estación más cercana a las líneas (transecta 3) (Tabla 2.20 y Figura 2.18).

Aún cuando cada transecta evidencia una distribución distinta de los contenidos de fósforo total, un patrón similar que se presenta en los tres casos se relaciona con un aumento del contenido de este parámetro desde la estación A hacia la estación B. A mayor distancia, la tendencia en la distribución del fósforo no es tan clara.

Tabla 2.20. Fósforo total (ppm) en sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1   |               | Transecta 2   |               | Transecta 3   |               |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|          | Laboratorio 1 | Laboratorio 2 | Laboratorio 1 | Laboratorio 2 | Laboratorio 1 | Laboratorio 2 |
| A        | 141           | 441           | 140           | 501           | 130           | 524           |
| B        | 129           | 512           | 175           | 566           | 250           | 557           |
| C        | 108           | 492           | 157           | 607           | 171           | 580           |
| D        | 120           | 369           | 133           | 507           | 163           | 570           |

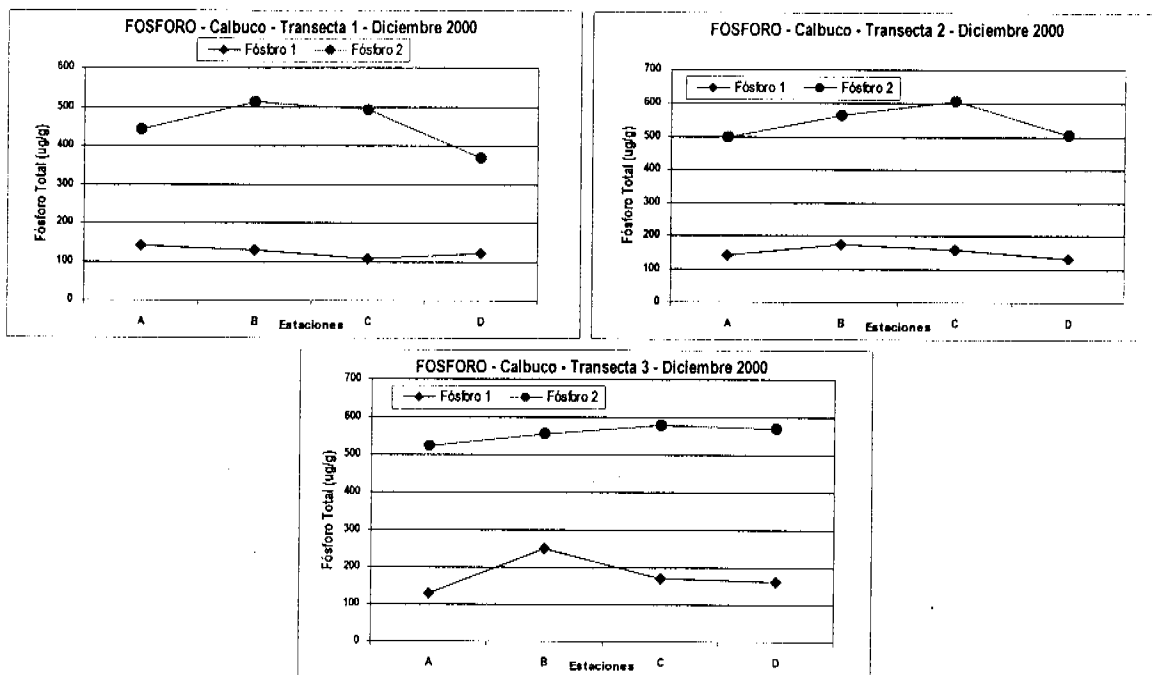


Figura 2.18. Representación gráfica de los valores de fósforo registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

### Nitrógeno total

Los contenidos de nitrógeno total no arrojan luz que permita vislumbrar que los valores de este parámetro muestren un aumento o disminución con respecto al grado de proximidad de las líneas de mitilidos (Tabla 2.21 y Figura 2.19). Aunque los resultados provenientes de ambos laboratorios fueron distintos, los niveles para cada uno de ellos variaron dentro de un rango relativamente estrecho.

La ausencia de un patrón de distribución categórico en cualquiera de las tres transectas, es indicativo que la acumulación de nitrógeno en los sedimentos no se realiza en un sector o distancia determinada de las líneas de mitilidos.

Tabla 2.21. Nitrógeno total (ppm) en sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1   |               | Transecta 2   |               | Transecta 3   |               |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|          | Laboratorio 1 | Laboratorio 2 | Laboratorio 1 | Laboratorio 2 | Laboratorio 1 | Laboratorio 2 |
| A        | 20,9          | 883           | 25,6          | 1003          | 20,9          | 635           |
| B        | 34,2          | 1068          | 85,6          | 849           | 24,1          | 756           |
| C        | 27,1          | 843           | 34,2          | 950           | 28,7          | 1187          |
| D        | 45,3          | 760           | 71,4          | 1132          | 14,1          | 929           |

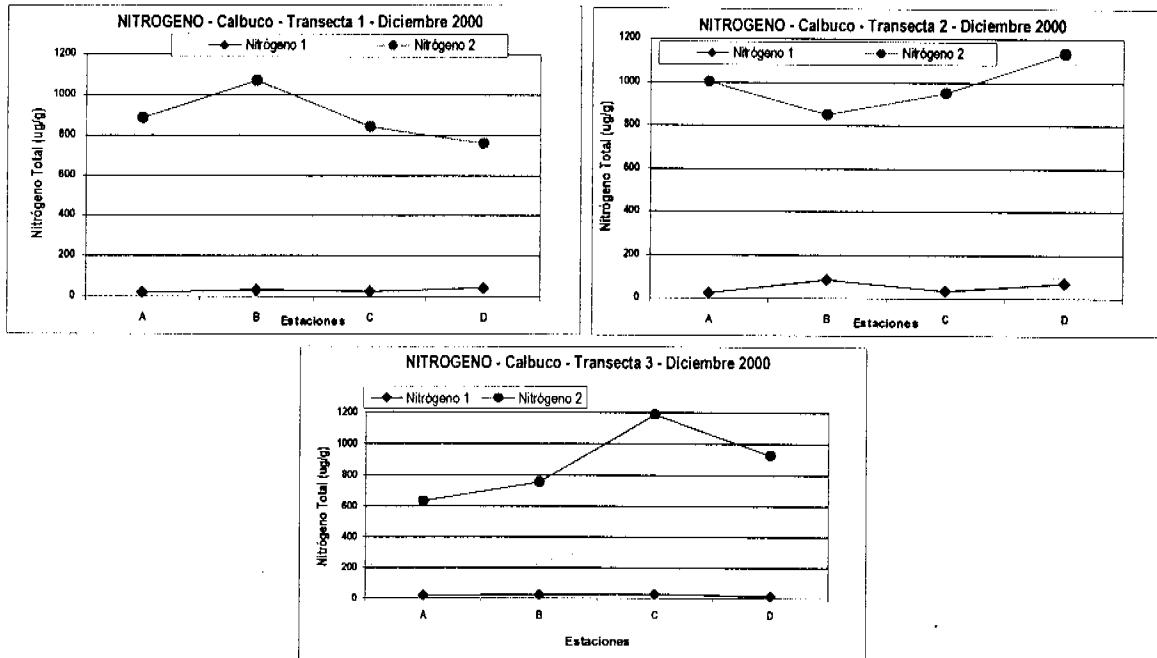


Figura 2.19. Representación gráfica de los valores de nitrógeno registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

### Cobre total

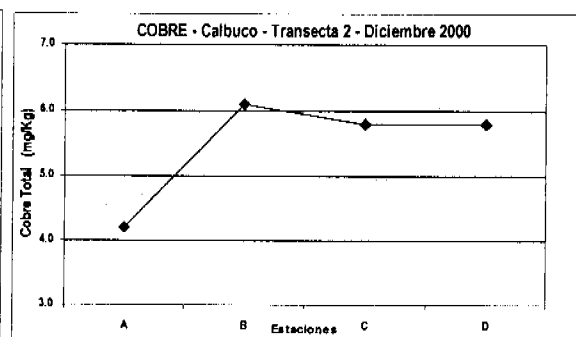
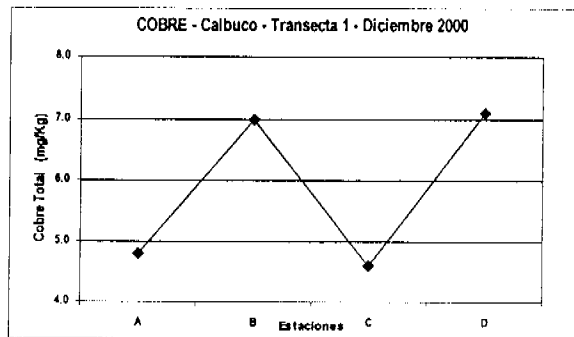
Si se analiza en detalle la tendencia del cobre en los sedimentos a lo largo de las tres transectas, se revela la existencia de una distribución espacial que es común para los tres casos. Considerando las diferencias granulométricas de los sedimentos que se registran en las distintas estaciones, el contenido de cobre experimenta un claro aumento desde la estación A hacia la estación B. Entre esta última estación y la siguiente (C) el contenido de este metal disminuye en las tres transectas; este punto es interesante, ya que a pesar que se presenta una gama de cambios en la composición granulométrica al pasar de una estación a la siguiente (arena fina a gruesa en la transecta 1; mantención de las arenas finas en la transecta 2 y arena fina a muy fina en la transecta 3), el patrón de cobre en los sedimentos se mantiene (Tabla 2.22 y Figura 2.20).

Si bien es cierto, para la transecta 1 la tasa de cambio en el contenido de cobre es más acentuada, también es más drástico el cambio que se produce en la composición granulométrica de los sedimentos desde la estación B a la estación C para esta transecta. Una situación análoga también ocurre en el último segmento de esta transecta. En todos los casos los valores de cobre aumentan hacia la última estación, aunque este incremento es más notorio entre las estaciones C y D de la primera transecta.

La ocurrencia de estas variaciones podría deberse a una condición natural de los sedimentos, ya que no se dispone de antecedentes que indiquen la existencia de una fuente potencial de este tipo de metales en el sector. Pudiera pensarse que las pinturas antiincrustantes usadas en la mantención de las redes de las jaulas tendrían alguna incidencia en los niveles encontrados. Sin embargo, los contenidos cuantificados para estos sedimentos son realmente bajos (< 10 ppm) y no permiten inferir condiciones de enriquecimiento metalogénico en los sedimentos del estero Chauquiar.

Tabla 2.22. Cobre total (ppm) en sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 | Transecta 3 |
|----------|-------------|-------------|-------------|
| A        | 4.8         | 4.2         | 3.9         |
| B        | 7.0         | 6.1         | 5.1         |
| C        | 4.6         | 5.8         | 4.6         |
| D        | 7.1         | 5.8         | 5.0         |



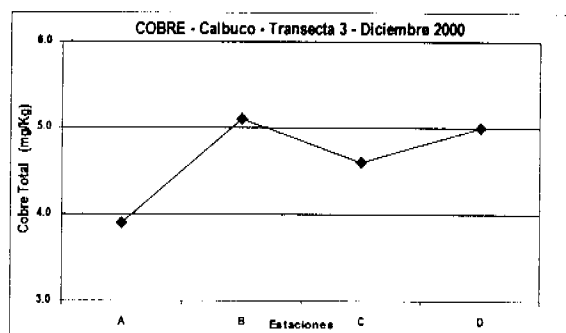


Figura 2.20. Representación gráfica de los valores de cobre registrados en los sedimentos sublitóricos superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

## Sulfuros

Considerando los resultados reportados de ambos laboratorios, las tendencias que se aprecian son muy distintas en materia de la distribución de los contenidos de sulfuros. Al analizar los resultados dados a conocer por el laboratorio con mayor experiencia, se aprecia la existencia de un patrón posible de ser interpretado.

Los contenidos de sulfuro de las transectas 1 y 2 muestran básicamente la misma tendencia: un aumento inicial en los niveles de este parámetro, para luego registrar una disminución que presenta algunos matices en el último segmento de la transecta (estaciones C-D). En cambio en el sector central del estero Chauquiar, la principal concentración de sulfuros se verifica inmediatamente en la cercanía de las líneas, para luego producirse una rápida disminución en los contenidos que incluso en la última estación son analíticamente indetectables. Es posible que la ocurrencia de procesos reductores en los sedimentos, a corta distancia de las líneas, explique los mayores contenidos de sulfuros en la estación A (Tabla 2.23 y Figura 2.21).

Tabla 2.23. Sulfuros (ppm) en sedimentos Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1   |               | Transecta 2   |               | Transecta 3   |               |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|          | Laboratorio 1 | Laboratorio 2 | Laboratorio 1 | Laboratorio 2 | Laboratorio 1 | Laboratorio 2 |
| A        | 0,132         | 0,42          | 2,570         | 0,41          | 0,122         | 0,44          |
| B        | 8,050         | 2,24          | 0,726         | 0,45          | 4,130         | 0,37          |
| C        | 5,810         | 0,65          | 0,330         | 0,68          | 0,807         | 0,51          |
| D        | 0,573         | 1,68          | < 0,1         | 0,23          | 0,743         | 0,55          |

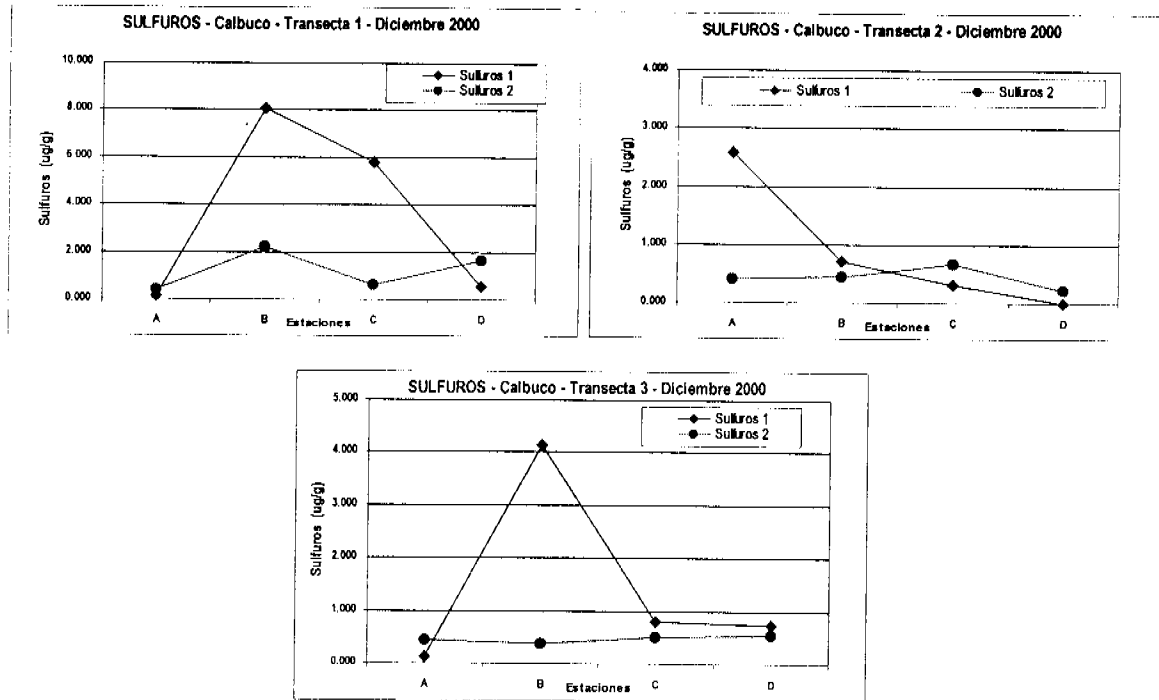


Figura 2.21. Representación gráfica de los valores de sulfuros registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

## Antibióticos

La cuantificación de antibióticos específicos presentes en los sedimentos no arrojó resultados positivos en ninguna de las estaciones muestreadas. En todos los casos, los niveles de ácido oxolínico, flumequina y oxitetraciclina estuvieron bajo sus respectivos límites de detección.

Esta situación puede estar asociada con el breve período de vida útil que tienen estos quimioterapéuticos en el ambiente acuático. De no ser que la obtención de las muestras se efectúe tan pronto se verifique un tratamiento de esta naturaleza en el centro de cultivo, son bajas las posibilidades de detectar y cuantificar la ocurrencia de este tipo de antibióticos en la matriz sedimentaria.

**Macroinfauna sublitoral**

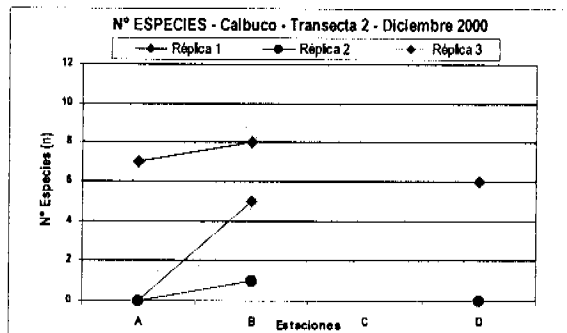
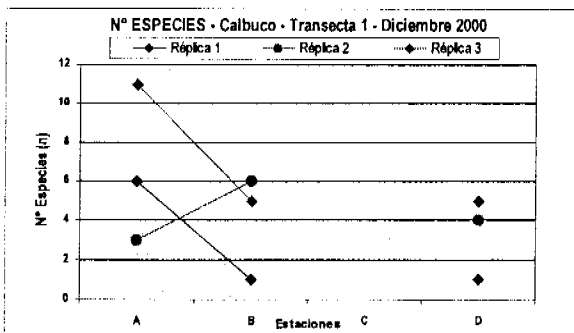
Para el caso de la macroinfauna del estero Chauquiar, se recolectó muestras en tres estaciones de la transecta: A, B y C. El análisis de cada uno de los parámetros comunitarios se presenta a continuación.

**Número de especies**

En dos de las transectas muestreadas, el mayor número de especies se encontró en la estación A (transecta 1) o en las dos primeras estaciones (transecta 3). En la transecta del sector central del estero Chauquiar, la composición específica más alta fue en la estación B (Tabla 2.24 y Figura 2.22). Independientemente de la distribución del número de especies por transecta, la especie predominante fue un poliqueto de la familia Spionidae que estuvo presente en 8 de las 9 estaciones establecidas para el estero Chauquiar. Una segunda posición la ocupó el gastrópodo *Nassarius gayi*, moluscos de hábitos carroñeros que se encuentra ampliamente distribuido en los fondos sedimentarios de nuestro país.

Tabla 2.24. Número de especies en la macroinfauna sublitoral del Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000

| Estación | T1 Rép 1 | T1 Rép 2 | T1 Rép 3 | T2 Rép 1 | T2 Rép 2 | T2 Rép 3 | T3 Rép 1 | T3 Rép 2 | T3 Rép 3 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A        | 6        | 3        | 11       | 7        | 0        | 0        | 9        | 3        | 1        |
| B        | 1        | 6        | 5        | 8        | 1        | 5        | 3        | 7        | 4        |
| D        | 5        | 4        | 1        | 6        | 0        | 0        | 0        | 2        | 7        |



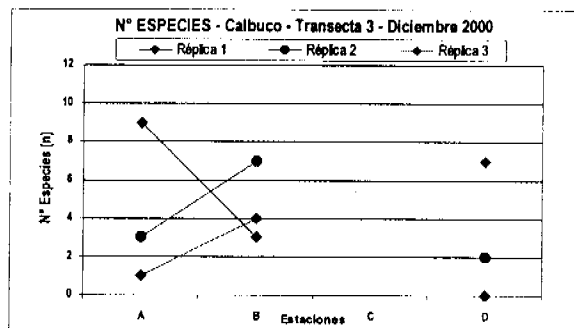


Figura 2.22. Representación gráfica del número de especies encontradas en la macroinfauna sublitoral en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

### Número de individuos

El recuento del número de individuos mostró una distribución similar a la descrita para el parámetro anterior. En la transecta 1 la mayor abundancia numérica se registró para la estación A; a mayor distancia de las líneas el número de individuos desciende hasta alcanzar un valor cercano a los cuarenta individuos. Para esta transecta los mayores aportes en macroinfauna estuvieron dados por ejemplares de *Spionidae* sp. 1.

Para la transecta 2, la mayor abundancia de individuos se cuantificó en la estación B; la cantidad de ejemplares contabilizados en la estación D (12) fue menor al registrado en la estación A que alcanzó a un total de 26 (Tabla 2.25 y Figura 2.23). En esta transecta nuevamente el mayor predominio numérico estuvo dado por individuos de *Spionidae* sp. 1.

En la transecta ubicada en la boca del estero Chauquiar, se presenta un patrón de distribución similar al descrito para la transecta 1. La mayor abundancia de individuos se registró en la estación A, para luego producirse una disminución paulatina del número de individuos en dirección a la estación D. Un aspecto interesante en este sector fue el reemplazo que se produjo de la especie dominante, ya que la primera posición para este caso fue ocupada por *Nassarius gayi*.



Tabla 2.25. Número de individuos en la macroinfauna sublitoral del Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000

| Estación | T1 Rép 1 | T1 Rép 2 | T1 Rép 3 | T2 Rép 1 | T2 Rép 2 | T2 Rép 3 | T3 Rép 1 | T3 Rép 2 | T3 Rép 3 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A        | 23       | 6        | 39       | 26       | 0        | 0        | 33       | 4        | 1        |
| B        | 13       | 17       | 14       | 40       | 2        | 9        | 4        | 14       | 12       |
| D        | 9        | 24       | 4        | 12       | 0        | 0        | 0        | 3        | 26       |

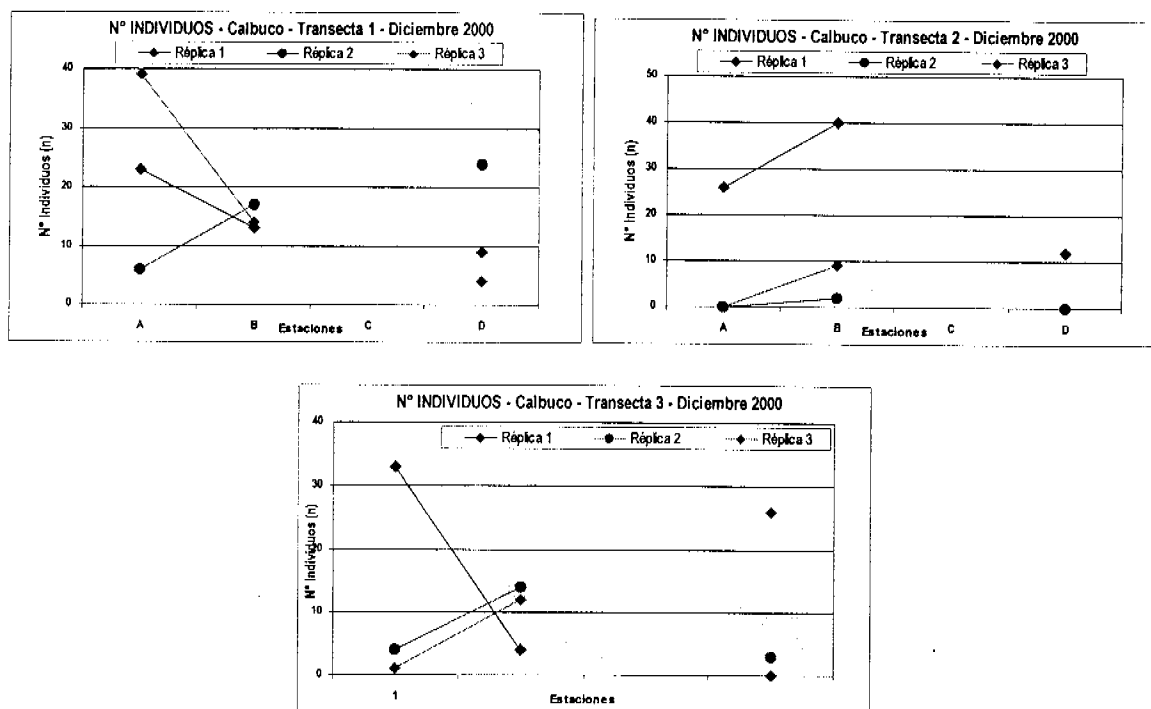


Figura 2.23. Representación gráfica del número de individuos encontrados en la macroinfauna sublitoral de las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

### Biomasa húmeda

Los valores de biomasa por transecta evidencian un patrón de distribución distinto al descrito para la abundancia numérica. Para los tres sectores del estero Chauquiar, las biomásas más altas de la macroinfauna se registran en la estación A de cada una de las transectas; esta característica fue más evidente para la transecta 2, ya que la disminución en la biomasa desde la estación A hacia la estación B fue cerca del 50% (Tabla 2.26 y Figura 2.24). La ocurrencia de algunos ejemplares bivalvos de mayor talla (*i.e. Macoma inornata*) influencia notablemente los resultados en este sentido.

Por otra parte, aunque los ejemplares de *Nassarius gayi* tuvieron un aporte importante a la biomasa de la macroinfauna del estero Chauquiar, no fue suficiente como para desplazar de la primera posición al bivalvo anteriormente citado.

A mayores distancias, la biomasa experimenta variaciones que no siempre siguen una misma tendencia. Por ejemplo, en la transecta 1 se produce un repunte de este parámetro en la estación más distante; una situación similar se aprecia para la transecta 3. Mientras que, en la transecta 2 el valor de la biomasa disminuye a un valor bajo 1 g.

Tabla 2.26. Biomasa húmeda (g) en la macroinfauna sublitoral del Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000

| Estación | T1 Rép 1 | T1 Rép 2 | T1 Rép 3 | T2 Rép 1 | T2 Rép 2 | T2 Rép 3 | T3 Rép 1 | T3 Rép 2 | T3 Rép 3 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A        | 0,531    | 0,490    | 0,991    | 4,450    | 0,00     | 0,0      | 1,454    | 0,211    | 0,090    |
| B        | 0,070    | 0,683    | 0,282    | 2,111    | 0,08     | 0,5      | 0,101    | 0,733    | 0,222    |
| D        | 0,300    | 1,152    | 0,080    | 0,892    | 0,00     | 0,0      | 0,000    | 0,180    | 1,534    |

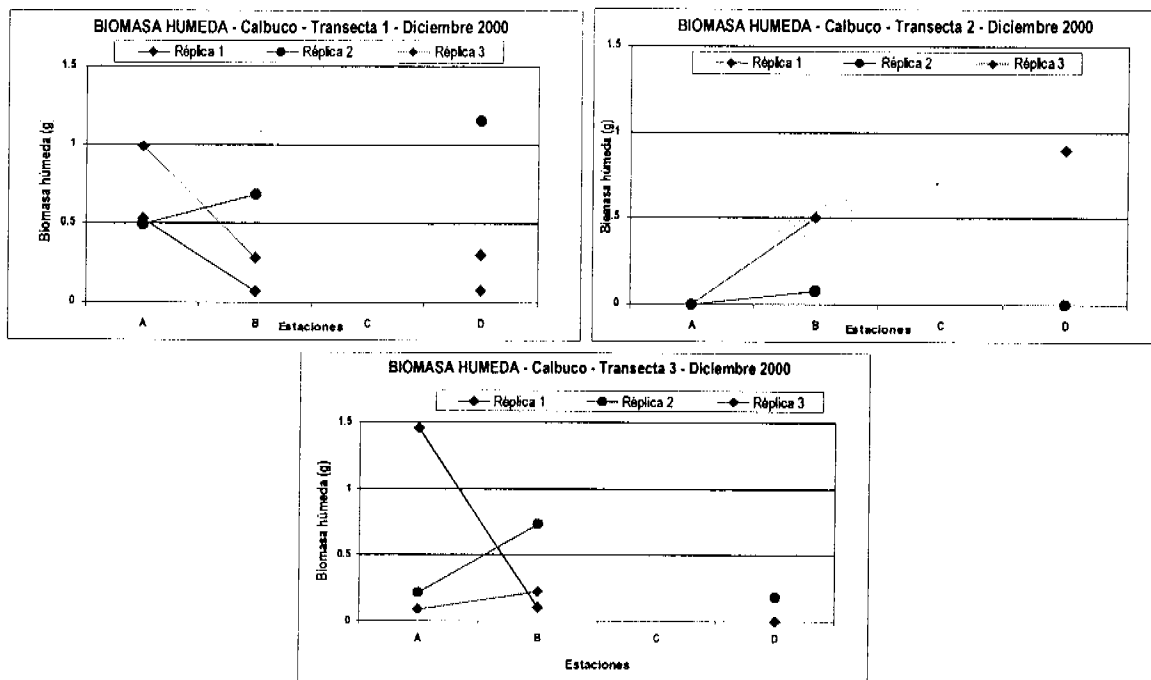


Figura 2.24. Representación gráfica de la biomasa húmeda en la macroinfauna sublitoral de las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

### Diversidad específica y uniformidad

La diversidad específica y la uniformidad son dos parámetros que se encuentran estrechamente relacionados, ya que ambos dan cuenta de la estructura comunitaria que presenta la macroinfauna, para el caso que se analiza.

Para la transecta 1, se aprecia claramente una gradiente en disminución en los valores de ambos parámetros a medida que las estaciones se ubican a mayor distancia de las líneas de mitílicos. Para la transecta 2, la macroinfauna de la estación B presenta los valores más altos, lo que indica que en punto se produce una mayor composición específica acompañada de una buena distribución de los individuos entre las especies. La distribución de los valores de estos índices (diversidad y uniformidad) fue similar para la transecta 3 (Tablas 2.27 y 2.28, Figuras 2.25 y 2.26).

Tabla 2.27. Diversidad específica (bit/ind) en la macroinfauna sublitoral del Estero Chauquiar, Calbuco. Dic. 2000

| Estación | T1 Rép 1 | T1 Rép 2 | T1 Rép 3 | T2 Rép 1 | T2 Rép 2 | T2 Rép 3 | T3 Rép 1 | T3 Rép 2 | T3 Rép 3 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A        | 0,981    | 1,011    | 1,385    | 1,421    | 0,0      | 0,000    | 1,668    | 1,443    | 0,000    |
| B        | 0,000    | 1,381    | 1,369    | 1,155    | 0,0      | 1,523    | 1,040    | 1,772    | 1,237    |
| D        | 1,523    | 0,514    | 0,000    | 1,705    | 0,0      | 0,000    | 0,000    | 1,192    | 1,192    |

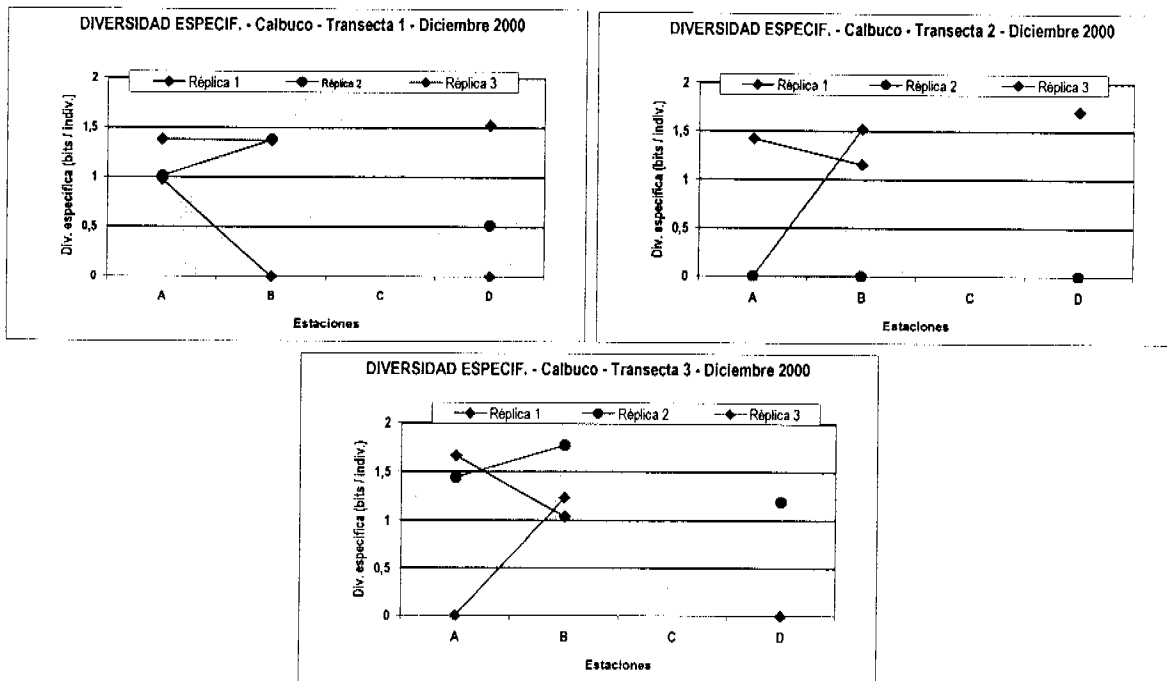


Figura 2.25. Representación gráfica de la diversidad específica en la macroinfauna sublitoral de las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

Tabla 2.28. Uniformidad de la macroinfauna sublitoral del Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000

| Estación | T1 Rép 1 | T1 Rép 2 | T1 Rép 3 | T2 Rép 1 | T2 Rép 2 | T2 Rép 3 | T3 Rép 1 | T3 Rép 2 | T3 Rép 3 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A        | 0,548    | 0,921    | 0,578    | 0,730    | 0,0      | 0,000    | 0,759    | 1,040    | 0,000    |
| B        | 0,000    | 0,771    | 0,851    | 0,556    | 0,0      | 0,946    | 0,946    | 0,911    | 0,892    |
| D        | 0,946    | 0,371    | 0,000    | 0,951    | 0,0      | 0,000    | 0,000    | 0,613    | 0,613    |

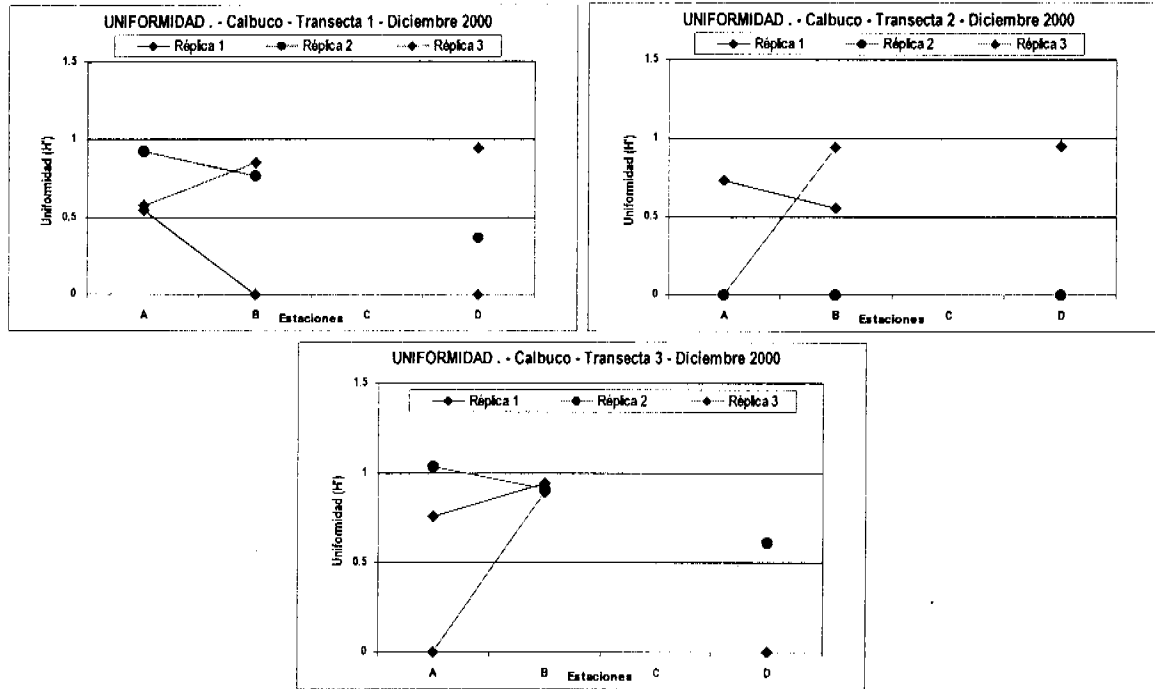


Figura 2.26. Representación gráfica de la uniformidad de la macroinfauna sublitoral en las tres transectas analizadas. Estero Chauquiar, Calbuco. Diciembre 2000.

## **b. Canal Lemuy, Castro**

### Columna de agua

#### **Temperatura**

Las condiciones térmicas de la columna de agua muestran una menor variabilidad para la transecta 1. Para algunas estaciones, los perfiles de temperatura reflejan levemente la existencia de una capa de agua superficial de mayor temperatura ubicada en los dos primeros metros de la columna de agua; este patrón no fue tan claro en la estación C, en donde la temperatura del agua presenta una diferencia térmica de sólo 0,2°C entre la superficie y el fondo.

En la transecta 2, se observa una leve estratificación térmica en la columna de agua de las estaciones A, B y C; en cambio, la distribución vertical de la temperatura del agua en la estación D muestra un descenso paulatino de la temperatura desde la superficie al fondo. Las características térmicas descritas, dan cuenta de la alta variabilidad detectada para este parámetro a una escala de cientos de metros (ver informe de avance N° 2).

#### **Salinidad**

La columna de agua de la transecta 1 presentó una baja variabilidad de las condiciones salinas; sólo en la estación D, se observa una tendencia algo distinta ya que los valores no muestran un patrón de distribución regular conforme la profundidad aumenta. La situación cambia radicalmente en la transecta 2. Para este sector, se observa una capa de agua isohalina en superficie (primeros 2 m) y luego la ocurrencia de una haloclina que tiende a tornarse menos conspicua desde la estación A hacia la estación D (ver informe de avance N° 2).

## Transparencia

En las dos transectas se registró la misma la profundidad de penetración de la luz para cada una de las estaciones de muestreo. Los valores de transparencia fueron de 2 m, independientemente que la profundidad de los fondos fluctuó entre los 7 y 12 m.

## pH

Para ambas transectas se presentó básicamente la misma distribución espacial de valores: los registros más básicos se presentaron en el estrato superficial de la columna de agua. En cuanto a la distribución a lo largo de la transecta, las curvas de tendencia fueron similares apreciándose diferencias mínimas, considerando que la variabilidad de este parámetro está dada a nivel de centésimas de unidad.

Salvo la disminución de pH que se produjo en las aguas superficiales de la estación B (transecta 1), en las dos transectas se aprecia un aumento de los valores de pH hasta la estación C. A distancias más lejanas, el pH se mantiene o bien puede disminuir hasta alcanzar valores aún menores que los registrados en la estación A, como sucede por ejemplo con el estrato de fondo de la transecta 1 (Tabla 2.29 y Figura 2.27).

Tabla 2.29. pH en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 8,09          | 8,05     | 8,15          | 8,12     |
| B        | 8,07          | 8,06     | 8,15          | 8,13     |
| C        | 8,11          | 8,11     | 8,18          | 8,17     |
| D        | 8,09          | 8,04     | 8,18          | 8,13     |

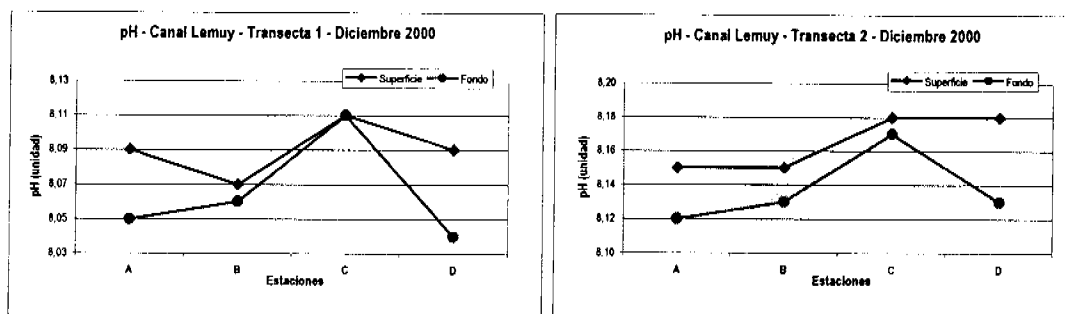


Figura 2.27. Representación gráfica de los valores de pH en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

## Oxígeno disuelto

Aunque las transectas estaban separadas por centenas de metros, el comportamiento del oxígeno disuelto presentó tendencias similares para un mismo estrato de profundidad, no así entre distintos niveles de la columna de agua.

A nivel superficial, los niveles muestran una baja variabilidad con oscilaciones de baja magnitud sin que se evidencie una tendencia definida a medida que aumenta la distancia desde los centros de cultivo. En profundidad la situación fue distinta, ya que el contenido de oxígeno disuelto más bajo estuvo asociado con la estación A, es decir, la más próxima al centro de cultivo. A mayor distancia, los niveles de este gas aumentan alcanzándose un máximo indistintamente en las estaciones B o C, para luego disminuir nuevamente a contenidos que se mantiene sobre los observados en la estación A (Tabla 2.30 y Figura 2.28).

Tabla 2.30. Oxígeno disuelto (mL/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 4,52          | 3,97     | 4,57          | 4,10     |
| B        | 4,25          | 4,37     | 4,61          | 4,76     |
| C        | 4,40          | 4,79     | 4,79          | 4,68     |
| D        | 4,30          | 4,07     | 4,71          | 4,44     |

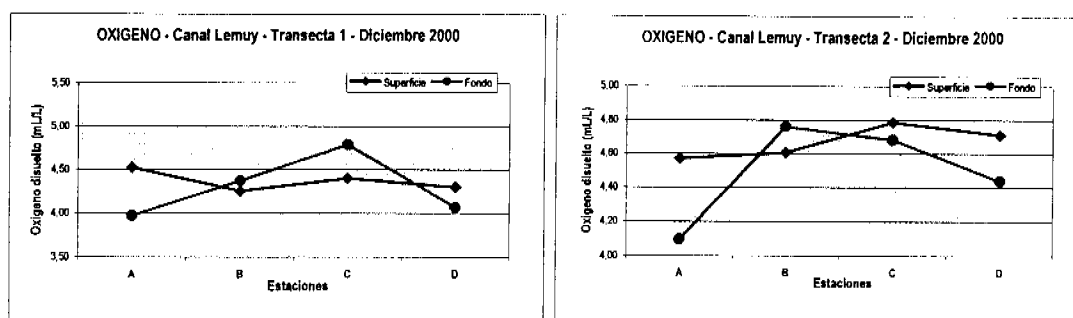


Figura 2.28. Representación gráfica de los valores de oxígeno disuelto en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

### Sólidos suspendidos

Para la cuantificación de este parámetro se recurrió a dos laboratorios distintos. Con objeto de vislumbrar tendencias se analizó los resultados del Laboratorio 1 ya que posee una mayor experiencia.

En la superficie del agua, el contenido de sólidos suspendidos tiende a aumentar conforme las estaciones se ubican a mayor distancia del centro de cultivo. Si bien este patrón se observa claramente en la transecta 2, para la primera transecta la situación difiere levemente al producirse una baja en los niveles de sólidos suspendidos en la estación C.

Para el estrato de fondo, la diferencia en la distribución de los contenidos de este parámetro entre ambas transectas radica en el segmento inicial. En otras palabras, mientras para la transecta 1 se aprecia una disminución en el nivel de sólidos suspendidos desde la estación A hacia la estación B, en la transecta 2 se constata la tendencia inversa (Tabla 2.31 y Figura 2.29). Es probable que este patrón se encuentre asociado con el tipo de cultivo, ya que la transecta 1 se extiende desde el borde de una balsa-jaula, mientras la transecta 2 lo hace entre dos planteles de líneas de choritos.

Tabla 2.31. Sólidos suspendidos (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 0,8           | 6,0      | 3,0           | 0,8      |
| B        | 0,8           | 1,4      | 1,4           | 2,0      |
| C        | 13,4          | 2,6      | 2,8           | 0,9      |
| D        | 1,0           | 1,0      | 0,8           | 1,6      |

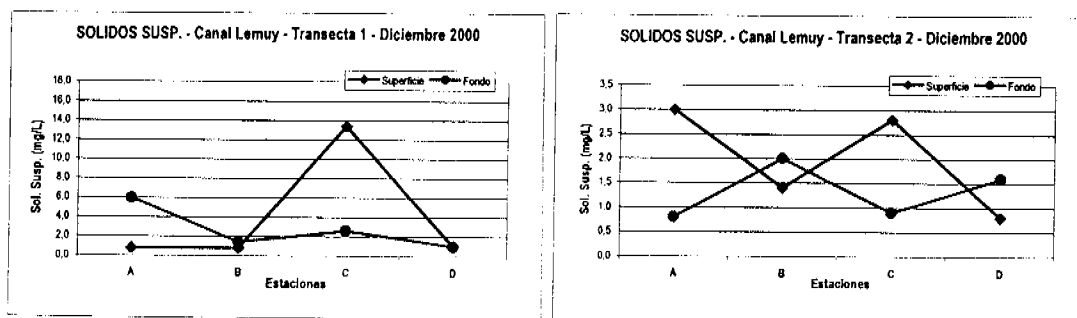


Figura 2.29. Representación gráfica de los valores de sólidos suspendidos en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.



### Carbono orgánico total

En la transecta 1 los niveles más altos de COT se alcanzan entre los 70 y 140 m de distancia del centro de cultivo. Para el caso del estrato superficial, los niveles de este parámetro aumentan hasta la estación C, para luego disminuir a un valor intermedio al registrado entre las estaciones B y C. Para el estrato de fondo se produce una caída en el contenido de COT entre las dos primeras estaciones, aunque a mayor distancia del centro de cultivo los niveles se recuperan e incluso se elevan sobre el valor registrado en la estación A.

En la transecta 2 se observa una situación similar a la anterior, aunque la tendencia se registra de manera inversa en los estratos batimétricos. En las aguas superficiales, el contenido de COT experimenta un leve aumento desde los 0 m a los 140 m de distancia; mientras que, en las aguas de fondo este parámetro aumenta su nivel desde la estación A hacia la estación B y luego los contenidos decaen a un valor similar al registrado en las cercanías del centro de cultivo (Tabla 2.32 y Figura 2.30).

Tabla 2.32. Carbono orgánico total (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 1

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 0,82          | 1,23     | 0,82          | 0,57     |
| B        | 1,23          | 0,90     | 0,73          | 2,46     |
| C        | 2,13          | 1,23     | 1,14          | 1,80     |
| D        | 1,47          | 2,05     | 1,31          | 0,57     |

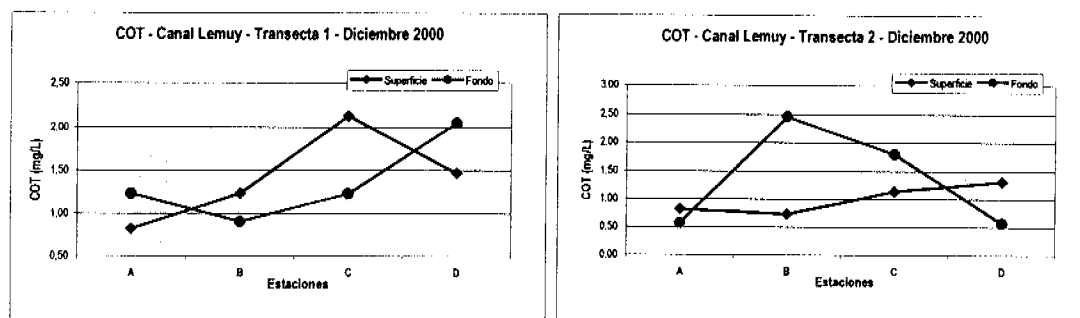


Figura 2.30. Representación gráfica de los valores de COT en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

### Fósforo total

La variabilidad de los contenidos de fósforo para la transecta 1 queda de manifiesto al comparar la evolución de los valores de ambas réplicas. Mientras que para la primera réplica de valores, los contenidos superficiales muestran una disminución y luego un repunte (forma de "u"), para la segunda réplica se observa la situación inversa, es decir, los niveles de fósforo muestran una disminución en el segmento final de la transecta.

La columna de agua en su estrato subsuperficial muestra que para el primer conjunto de réplicas, la tendencia de los valores aumenta a medida que las estaciones se encuentran a mayor distancia del centro de cultivo. Por otra parte, para la segunda réplica la situación evidencia una disminución leve de los contenidos de fósforo total desde la estación A en dirección a la estación D (Tablas 2.33 y 2.34, Figuras 2.31 y 2.32).

Para la transecta 2, los resultados muestran un mayor grado de coincidencias en las tendencias. En el estrato superficial los niveles son oscilantes y no muestran una tendencia definida a lo largo de la transecta, mientras que las aguas cercanas al fondo exhiben contenidos de fósforo que disminuyen según aumenta la distancia hacia el centro de cultivo.

Estos resultados están indicando que las aguas subsuperficiales presentan contenidos más consistentes, debido a que a mayor profundidad los niveles de este parámetro se verían menos afectados por otro tipo de factores, los cuales si tienen influencia en la superficie del agua (*i.e.* precipitaciones).

Tabla 2.33. Fósforo total (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2, réplica 1

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 2,5           | 1,6      | 2,1           | 2,4      |
| B        | 2,2           | 2,3      | 1,7           | 2,2      |
| C        | 2,1           | 2,3      | 2,1           | 2,0      |
| D        | 2,7           | 2,5      | 2,2           | 1,8      |

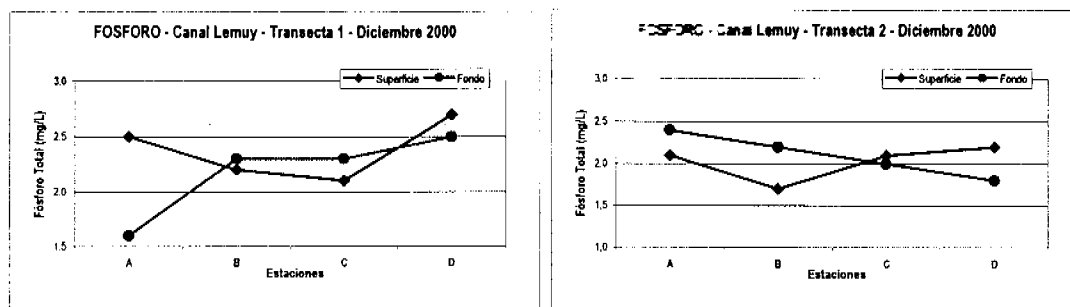


Figura 2.2.28. Representación gráfica de los valores de fósforo en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

Tabla 2.34. Fósforo total (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2, réplica 2

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 1,9           | 2,4      | 2,2           | 2,4      |
| B        | 2,3           | 2,4      | 2,0           | 2,4      |
| C        | 2,4           | 2,2      | 2,5           | 2,3      |
| D        | 1,3           | 2,2      | 2,0           | 2,0      |

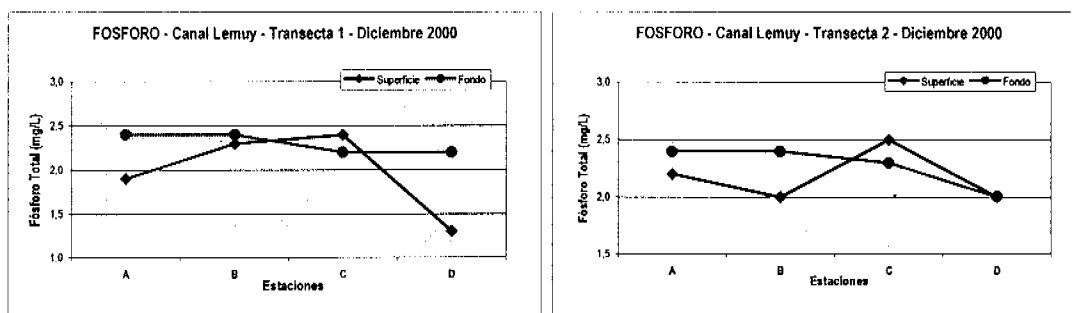


Figura 2.32. Representación gráfica de los valores de fósforo en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

## Fosfato

Si bien las curvas de distribución de los contenidos de fosfato a lo largo de las transectas podrían ser interpretadas en busca de alguna tendencia en particular, es necesario considerar la baja variabilidad que exhibieron los contenidos, especialmente cuando se analizan los resultados de la primera réplica. Por ejemplo, en el estrato superficial de la transecta 1 y en las aguas subsuperficiales de la transecta 2, los valores de fosfato se mantienen sin variación en las tres primeras transectas lo que indica condiciones homogéneas hasta una distancia cercana a los 70 m de distancia de los centros de cultivo.

Los resultados del segundo conjunto de datos (réplica 2), salvo los valores del estrato superficial de la transecta 2, mostraron la misma tendencia en la distribución horizontal de los contenidos de fosfato (Tablas 2.35 y 2.36, Figuras 2.33 y 2.34). En este sentido, los contenidos comparativamente más altos se presentan a distancias intermedias del centro de cultivo.

Tabla 2.35. Fosfato (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2, réplica 1

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 0,7           | 0,8      | 0,8           | 0,8      |
| B        | 0,7           | 0,9      | 0,7           | 0,8      |
| C        | 0,7           | 0,7      | 0,8           | 0,8      |
| D        | 0,8           | 0,7      | 0,9           | 0,7      |

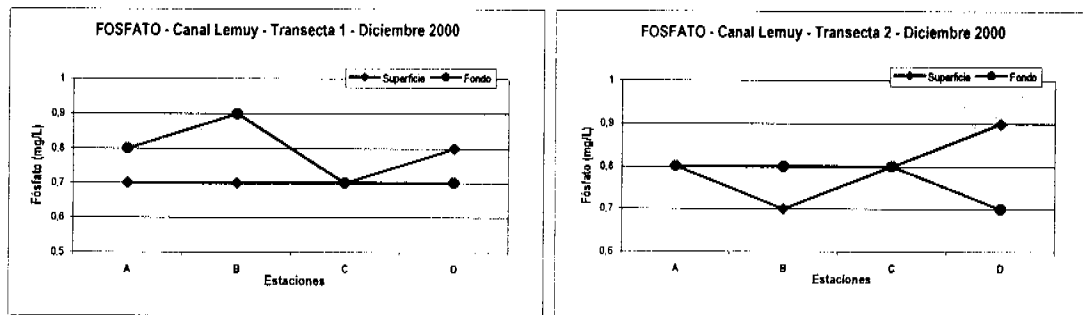


Figura 2.33. Representación gráfica de los valores de fosfato en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

Tabla 2.36. Fosfato (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2, réplica 2

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 0,6           | 0,6      | 0,6           | 0,6      |
| B        | 0,9           | 0,8      | 0,5           | 0,7      |
| C        | 0,9           | 0,8      | 0,8           | 0,7      |
| D        | 0,7           | 0,7      | 0,7           | 0,6      |

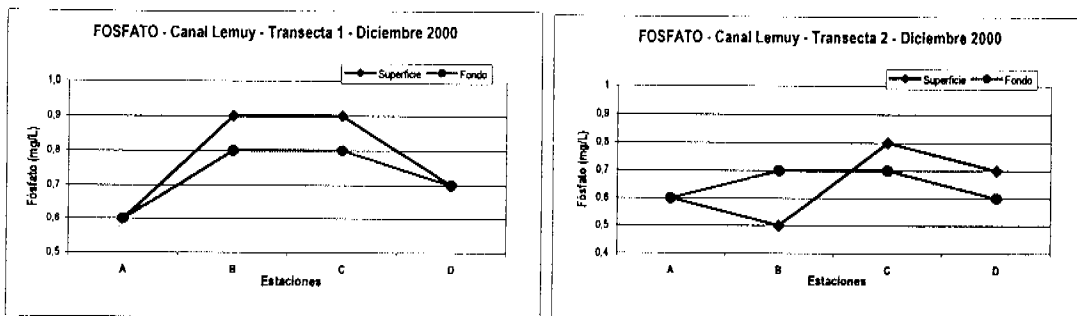


Figura 2.34. Representación gráfica de los valores de fosfato en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

## Nitrógeno total

La alta variabilidad de los resultados de ambas réplicas reflejan la ocurrencia de dinámicas distintas en la columna de agua. Para el primer set de réplicas, los contenidos de nitrógeno superficial y de fondo, para transectas distintas, muestran un comportamiento similar desde la estación A hacia la estación D. Sin embargo, al comparar las tendencias en los contenidos de nitrógeno para una misma transecta se observa un patrón inverso, es decir, mientras los valores superficiales para una estación aumentan en el estrato de fondo éstos disminuyen.

Para el segundo set de réplicas, aunque se observa una menor variabilidad en los resultados y un mejor ajuste en la distribución de los valores de este parámetro en ambas transectas, los contenidos de nitrógeno en el estrato de fondo muestran tendencias opuestas a lo largo de la transecta (Tablas 2.37 y 2.38, Figuras 2.35 y 2.36).

Los resultados descritos indican que este tipo de nutrientes muestra una alta variabilidad espacial en la columna de agua, lo que impide extraer un patrón de distribución que se asocie con el grado de cercanía a las estructuras de cultivo.

Tabla 2.37. Nitrógeno total (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laborat. 2, réplica 1

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 4,7           | 3,6      | 2,4           | 2,5      |
| B        | 2,0           | 3,9      | 2,0           | 3,2      |
| C        | 4,1           | 2,4      | 4,1           | 1,2      |
| D        | 0,9           | 2,4      | 2,4           | 2,4      |

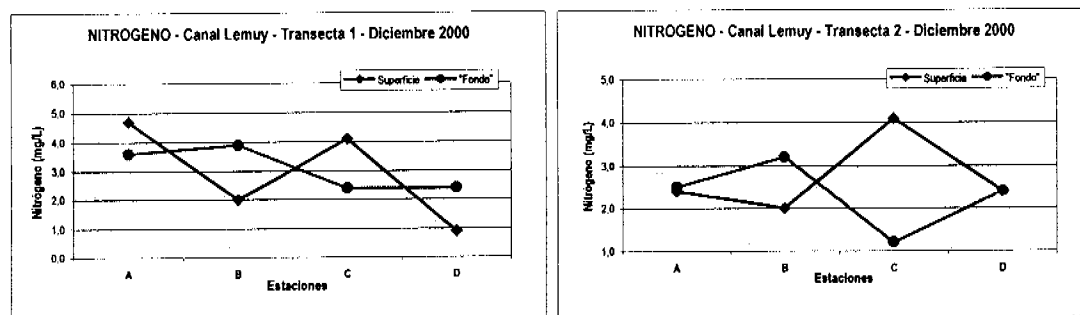


Figura 2.35. Representación gráfica de los valores de nitrógeno en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

Tabla 2.38. Nitrógeno total (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Labor. 2, réplica 2

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 1,3           | 1,8      | 1,9           | 2,3      |
| B        | 1,5           | 4,2      | 1,9           | 1,1      |
| C        | 2,8           | 1,6      | 3,3           | 2,9      |
| D        | 1,8           | 1,9      | 2,6           | 2,3      |

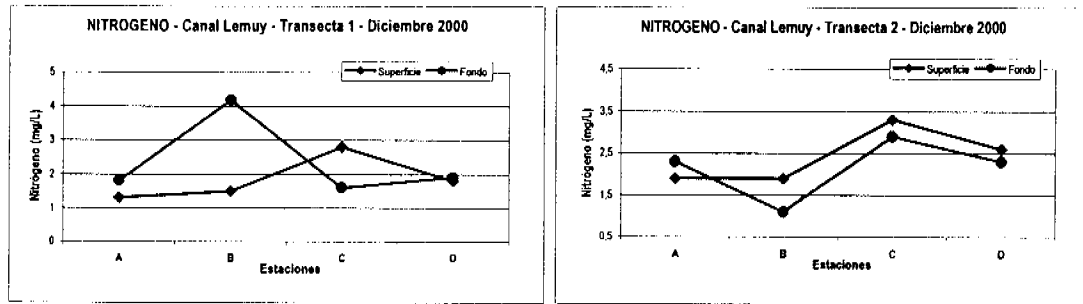


Figura 2.36. Representación gráfica de los valores de nitrógeno en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

### Amonio

Un análisis general de las tendencias, no evidencia que la distribución de los contenidos de amonio refleje un patrón categórico que permita establecer alguna relación con los centros de cultivo. Sólo en algunos casos particulares, ya sea para el estrato de superficie (transecta 2, réplica 2) o de fondo (transecta 2, réplica 1), se aprecia que los niveles de este parámetro disminuyen hacia aquellas estaciones ubicadas a mayor distancia (Tablas 2.39 y 2.40, Figuras 2.37 y 2.38).

Tabla 2.39. Amonio (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2, réplica 1

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 0,4           | 0,5      | 0,7           | 1,4      |
| B        | 0,2           | 0,4      | 0,7           | 0,4      |
| C        | 0,3           | 0,5      | 0,2           | 0,4      |
| D        | 0,4           | 0,3      | 0,4           | 0,4      |

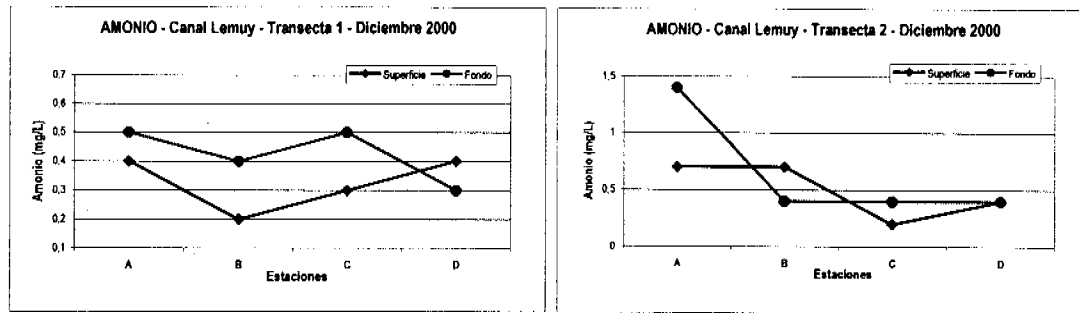


Figura 2.37. Representación gráfica de los valores de amonio en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

Tabla 2.40 Amonio (mg/L) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2, réplica 2

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 0,3           | 0,4      | 0,6           | 0,5      |
| B        | 0,4           | 0,4      | 0,4           | 0,6      |
| C        | 0,5           | 0,3      | 0,3           | 0,3      |
| D        | 0,4           | 0,3      | 0,3           | 0,4      |

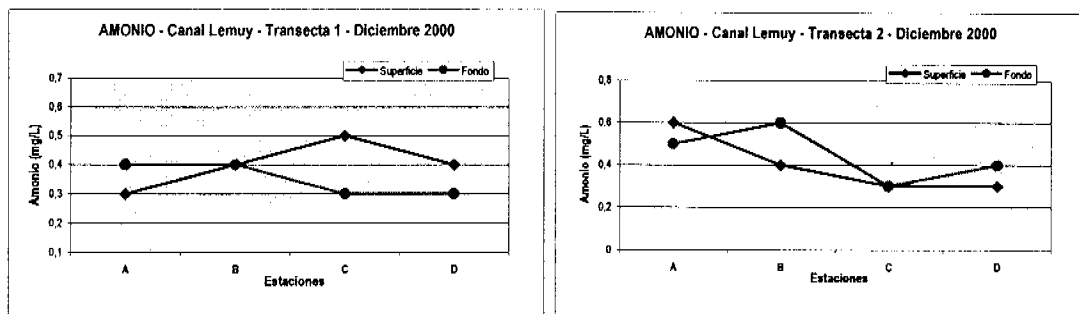


Figura 2.38. Representación gráfica de los valores de amonio en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

### Clorofila a

Para el estrato de fondo de la transecta 1 se aprecia un ligero aumento en los contenidos de clorofila a hacia la estación D; aunque en superficie el contenido de clorofila a muestra una pequeña alza entre la estación A y la estación D, los valores más altos se observan en las estaciones centrales de la transecta (réplica 1). En la transecta 2, los valores de la réplica 2 presentan tendencias más clarificadoras. Tanto para el estrato superficial como para el estrato de fondo se aprecia una disminución de los contenidos desde los 0 m a 140 m de distancia; no obstante, este parámetro experimenta alzas en estaciones

intermedias que se notan con mayor claridad en la estación C del estrato de fondo (Tablas 2.41 y 2.42, Figuras 2.39 y 2.40).

Tabla 2.41. Clorofila (mg/m<sup>3</sup>) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 1,18          | 0,83     | 1,48          | 1,07     |
| B        | 2,15          | 1,02     | 1,04          | 3,02     |
| C        | 2,27          | 1,27     | 1,34          | 1,97     |
| D        | 1,35          | 1,27     | 1,78          | 1,04     |

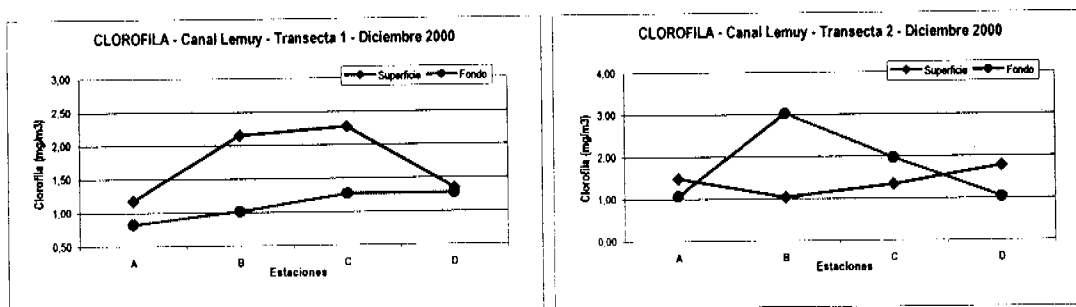


Figura 2.39. Representación gráfica de los valores de clorofila "a" en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las tres transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

Tabla 2.42. Clorofila (mg/m<sup>3</sup>) en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 0,20          | 0,14     | 0,45          | 0,14     |
| B        | 0,42          | 0,16     | 0,36          | 0,09     |
| C        | 0,19          | 0,07     | 0,40          | 0,31     |
| D        | 0,22          | 0,14     | 0,30          | 0,13     |

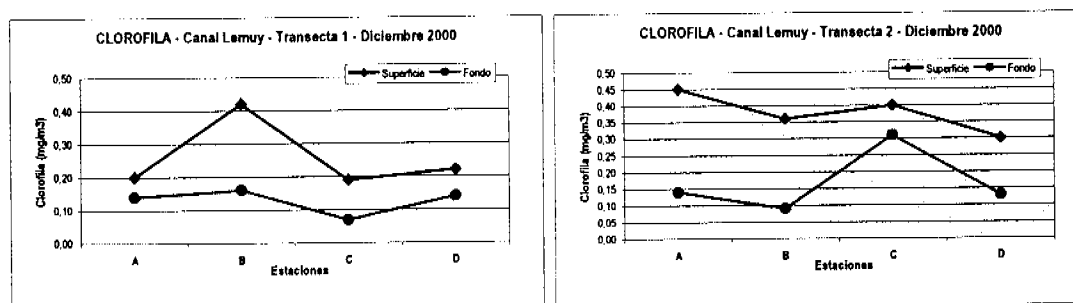


Figura 2.40. Representación gráfica de los valores de clorofila "a" en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.



**Cobre total**

Prácticamente ninguna de las curvas de distribución horizontal de los niveles de cobre muestra una tendencia categórica que permita inferir algún patrón relacionado con la distancia a los centros de cultivo (Tablas 2.43 y 2.44, Figuras 2.41 y 2.42). Considerando los valores del set de la segunda réplica, a nivel de aguas subsuperficiales se visualiza una disminución de los niveles de este metal en los primeros 40 m de distancia, situación que podría asociarse con una fuente liberadora de cobre a las aguas. Sin embargo, a mayor distancia la variabilidad en los contenidos aumenta sin que el cobre muestre una señal clara en su distribución.

Tabla 2.43. Cobre ( $\mu\text{g/L}$ ) total en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 1, réplica 1

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 1,7           | 1,1      | 1,5           | 1,3      |
| B        | 3,4           | 9,4      | 2,1           | 1,0      |
| C        | 1,4           | 1,3      | 13,5          | 1,1      |
| D        | 10,4          | 11,0     | 1,1           | 2,0      |

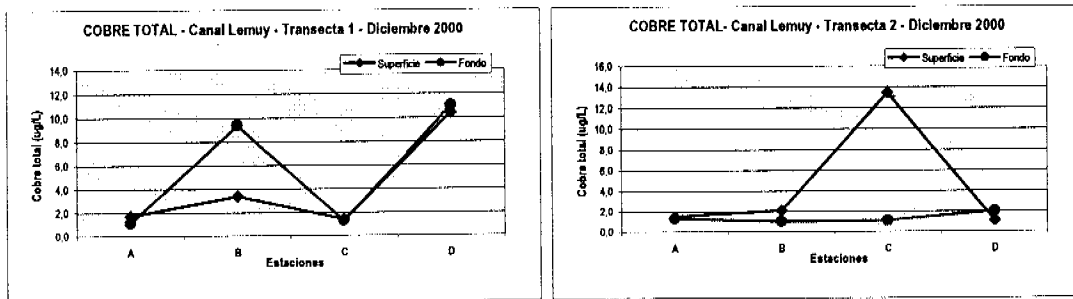


Figura 2.41. Representación gráfica de los valores de cobre en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

Tabla 2.44. Cobre ( $\mu\text{g/L}$ ) total en columna de agua Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 1, réplica 2

| Estación | T1 Superficie | T1 Fondo | T2 Superficie | T2 Fondo |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| A        | 5,0           | 13,7     | 4,7           | 13,8     |
| B        | 12,5          | 1,4      | 7,4           | 3,4      |
| C        | 1,1           | 3,6      | 13,6          | 11,2     |
| D        | 12,0          | 10,7     | 2,6           | 5,1      |

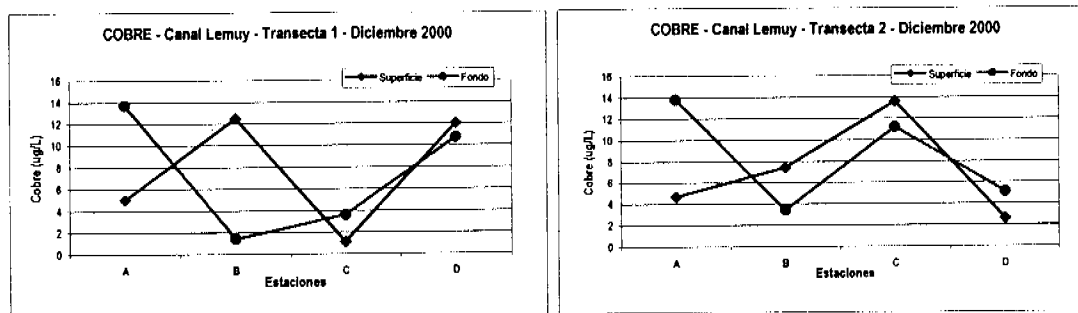


Figura 2.42. Representación gráfica de los valores de cobre en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

### Sedimentos sublitorales

#### Granulometría

Con respecto al promedio gráfico, el rasgo más característico para los sedimentos de la transecta 1 es el predominio de arenas medias en los fondos sublitorales de todas las estaciones de muestreo. Dentro de esta misma fracción, el tamaño promedio de las partículas tiende a disminuir a mayores distancias desde el centro de cultivo. En la transecta 2 la mayor heterogeneidad sedimentaria (arenas medias a gravas) evidencia una mayor dinámica de los fondos, asociada con una zona de mayor energía que impide la sedimentación de partículas de granulometría más fina (Tablas 2.45 y 2.46, Figura 2.43).

El grado de selección de los sedimentos que oscila desde mal clasificados a moderadamente clasificados, junto con el predominio de partículas con moderado exceso de gruesos (Tablas 2.47 y 2.48, Figuras 2.44 y 2.45) es indicativo que en el sector existen procesos hidrodinámicos que arrastran las fracciones finas desde estos fondos hacia otros sectores en donde se produciría la sedimentación, aunque la velocidad no es suficiente como para homogenizar la distribución de las partículas sedimentarias.

Tabla 2.45. Promedio gráfico (phi) de sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 1,430       | 0,907       |
| B        | 1,400       | 1,070       |
| C        | 1,420       | -3,083      |
| D        | 1,303       | 0,667       |

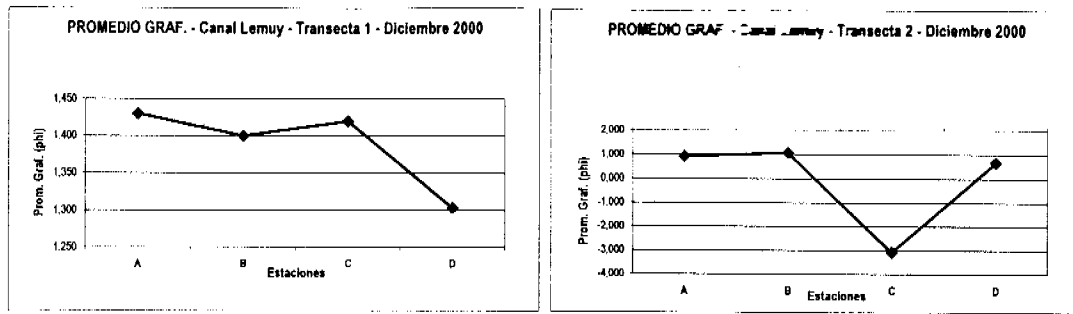


Figura 2.43. Representación gráfica del promedio gráfico registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

Tabla 2.46. Aspecto de sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2  |
|----------|-------------|--------------|
| A        | Arena Media | Arena Gruesa |
| B        | Arena Media | Arena Media  |
| C        | Arena Media | Grava        |
| D        | Arena Media | Arena Gruesa |

Tabla 2.47. Grado de selección de sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 1,035       | 1,237       |
| B        | 1,136       | 1,031       |
| C        | 0,986       | 3,448       |
| D        | 1,208       | 1,284       |

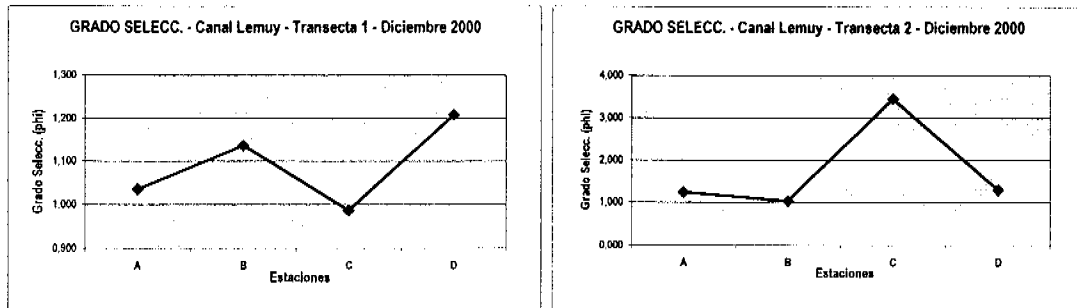


Figura 2.44. Representación gráfica del grado de selección registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

Tabla 2.48. Asimetría gráfica de sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | -0,189      | -0,159      |
| B        | -0,242      | -0,094      |
| C        | -0,205      | -0,054      |
| D        | -0,425      | -0,066      |

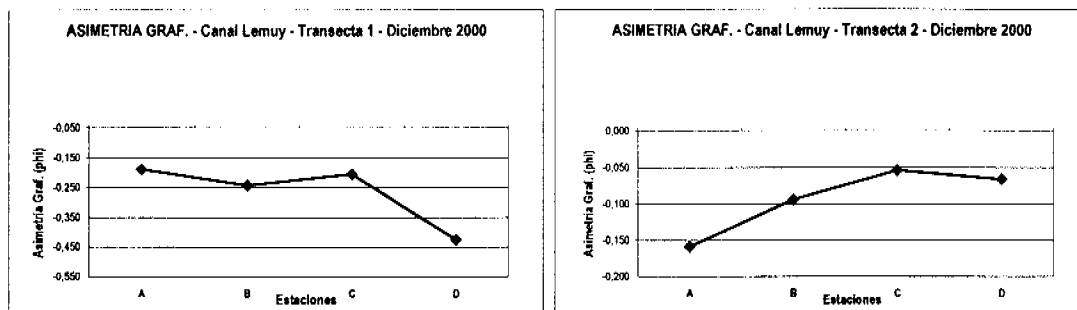


Figura 2.45. Representación gráfica de la asimetría registrada en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

### Carbono orgánico total

Los contenidos de COT mostraron los valores más altos en las estaciones intermedias (B) de la transecta 1; mientras que para la transecta 2, la curva de distribución de este parámetro mostró una tendencia opuesta, es decir, los mayores niveles se situaron en las estaciones extremas de la transecta.

Para el primer caso, los resultados estarían revelando que si bien los contenidos de COT son bajos (<1%) los procesos de acumulación no estarían ocurriendo inmediatamente en las cercanías del cultivo de salmones, sino a mayor distancia de las instalaciones. En cambio, dado que la segunda transecta está ubicada entre dos planteles de líneas de choritos, la distribución espacial de los contenidos descrita se corresponde, en el sentido que cabría esperar menores contenidos de COT en los sectores más alejados, justamente las estaciones B y C (Tabla 2.49 y Figura 2.46). Sin embargo, el contenido cuantificado para la estación C debe ser considerado con precaución debido a un cambio en la granulometría de los sedimentos en este punto.

Tabla 2.49. Carbono orgánico total (%) en sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 0,218       | 0,185       |
| B        | 0,346       | 0,160       |
| C        | 0,300       | 0,128       |
| D        | 0,202       | 0,236       |

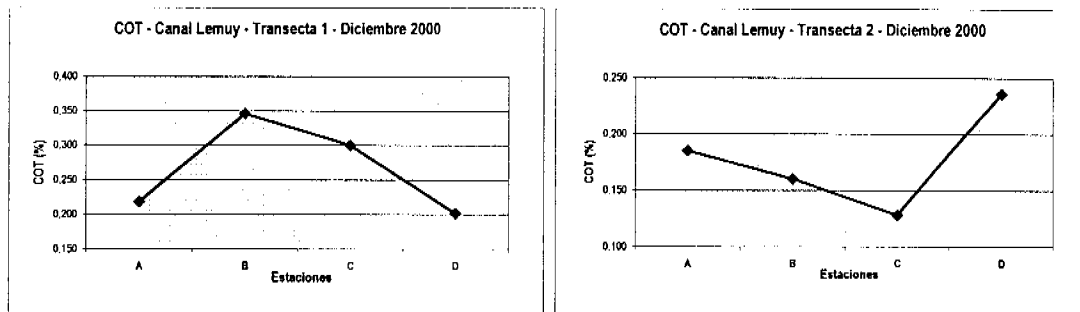


Figura 2.46. Representación gráfica de los valores de COT registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

### Fósforo total

La distribución de los contenidos de fósforo total muestra tendencias similares a las exhibidas por el COT. Para la transecta 1, el mayor contenido de este analito se asocia con los sedimentos de la estación B; a mayores distancias los niveles de este parámetro tienden a disminuir a valores menores que el registrado para la estación A.

En el otro sector de estudio (transecta 2), si bien se aprecian algunas diferencias en los valores de ambos set de réplicas, básicamente los contenidos mayores se sitúan en las estaciones A y D. Las diferencias entre ambas curvas radican principalmente en lo que ocurre a 0 m del cultivo. Mientras que para la primera réplica el contenido de fósforo es el más alto de la serie, en la segunda réplica el nivel más alto se ubica en la estación D (Tabla 2.50 y Figura 2.47). Si bien diferencias metodológicas podrían explicar esta situación, el patrón general de la tendencia se mantiene para ambos casos.

Tabla 2.50. Fósforo total (ppm) en sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 220         | 323         |
| B        | 259         | 191         |
| C        | 150         | 213         |
| D        | 172         | 255         |

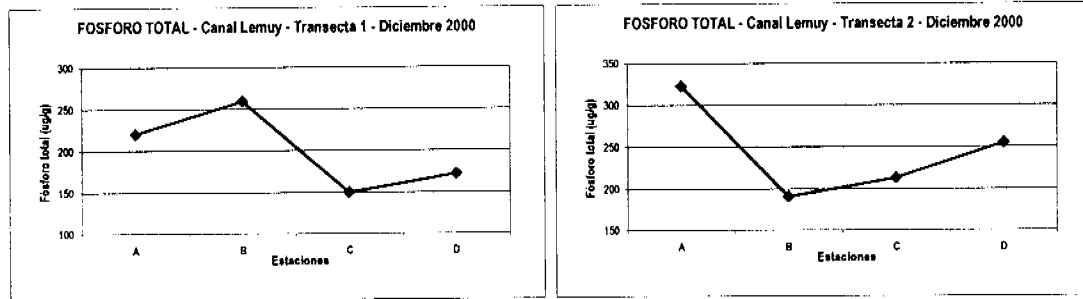


Figura 2.47. Representación gráfica de los valores de fósforo total registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

### Nitrógeno total

Independientemente del set de réplicas analizadas, el patrón de distribución horizontal de los valores de nitrógeno total se mantiene para ambas transectas. Así también, los contenidos muestran la misma tendencia exhibida por los niveles de fósforo total en la transecta 1.

En las dos transectas se aprecia un aumento en los contenidos de nitrógeno total en los primeros 40 m de distancia, para luego registrarse una disminución hacia los sectores más lejanos de la transecta (Tabla 2.51 y Figura 2.48). Sólo en el segundo set de réplicas de la transecta 2, particularmente en la estación D, se presenta una condición distinta ya que el contenido de este parámetro experimenta un alza importante.

Tabla 2.51. Nitrógeno total (ppm) en sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 19,4        | 3,3         |
| B        | 51,2        | 13,4        |
| C        | 21,3        | 9,2         |
| D        | 10,5        | 6,6         |

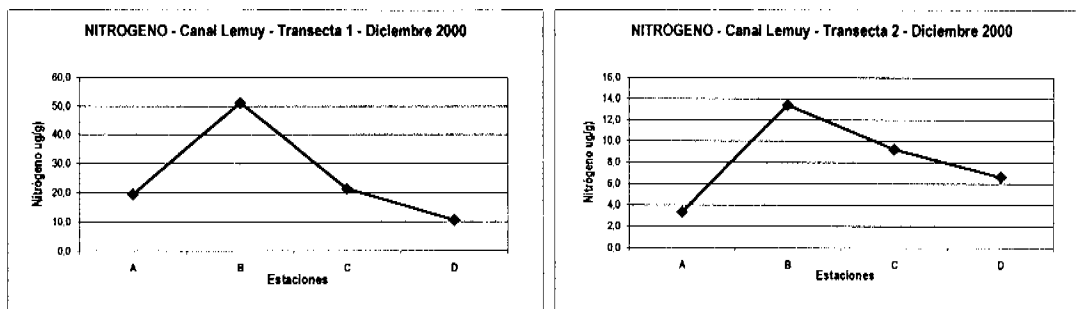


Figura 2.48. Representación gráfica de los valores de nitrógeno registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

### Cobre total

La distribución de los contenidos de cobre es similar a la exhibida por los parámetros descritos anteriormente, particularmente para el COT y fósforo total en la transecta 1.

Para el primer caso (transecta 1), el contenido máximo de cobre se registra en la estación B. Sin llegar a evidenciar condiciones de enriquecimiento metalogénico, el alza que se registró en los sedimentos de esta estación es indicativo que se están produciendo aportes de este metal a los fondos sedimentarios cercanos a las instalaciones del cultivo.

Por otra parte, en la transecta 2 el mayor contenido de cobre se presenta en la estación A y el valor es de similar magnitud al registrado para la estación B de la transecta 1. A mayores distancias, los niveles de cobre decrecen en los sedimentos de las estaciones B y C, aunque se insinúa nuevamente un ligero aumento a 140 m de distancia de la estación A (Tabla 2.52 y Figura 2.49).

Tabla 2.52. Cobre total (ppm) en sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 5,6         | 8,1         |
| B        | 8,2         | 5,9         |
| C        | 4,9         | 5,6         |
| D        | 4,9         | 5,8         |

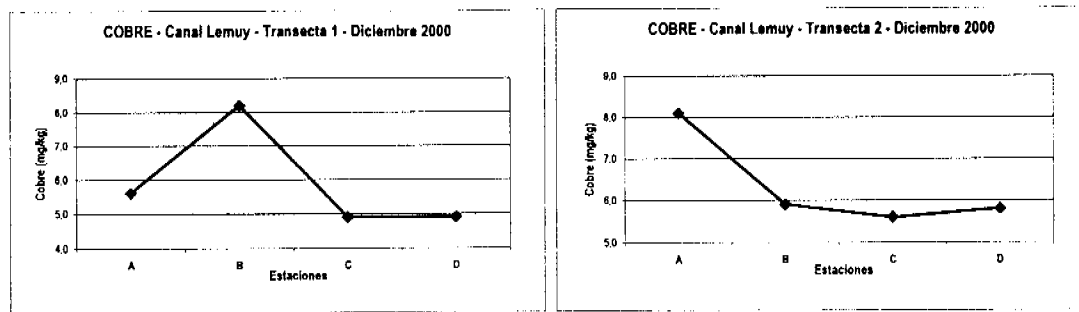


Figura 2.49. Representación gráfica de los valores de cobre registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

### Sulfuros

Los contenidos de sulfuro en los sedimentos escapan en cierto modo a la tendencia observada para los parámetros anteriores. Si bien se observan diferencias de magnitud en los contenidos de ambas réplicas, las curvas de distribución son similares.

Para la transecta 1, aunque se observa una leve disminución del contenido de sulfuro en la estación B la mayor concentración de este parámetro se constata en la estación C, luego de lo cual los niveles disminuyen. En el otro sector (transecta 2), el mayor poder reductor de los sedimentos se revela en los sedimentos de la estación B, según se desprende del mayor contenido de sulfuros en este punto (Tabla 2.53 y Figura 2.50).

Tabla 2.53. Sulfuros (ppm) en sedimentos Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000. Laboratorio 2

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 0,28        | 0,11        |
| B        | 0,10        | 0,21        |
| C        | 1,99        | 0,15        |
| D        | 0,24        | 0,02        |



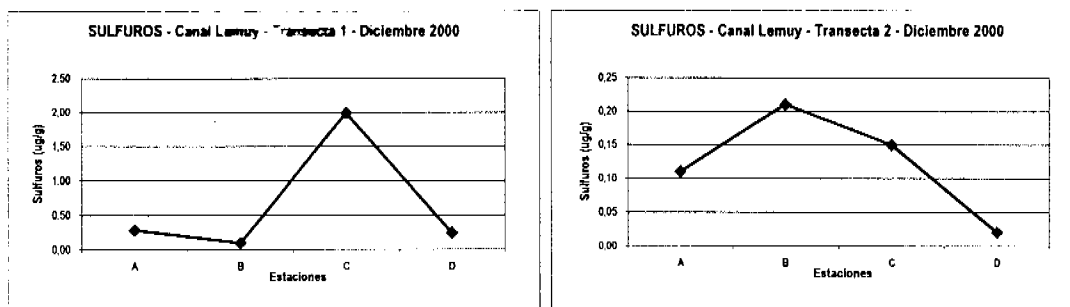


Figura 2.50. Representación gráfica de los valores de sulfuros registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

### Antibióticos

En ninguna de las muestras analizadas se detectó la presencia cuantificable de los antibióticos seleccionados. Para todos los casos analizados, los niveles de flumequina, oxitetraciclina y ácido oxolínico estuvieron bajo sus respectivos límite de detección.

### Macroinfauna sublitoral

#### Número de especies

En ambas transectas se observa la misma tendencia en la distribución de la composición específica con respecto al grado de proximidad del centro de cultivo. A una distancia de 40 m de las instalaciones se aprecia una disminución del número de especies: de 19 a 16 para la transecta 1, y de 18 a 14 para la transecta 2. Desde la estación B hasta los 140 m de distancia, el número de especies experimenta una recuperación tendiendo a mantenerse constante en el último segmento de la transecta (Tabla 2.54 y Figura 2.51).

Tabla 2.54. Número de especies en la macroinfauna sublitoral del Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000

| Estación | T1 Réplica 1 | T1 Réplica 2 | T1 Réplica 3 | T2 Réplica 1 | T2 Réplica 2 | T2 Réplica 3 |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| A        | 12           | 14           | 15           | 16           | 10           | 9            |
| B        | 4            | 10           | 12           | 10           | 9            | 9            |
| C        | 13           | 17           | 11           | 16           | 14           | 13           |
| D        | 15           | 9            | 13           | 13           | 14           | 14           |

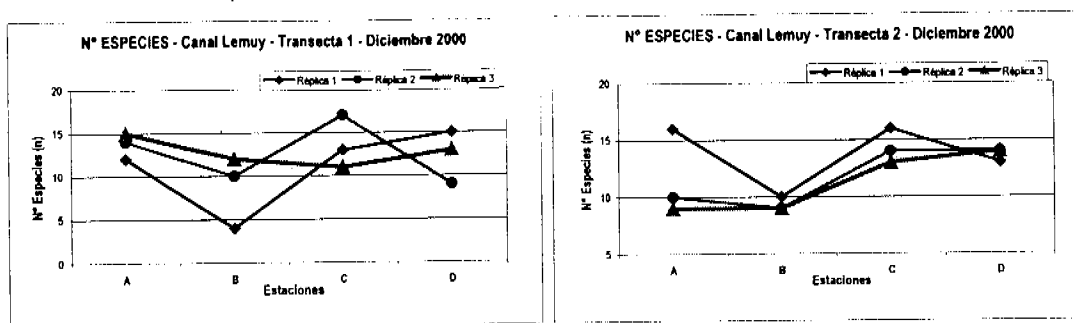


Figura 2.51. Representación gráfica del número de especies en la macrofauna sublitoral de las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

### Número de individuos

Para la transecta 1 se repite el patrón descrito en la riqueza de especies. Luego de registrarse una alta abundancia de ejemplares en la estación A (562 individuos), debido principalmente a la ocurrencia de dos especies: *Linucula pisum* (pequeño bivalvo) y de *Rutiderma* sp. 1 (ostrácodo), la composición específica disminuye a un total de 85 individuos en la estación B. En este segundo punto, también se produce un cambio de las especies dominantes, ocupando la primera posición *Pagurus gaudichaudi* (crustáceo de hábitos carroñeros). En las estaciones C y D el número de individuos se mantiene sobre el centenar (Tabla 2.55 y Figura 2.52).

En la transecta 2 se aprecia una situación distinta, ya que la mayor abundancia de ejemplares se presenta en la estación B. Esta situación significa que dentro de los primeros 40 m de la transecta se produjo un aumento del número de individuos de la macrofauna. El alza de la abundancia en este punto estuvo condicionada por dos especies: ejemplares juveniles de *Eurhomalea rufa* (bivalvo) y adultos de *Nassarius gayi*. Desde los 70 m y hasta los 140 m de distancia los valores de abundancia numérica tienden a aumentar.

Tabla 2.55. Número de individuos en la macrofauna sublitoral del Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000

| Estación | T1 Réplica 1 | T1 Réplica 2 | T1 Réplica 3 | T2 Réplica 1 | T2 Réplica 2 | T2 Réplica 3 |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| A        | 178          | 189          | 195          | 50           | 61           | 23           |
| B        | 18           | 47           | 20           | 240          | 216          | 175          |
| C        | 53           | 79           | 28           | 39           | 34           | 60           |
| D        | 72           | 14           | 17           | 71           | 45           | 75           |

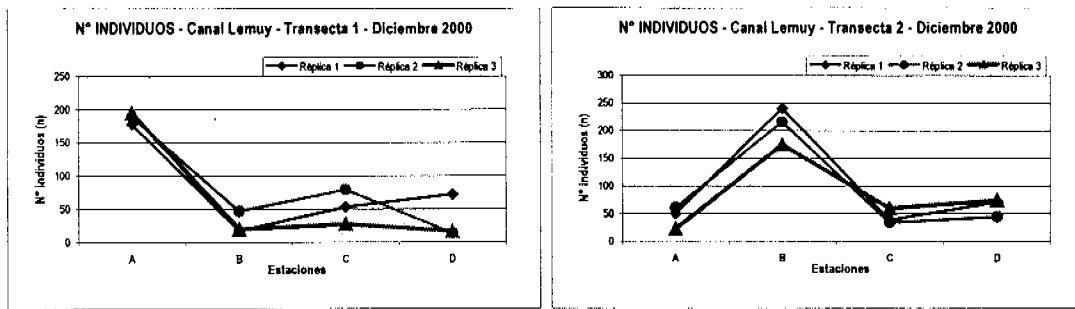


Figura 2.52. Representación gráfica del número de individuos en la macrofauna sublitoral de las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

### Biomasa húmeda

El patrón de distribución de los valores de biomasa en la transecta 1 fue similar al descrito para el número de individuos, registrándose un alto biomasa en la estación A para luego disminuir a mayor distancia (estación B) (Tabla 2.56 y Figura 2.53). Los mayores aportes en biomasa de la macrofauna en la estación B fueron dados por *Nassarius gayi* y Spionidae sp. 1 (poliqueto). A distancias mayores se observa una mayor variabilidad en este parámetro. Para la transecta 2, la biomasa más alta se registró en la estación B por efecto de las mismas especies que presentaron las abundancias numéricas más altas (*N. gayi* y *E. rufa*). En la última estación de esta transecta se aprecia un ligero aumento de este parámetro debido al aporte de los ejemplares de *P. gaudichaudi*.

Tabla 2.56. Biomasa húmeda en la macrofauna sublitoral del Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000

| Estación | T1 Réplica 1 | T1 Réplica 2 | T1 Réplica 3 | T2 Réplica 1 | T2 Réplica 2 | T2 Réplica 3 |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| A        | 3,842        | 5,301        | 3,672        | 1,301        | 1,841        | 1,550        |
| B        | 0,471        | 2,362        | 0,693        | 21,041       | 15,930       | 11,340       |
| C        | 3,093        | 5,194        | 1,813        | 4,444        | 0,892        | 3,170        |
| D        | 2,562        | 1,701        | 0,257        | 5,984        | 2,774        | 6,040        |

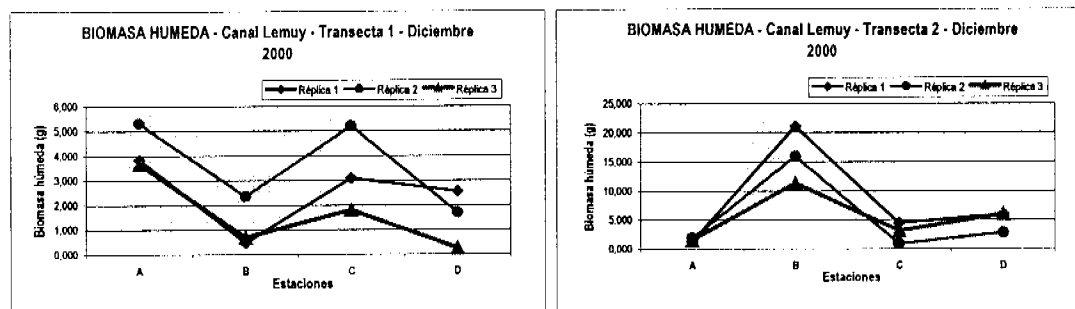


Figura 2.53. Representación gráfica de la biomasa húmeda en la macrofauna sublitoral de las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

### Diversidad específica y uniformidad

La diversidad específica muestra una distribución similar de valores a lo largo de ambas transectas. En los dos casos se produce una disminución de este parámetro a los 40 m de distancia de las instalaciones de cultivo, para luego registrarse un aumento de los valores en la estructura comunitaria de la macroinfauna (Tabla 2.57 y Figura 2.54). Sin embargo, la uniformidad exhibió patrones distintos ya que para la transecta 2 el bajo valor de este parámetro para la macroinfauna de la estación B refleja un predominio de una o más especies en particular (Tabla 2.58 y Figura 2.55). Esta situación refleja claramente la mayor abundancia de *E. rufa* en comparación a las otras especies para esta transecta.

Habiendo analizado la distribución espacial de los valores de los parámetros anteriores por tipo de matriz ambiental, a continuación se señala cuáles entregan información clara sobre su variabilidad con respecto al grado de proximidad de las instalaciones de cultivo en el canal Lemuy.

Tabla 2.57. Diversidad específica (bit/ind) en la macroinfauna sublitoral del Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000

| Estación | T1 Réplica 1 | T1 Réplica 2 | T1 Réplica 3 | T2 Réplica 1 | T2 Réplica 2 | T2 Réplica 3 |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| A        | 1,768        | 1,883        | 1,950        | 2,381        | 1,642        | 1,885        |
| B        | 1,088        | 1,907        | 2,363        | 0,798        | 0,836        | 0,998        |
| C        | 2,064        | 2,180        | 2,057        | 2,353        | 2,469        | 2,049        |
| D        | 2,320        | 2,144        | 2,507        | 1,729        | 2,249        | 1,713        |

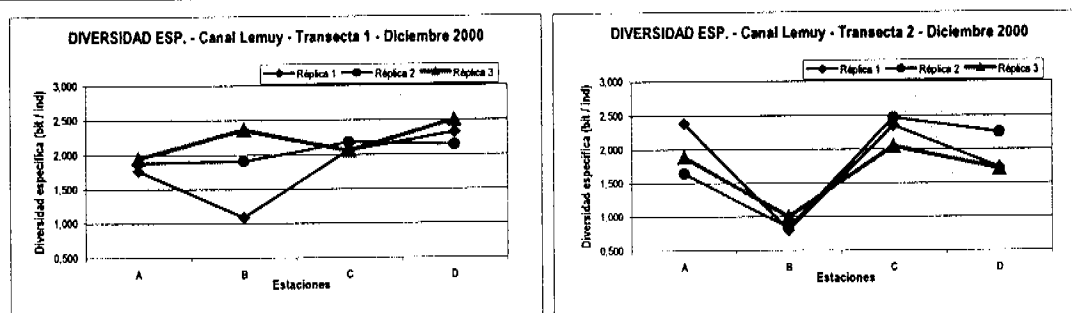
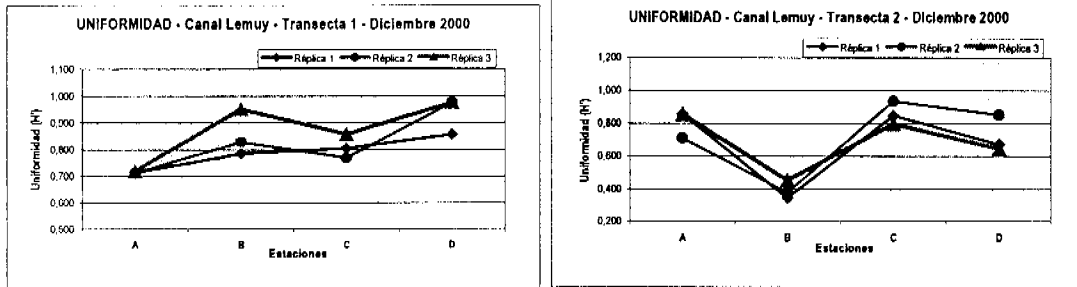


Figura 2.54. Representación gráfica de la diversidad específica en la macroinfauna sublitoral de las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.

**Tabla 2.58. Uniformidad en Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000**

| Estación | T1 Réplica 1 | T1 Réplica 2 | T1 Réplica 3 | T2 Réplica 1 | T2 Réplica 2 | T2 Réplica 3 |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| A        | 0,712        | 0,713        | 0,720        | 0,859        | 0,713        | 0,858        |
| B        | 0,785        | 0,828        | 0,951        | 0,346        | 0,381        | 0,454        |
| C        | 0,805        | 0,769        | 0,858        | 0,849        | 0,935        | 0,799        |
| D        | 0,857        | 0,976        | 0,977        | 0,674        | 0,852        | 0,649        |



**Figura 2.55. Representación gráfica de la uniformidad en la macroinfauna sublitoral de las dos transectas analizadas. Canal Lemuy, Castro. Diciembre 2000.**

### **c. Ribera norte del río Maullín, La Pasada**

#### **Columna de agua**

##### **Temperatura**

En general, la columna de agua presentó una temperatura homogénea en torno a los 12°C, con valores que se distribuyeron entre 11,75°C y 12,68°C. Si bien en el área de estudio la profundidad de los fondos es muy somero (no superior a los 3 m), los perfiles de temperatura evidenciaron un comportamiento distinto de las aguas en cada una de las transectas.

En la transecta M1, la temperatura desciende sólo una décimas de grado en la estación A (0 m), mientras que en las estaciones restantes la disminución térmica sólo es perceptible a nivel de centésima de grado o a una sensibilidad aún mayor (estación D). Aunque los perfiles térmicos en la transecta M2, exhiben un rango de variación similar al descrito para la transecta M1 (a nivel de décimas de grado), la tasa de cambio térmico es más acentuada conforme aumenta la profundidad de los fondos, condición que se aprecia claramente en la columna de agua de las estaciones B y C.

##### **Salinidad y Densidad**

La salinidad varió entre 23,43 psu y 28,82 psu, presentando una densidad superficial mínima de 1.017 kg/m<sup>3</sup> y una densidad máxima de 1.021,83 kg/m<sup>3</sup>. La salinidad presentó un comportamiento diferente al descrito para el área de estudio en el río Tornagaleones (ver más adelante), mostrando una mayor mezcla vertical y exhibiendo isohalinas distribuidas verticalmente con un aporte de aguas de menor salinidad provenientes desde las estaciones C y D de la transecta M2. Bajo estas condiciones, donde la columna de agua es muy somera, la mezcla vertical está dominada fundamentalmente por el viento, mientras que la densidad está determinada principalmente por la salinidad.

Los resultados provenientes de las determinaciones mediante el salinómetro de inducción muestran claramente la influencia de los aportes dulceacuícolas del río Maullín sobre la salinidad cerca de la desembocadura. La transecta 1 que se ubica más próxima a la desembocadura del río presenta valores de salinidad más altos que los registrados para la transecta 2 (Tabla 2.59 y Figura 2.56).

La distribución espacial de los valores refleja la dinámica propia de un ambiente en que se produce el encuentro de aguas dulces y marinas. En la transecta 2, las curvas muestran que las aguas de fondo presentan una mayor salinidad que las superficiales, mientras que en la transecta 1 se aprecia el patrón inverso por la mayor cercanía al mar. Así también, en el sector en donde se ubica la transecta 2 se constata que hacia el centro del río la salinidad superficial disminuye, mientras que en las aguas de fondo ésta tiende a aumentar como consecuencia de la presencia de una cuña de agua de mar.

Tabla 2.59. Valores de salinidad (ups) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |        | Transecta 2 |        |
|----------|-------------|--------|-------------|--------|
|          | Superf.     | Fondo  | Superf.     | Fondo  |
| A        | 28,895      | 28,267 | 25,281      | 26,533 |
| B        | 28,242      | 28,390 | 23,362      | 24,800 |
| C        | 28,227      | 28,379 | 21,989      | 25,249 |
| D        | 30,821      | 28,394 | 21,086      | 28,859 |

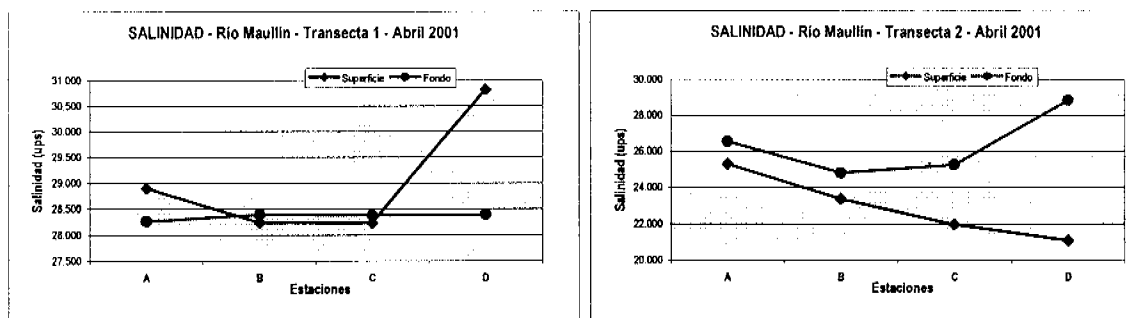


Figura 2.56. Representación gráfica de los valores de salinidad en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

## Transparencia

En cuatro de las ocho estaciones de monitoreo se observó el disco Secchi hasta la profundidad máxima del fondo. Sin embargo, en las estaciones restantes la mayor concentración de partículas suspendidas en la columna de agua impide la visualización del disco a una distancia de un metro del fondo del río.

La distribución espacial de los valores de transparencia, muestra que para la transecta M1 la profundidad de penetración de la luz decrece a medida que aumenta la distancia desde el centro de la parcela; mientras

que, para la transecta M2 la transparencia de la columna de agua es uniforme en todas las estaciones, independientemente de su ubicación a lo largo de la transecta (Tabla 2.60 y Figura 2.57).

Tabla 2.60. Valores de transparencia (m) de la columna de agua del río Maullín, abril 2001.

| Estación | Transecta M1 | Transecta M2 |
|----------|--------------|--------------|
| A        | 2,0          | 2,0          |
| B        | 1,0          | 2,0          |
| C        | 1,0          | 2,0          |
| D        | 1,0          | 2,0          |

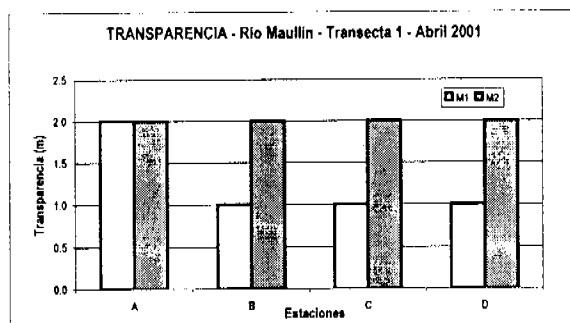


Figura 2.57. Representación gráfica de los valores de transparencia registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

## pH

Los valores de pH están estrechamente asociados con la condición salina de la matriz acuosa. Para la transecta M1 se aprecia un aumento de los valores superficiales de este parámetro en los primeros 40 m de distancia, para luego experimentar una disminución y luego una mantención hacia el centro del río. La distribución de los valores subsuperficiales muestra una tendencia al aumento a medida que las estaciones se internan en el río. Para este último caso, la influencia de las aguas marinas se aprecia claramente debido al aumento del pH que se produce en las últimas estaciones de la transecta (Tabla 2.61 y Figura 2.58).

En ambos estratos de la transecta M2, el pH refleja claramente la influencia de aguas de distintas condiciones de salinidad en este sector del río. En superficie, el aumento de pH en dirección a la estación D se relaciona con la presencia de aguas dulces; mientras que, la disminución de los valores de este parámetro, que se acentúa en el último tramo de la transecta, indica claramente la ocurrencia de una cuña de agua de mar.



Tabla 2.61. Valores de pH en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 8,06        | 8,09  | 8,16        | 8,18  |
| B        | 8,10        | 8,07  | 8,20        | 8,17  |
| C        | 8,07        | 8,10  | 8,20        | 8,18  |
| D        | 8,07        | 8,11  | 8,23        | 8,11  |

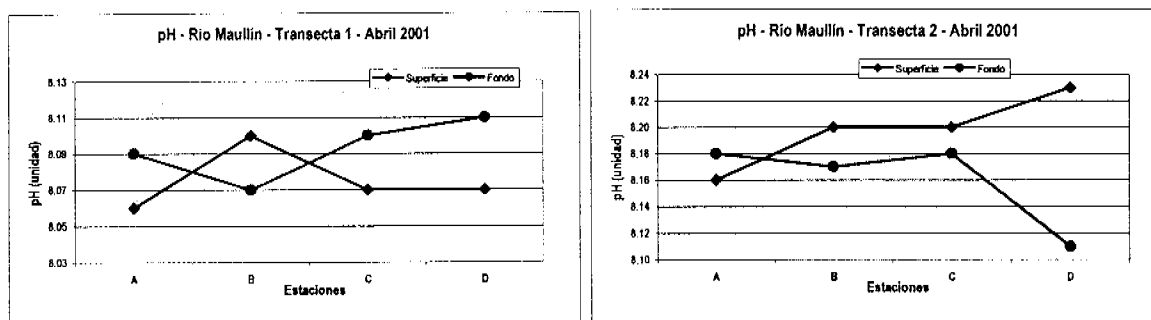


Figura 2.58. Representación gráfica de los valores de pH en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### Oxígeno disuelto

Para la medición de este parámetro se aplicó dos metodologías distintas. El primer set de datos identificados como réplica 1, correspondieron a valores obtenidos *in situ* mediante una sonda multiparamétrica equipada con un sensor de oxígeno disuelto; mientras que, el segundo set de datos (réplica 2) provienen de determinaciones químicas efectuadas en el laboratorio aplicando el método de Winkler a muestras de agua previamente fijadas en terreno.

Dado que el primer set de réplicas presenta valores que muestran una baja consistencia, cuyo origen radicaría en la presencia de interferentes en la matriz acuosa o en las propiedades químicas derivadas de su condición salobre, se analizará los resultados obtenidos de las determinaciones en el laboratorio.

Para ambas transectas se aprecia una mayor oxigenación en las aguas superficiales debido al contacto con la atmósfera. Si bien en la primera estación de la transecta 1 los niveles de oxígeno disuelto en superficie fueron menores que los del estrato profundo, esta condición se revierte en dirección al centro del río Maullín (Tabla 2.62, Figuras 2.59 y 2.60).

Para la transecta 2 se presenta una situación similar, aunque los contenidos de oxígeno disuelto en la primera estación son virtualmente idénticos. Desde esta estación hasta una distancia de 70 m de la parcela de cultivo los niveles de este parámetro se mantienen constantes y similares entre si, tras lo cual se presenta un comportamiento diferencial, en que el contenido superficial aumenta ostensiblemente, mientras que, en el fondo de la columna de agua disminuye la concentración.

Tabla 2.62. Contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.

| Est. | Transecta 1 |       |           |       | Transecta 2 |       |           |       |
|------|-------------|-------|-----------|-------|-------------|-------|-----------|-------|
|      | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       |
|      | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo |
| A    | 7,64        | 7,66  | 6,04      | 6,25  | 7,86        | 8,07  | 6,83      | 6,85  |
| B    | 7,70        | 7,74  | 6,92      | 6,24  | 7,83        | 7,85  | 7,07      | 6,77  |
| C    | 7,50        | 7,67  | 6,16      | 6,10  | 7,85        | 7,86  | 7,18      | 6,87  |
| D    | 7,69        | 7,78  | 6,24      | 6,13  | 8,09        | 7,72  | 9,56      | 5,96  |

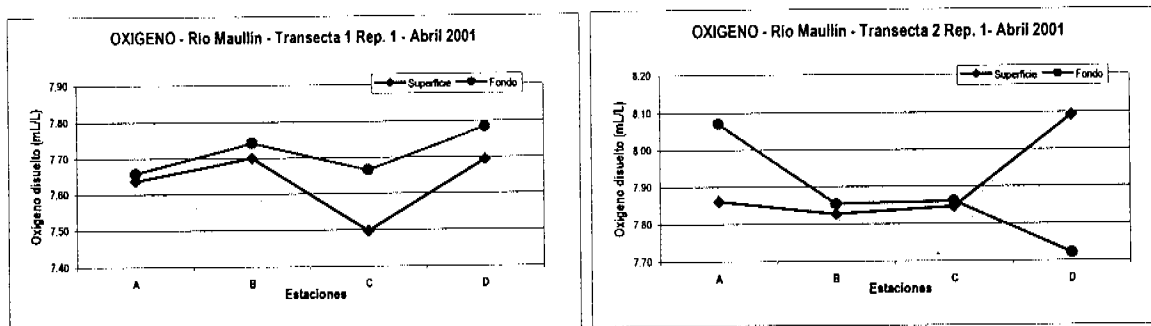


Figura 2.59. Representación gráfica de los valores de oxígeno disuelto en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001. Réplica 1.

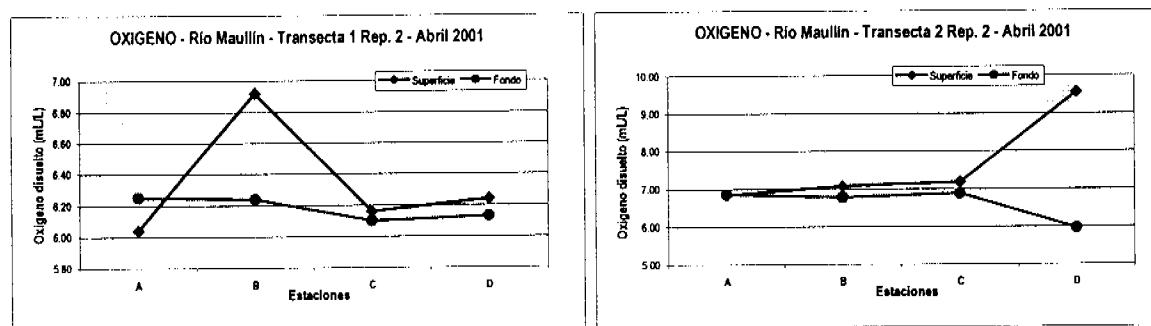


Figura 2.60. Representación gráfica de los valores de oxígeno disuelto en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001. Réplica 2.

### Sólidos suspendidos

En ambas transectas los contenidos de sólidos suspendidos muestran el mismo patrón de distribución espacial, independientemente del estrato de profundidad que se analice. En la superficie de la columna de agua se constata que al interior de la parcela existe una leve alza en nivel de este parámetro, condición que cambia a medida que las estaciones se ubican a mayor distancia del cultivo de *Gracilaria* sp., ya que los niveles tienden a disminuir; este patrón se aprecia con mayor claridad en la distribución de valores de la transecta 2 (Tabla 2.63 y Figura 2.61).

A nivel de estrato de fondo, la distribución espacial que presentan los contenidos de este parámetro en ambas transectas no difiere mayormente. El rasgo más característico de esta curva es el rápido aumento en el nivel de sólidos suspendidos que se produce a una distancia de 70 m de la parcela de cultivo. Esta alza puede estar asociada con una mayor proximidad con el cauce central del río, en donde al ser mayor la velocidad de corriente se generan procesos de resuspensión de sedimentos que aumentan la presencia de material particulado en el agua.

Tabla 2.63. Contenido de sólidos suspendidos (mg/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 8,0         | 2,6   | 6,2         | 4,4   |
| B        | 0,6         | 5,2   | 3,0         | 3,6   |
| C        | 1,2         | 5,4   | 2,2         | 9,4   |
| D        | 2,8         | 38,4  | 1,6         | 34,8  |

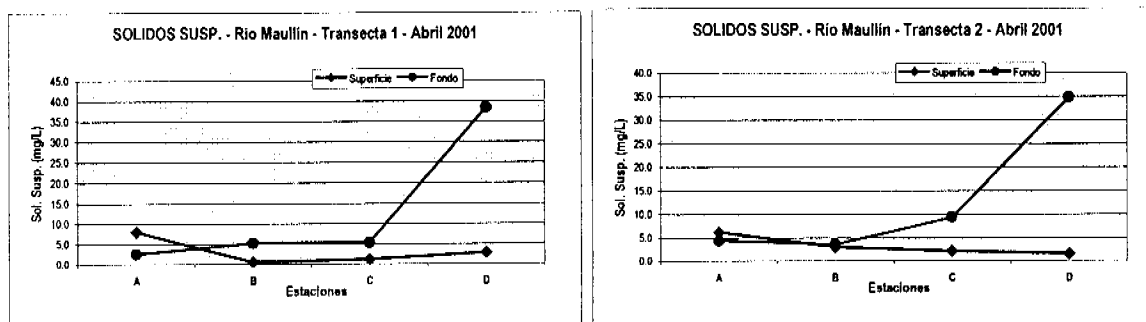


Figura 2.61. Representación gráfica de los valores de sólidos suspendidos en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### Carbono orgánico total (COT)

El comportamiento del COT no muestra un patrón claro que se asocie con la proximidad de las parcelas de cultivo de *Gracilaria sp.*, ya que ni en los dos estratos de una misma transecta o entre transectas distintas se observa algún tipo de concordancia en las tendencias (Tabla 2.64 y Figura 2.62).

En superficie, los niveles de COT en la primera transecta muestran una baja variabilidad con un predominio de contenidos comparativamente menores en las estaciones centrales de la transecta; en cambio, en la transecta 2 los niveles más altos se sitúan precisamente en las estaciones B y C. A nivel de estrato de fondo la tendencia es clara, los valores de COT en la transecta 2 disminuyen en dirección a la estación D; mientras que, en la otra transecta este parámetro evidencia una alta variabilidad de una estación a la siguiente, sin mostrar una tendencia clara que se asocie con la distancia a la parcela de cultivo.

Tabla 2.64. Contenido de carbono orgánico total (mg/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 1,19        | 1,28  | 0,68        | 1,62  |
| B        | 0,94        | 0,34  | 1,70        | 1,36  |
| C        | 0,94        | 2,04  | 1,19        | 1,11  |
| D        | 1,36        | 0,94  | 0,60        | 1,02  |

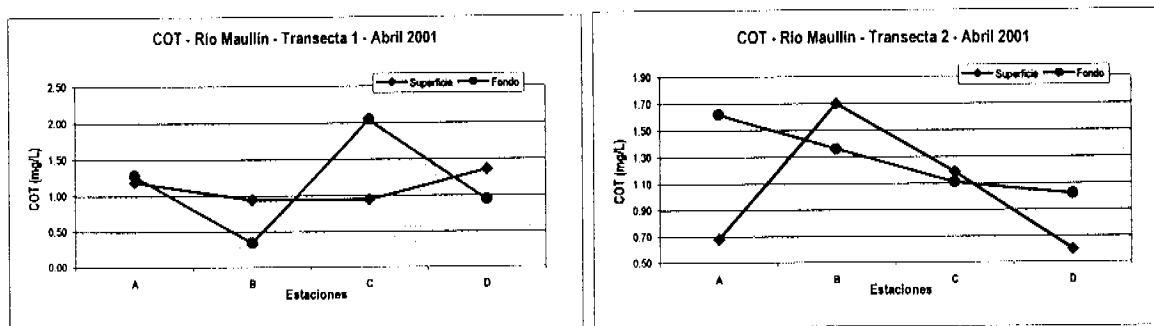


Figura 2.62. Representación gráfica de los valores de COT en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### Fósforo total

En la transecta 1 los contenidos de fósforo fueron altamente variables, mostrando incluso tendencias opuestas en cada una de las estaciones. La ausencia de un patrón diferenciable en estos datos no permite inferir una tendencia que se asocie con el grado de proximidad a la parcela de cultivo ubicada en este sector.

La variabilidad del fósforo en la transecta 2 no es tan acentuada permitiendo revelar tendencias en la distribución espacial de los datos. A nivel de superficie, los contenidos de este parámetro muestran una variabilidad similar a observada para la transecta 1, sin embargo se constata que las fluctuaciones en los niveles de este nutriente entre una estación y la siguiente son de menor magnitud (Tabla 2.65 y Figura 2.63).

Los contenidos subsuperficiales de fósforo dan cuenta de un aumento en los valores a medida que las estaciones se encuentran a mayor distancia de la parcela de cultivo. Esta alza se manifiesta con mayor notoriedad entre los 70 y 140 m de distancia, lo cual podría estar asociado con procesos que aportan fósforo desde la matriz sedimentaria. Tampoco se descarta que las algas al utilizar este nutriente se produzca su disminución en la columna de agua.

Tabla 2.65. Contenido de fósforo total (mg/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 2,4         | 2,0   | 1,2         | 0,7   |
| B        | 1,0         | 2,3   | 1,0         | 1,0   |
| C        | 2,3         | 1,0   | 1,5         | 1,3   |
| D        | 0,9         | 2,7   | 1,1         | 2,0   |

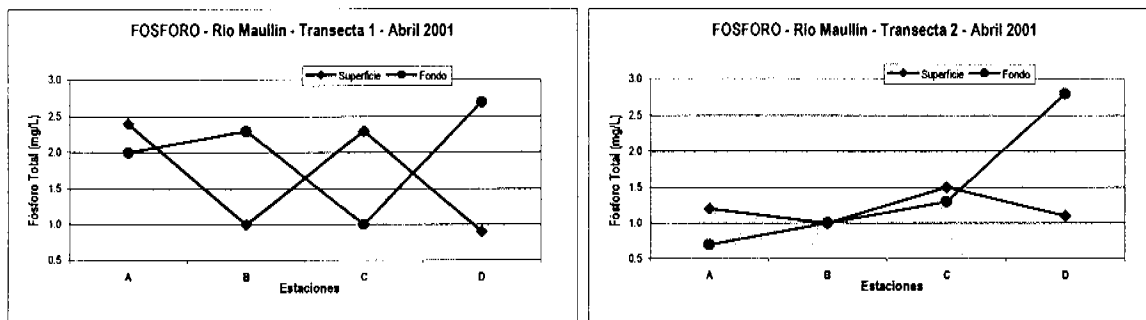


Figura 2.63. Representación gráfica de los valores de fósforo en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### Fosfato

La distribución espacial de los valores de fosfato en las aguas del río Maullín fue similar a la que exhibieron los contenidos de fósforo total que fueron descritos en el acápite anterior. Dada la similitud en las tendencias, las mismas apreciaciones efectuadas para el fósforo total son válidas para este parámetro (Tabla 2.66 y Figura 2.64).

Tabla 2.66. Contenido de fosfato total (mg/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 0,78        | 0,65  | 0,39        | 0,23  |
| B        | 0,33        | 0,75  | 0,34        | 0,33  |
| C        | 0,76        | 0,32  | 0,49        | 0,42  |
| D        | 0,29        | 0,88  | 0,36        | 0,91  |

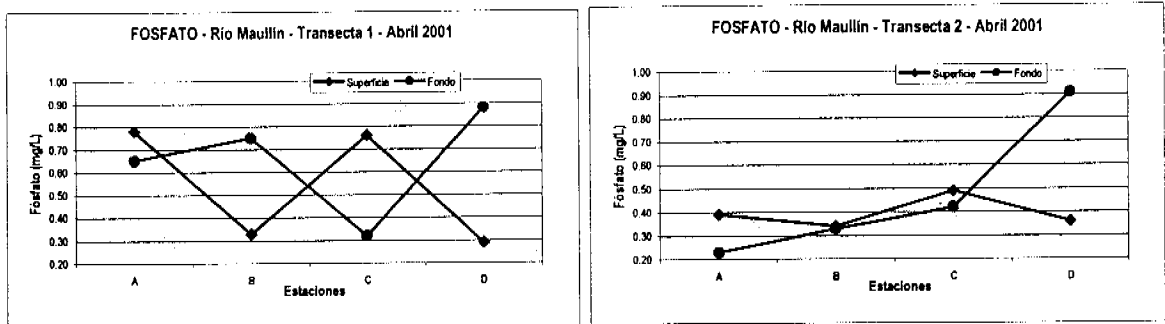


Figura 2.64. Representación gráfica de los valores de fosfato en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### Nitrógeno total

Los niveles de nitrógeno total fueron comparativamente más altos en las aguas cercanas al fondo. Fue también a esta profundidad en donde el patrón de distribución de los valores mostró una mayor claridad en su tendencia. En la transecta 1 los contenidos de nitrógeno tienden a disminuir en dirección al cauce central del río Maullín, aunque es claro que a unos 70 m de distancia de la parcela de cultivo el nivel se eleva hasta alcanzar un máximo. Por otra parte, en la transecta 2 los niveles decrecen paulatinamente, sin alcanzar los valores que se observan en superficie (Tabla 2.67 y Figura 2.65).

En las aguas superficiales del río, los contenidos de nitrógeno total muestran una baja variabilidad, condición que se manifiesta en ambas transectas. Este hecho se puede constatar al observar que los contenidos presentes tanto al inicio de la transecta (estación A) como final de la misma (estación D) no difieren sustancialmente entre si y, además, los valores intermedios no acusan variaciones notables. En tal sentido, sólo los contenidos de nitrógeno determinados para el estrato de fondo de la columna de agua evidencian algún grado de asociación con la cercanía a la parcela de cultivo de *Gracilaria* sp.

Tabla 2.67. Contenido de nitrógeno total (mg/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 0,8         | 2,6   | 0,4         | 1,0   |
| B        | 0,7         | 2,3   | 0,6         | 0,8   |
| C        | 0,9         | 4,1   | 0,5         | 0,7   |
| D        | 0,9         | 1,0   | 0,4         | 0,5   |

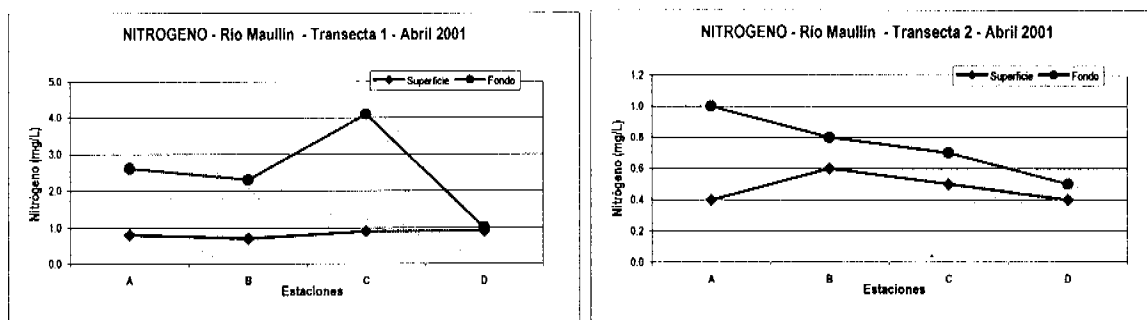


Figura 2.65. Representación gráfica de los valores de nitrógeno en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

## Amonio

Los contenidos subsuperficiales de amonio mostraron una mayor similitud en su distribución espacial, tanto en la transecta 1 como en la transecta 2. Desde la estación A hacia la estación B se produce un descenso en los niveles de este parámetro para remontar a mayor distancia de la parcela de cultivo. Sin embargo en la transecta 2, en el segmento final de la transecta el contenido de este parámetro se mantiene sin variaciones a nivel de la sensibilidad analítica empleada (Tabla 2.68 y Figura 2.66). En las aguas superficiales del río, las tendencias del contenido de amonio no muestran ninguna similitud entre ambas transectas. De hecho, en la transecta 2 la baja variabilidad de los resultados para las tres primeras estaciones se refleja en una situación homogénea que sólo se manifiesta con una leve alza en la última estación.

Tabla 2.68. Contenido de amonio (mg/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 0,4         | 0,5   | 0,2         | 0,3   |
| B        | 0,4         | 0,4   | 0,2         | 0,1   |
| C        | 0,6         | 0,5   | 0,2         | 0,2   |
| D        | 0,3         | 0,6   | 0,3         | 0,2   |

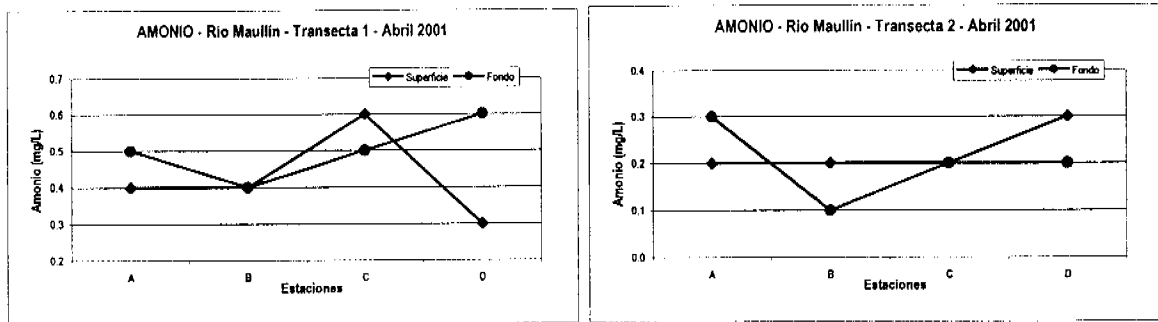


Figura 2.66. Representación gráfica de los valores de amonio en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### Clorofila a

En la transecta 1 los mayores contenidos estuvieron asociados con el estrato de fondo de la columna de agua, siendo claramente más altos en las estaciones ubicadas a 40 y 70 m de distancia de la parcela de cultivo; a mayor distancia el valor de este parámetro disminuye sin alcanzar la magnitud registrada en la estación A. En superficie, la clorofila a muestra un leve descenso desde la estación A hacia la estación B; a mayor distancia los contenidos se mantienen prácticamente sin mayores fluctuaciones (Tabla 2.69 y Figura 2.67).

Si bien en el estrato de fondo de la transecta 2 los contenidos son menores, la clorofila a exhibe una mayor variabilidad a lo largo de esta transecta. Lo más destacable para este caso es un aumento importante que se produce en los valores de este parámetro en la última estación de la transecta, condición que no estaría asociada con la parcela de cultivo de *Gracilaria* sp.. En superficie, los contenidos de clorofila a evidencian un aumento de este parámetro a partir de los 40 m de distancia, situación que probablemente obedezca a la dinámica fluvial más que a un efecto del cultivo de *Gracilaria* sp.



Tabla 2.69. Contenido de clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 4,72        | 1,69  | 1,81        | 1,75  |
| B        | 2,11        | 12,00 | 1,77        | 2,85  |
| C        | 2,61        | 14,40 | 2,63        | 1,07  |
| D        | 1,69        | 3,96  | 3,67        | 5,38  |

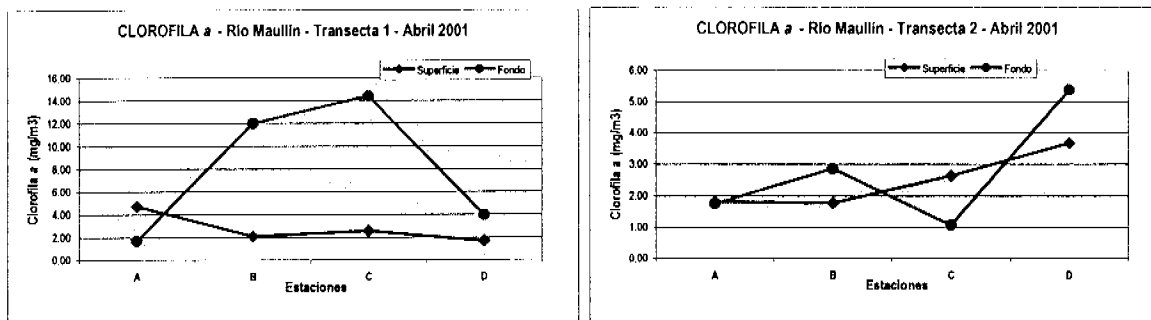


Figura 2.67. Representación gráfica de los valores de clorofila "a" en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### Cobre total

Los niveles de cobre en ambos estratos de profundidad mostraron fluctuaron dentro de un estrecho rango de variación. La distribución de valores observada para la primera transecta puede ser explicada por variaciones naturales en los contenidos presentes en la matriz acuosa.

Para la transecta 2, el hecho más significativo se relaciona con el patrón que se hace evidente para el estrato de fondo. A este nivel, los contenidos de cobre son comparativamente mayores a 0 m y a 140 m de distancia (Tabla 2.70 y Figura 2.68). En la parcela de cultivo de *Gracilaria* sp., también el nivel de cobre superficial fue levemente más alto. En ambos casos (superficial y fondo) los mayores valores de este parámetro pueden estar influenciados por la presencia de viviendas asentadas en la ribera; mientras que, en la estación D el alza obedece a la condición propia de este río que trae aguas procedentes desde el lago Llanquihue.

Tabla 2.70. Contenido de cobre total (ug/L) en la columna de agua del río Maullín, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 1,5         | 1,0   | 1,9         | 2,6   |
| B        | 1,8         | 2,4   | 0,8         | 0,8   |
| C        | 0,7         | 1,7   | 1,4         | 1,2   |
| D        | 1,7         | 1,0   | 1,1         | 3,3   |

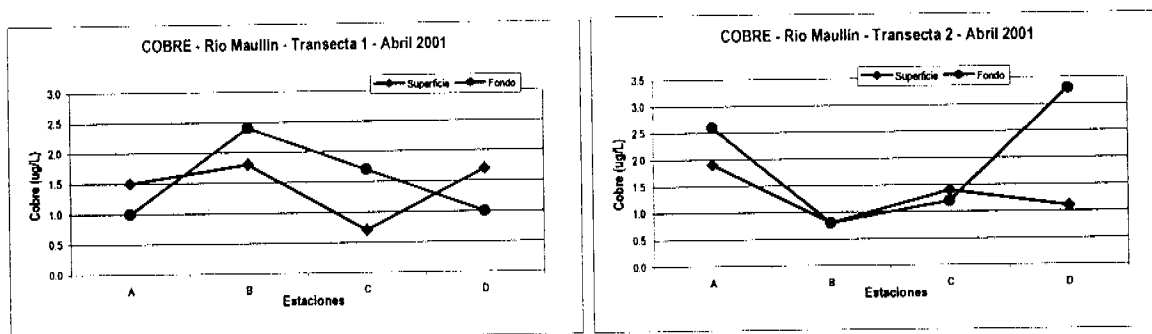


Figura 2.68. Representación gráfica de los valores de cobre en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### Sedimentos sublitorales

#### Granulometría

En la transecta 1 predominaron las arenas finas en los fondos sedimentarios, sólo en la estación B la composición granulométrica difiere debido al aumento del tamaño medio del grano, lo que le confiere a estos sedimentos la categoría de arenas medianas. De la tendencia gráfica observada (Tabla 2.71 y Figura 2.69), se aprecia que hacia el sector medio del río el diámetro medio de estas arenas finas tiende a disminuir (*i.e.* aumento de la unidad phi). Para todas las estaciones de esta transecta los granos presentaron una clasificación moderada (Figura 2.70); con un grado de asimetría que fluctuó desde arenas simétricas a otras con altos exceso de finos (Figura 2.71).

En la segunda transecta se aprecia una mayor heterogeneidad en la composición granulométrica de estos fondos. El tamaño medio de los granos indica la ocurrencia de arenas muy finas, arenas medianas y arenas medianas. La distribución espacial de los sedimentos muestra que en el sector central de la transecta se concentran mayoritariamente los sedimentos más finos, mientras que a 0 m y a 140 m de

distancia de la parcela de cultivo predominan fracciones más gruesas. En este sector del lecho del río los sedimentos muestran una clasificación moderada, excepto para las arenas muy finas, y distribuciones de partículas simétricas y con moderado exceso de finos.

Tabla 2.71. Valores de los parámetros granulométricos para los sedimentos superficiales sublitorales de ambas transectas. Río Maullín, abril 2001.

| Estación | Transecta 1   |           |           | Transecta 2   |           |           |
|----------|---------------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|
|          | Prom. gráfico | Selección | Asimetría | Prom. gráfico | Selección | Asimetría |
| A        | 2,040         | 0,748     | 0,308     | 1,587         | 0,588     | 0,133     |
| B        | 1,820         | 0,551     | 0,003     | 2,733         | 0,583     | -0,060    |
| C        | 2,837         | 0,670     | 0,163     | 3,020         | 0,484     | 0,059     |
| D        | 2,777         | 0,626     | 0,132     | 1,793         | 0,547     | 0,115     |

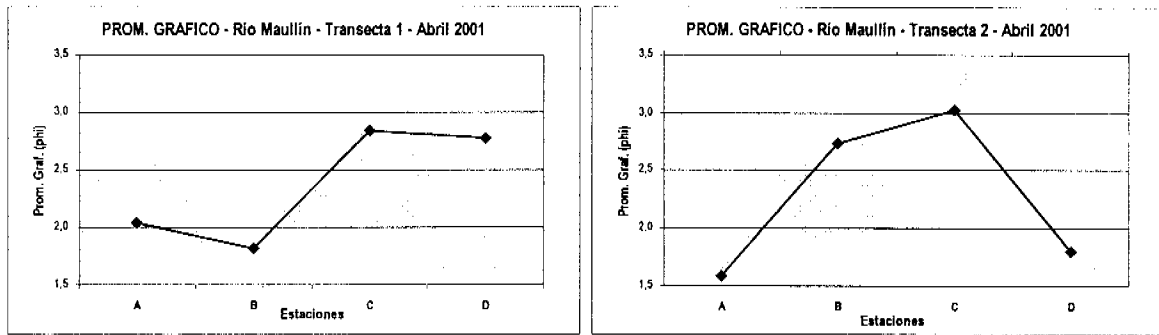


Figura 2.69. Representación gráfica del promedio gráfico registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

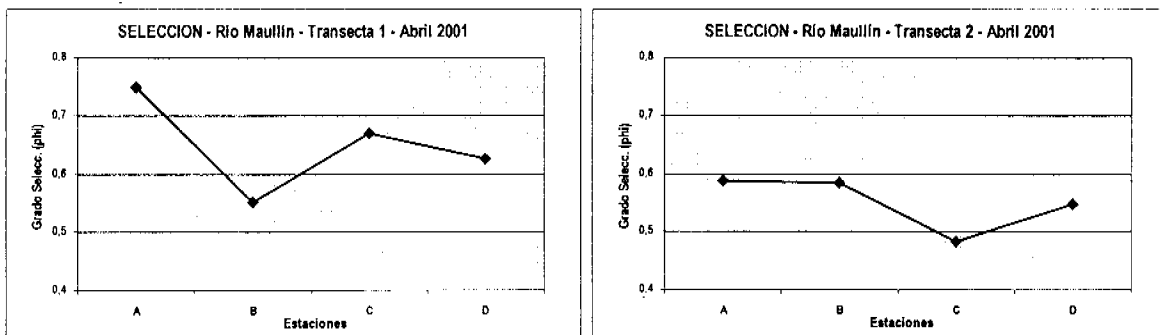


Figura 2.70. Representación gráfica del grado de selección registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

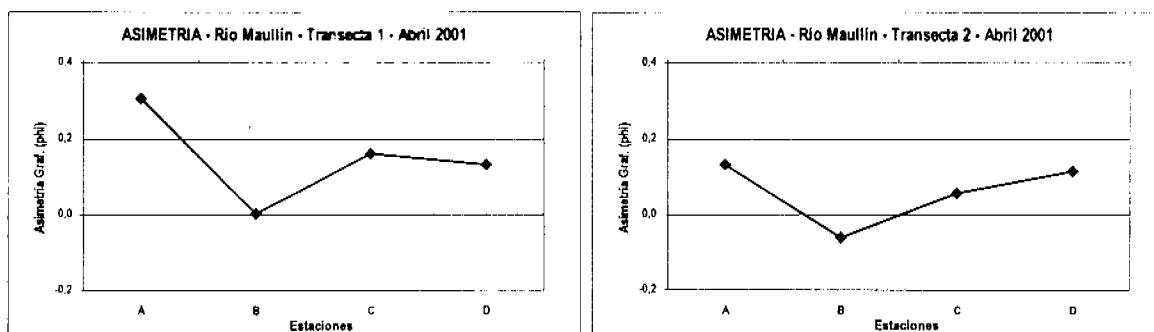


Figura 2.71. Representación gráfica de la asimetría registrada en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### COT

La distribución del COT arroja tendencias opuestas al comparar ambas transectas. En la transecta 1, los valores de este parámetro muestra una disminución desde el centro de la parcela hacia el centro del río, con la salvedad de un alza que se registra a los 70 m de distancia la cual no supera el contenido registrado a 0 m de distancia. Si bien en la transecta 2 los contenidos de COT son comparativamente menores, se observa un aumento de los niveles de este parámetro a medida que aumenta la distancia desde la parcela de cultivo (Tabla 2.72 y Figura 2.72).

Es probable que la distribución en manchones (agrupada) de las frondas de *Gracilaria* sobre el sedimento, tenga influencia sobre los niveles de COT detectados en estos fondos y explique los patrones de distribución descritos para cada una de las transectas.

Tabla 2.72. Contenido de COT (%) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 0,88        | 0,21        |
| B        | 0,67        | 0,25        |
| C        | 0,83        | 0,43        |
| D        | 0,57        | 0,41        |

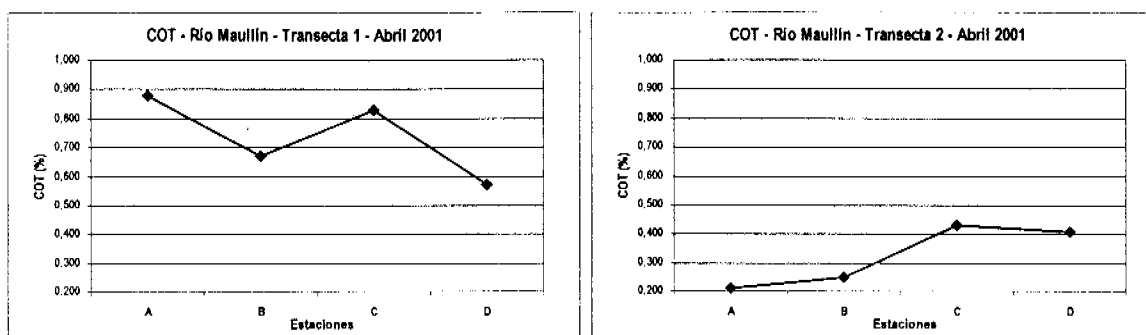


Figura 2.72. Representación gráfica de los valores de COT registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### Fósforo total

Los contenidos de fósforo en los sedimentos de la transecta 1 muestran una menor variabilidad que los observados para la transecta 2. Aunque para la primera transecta se detectan leves fluctuaciones desde los 0 m a los 140 m de distancia, en general la distribución de valores no evidencia una tendencia de aumento o disminución con respecto a la distancia de la parcela de cultivo.

Para la transecta 2, los niveles de fósforo total disminuyen desde los 0 m los 70 m de distancia del cultivo de *Gracilaria*, desde este punto hacia el final de la transecta los niveles experimentan un alza alcanzando un valor superior al registrado para la estación A (Tabla 2.73 y Figura 2.73).

Tabla 2.73. Contenido de fósforo total ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín, Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 178,5       | 134,4       |
| B        | 188,8       | 98,5        |
| C        | 158,6       | 65,2        |
| D        | 192,7       | 203,2       |

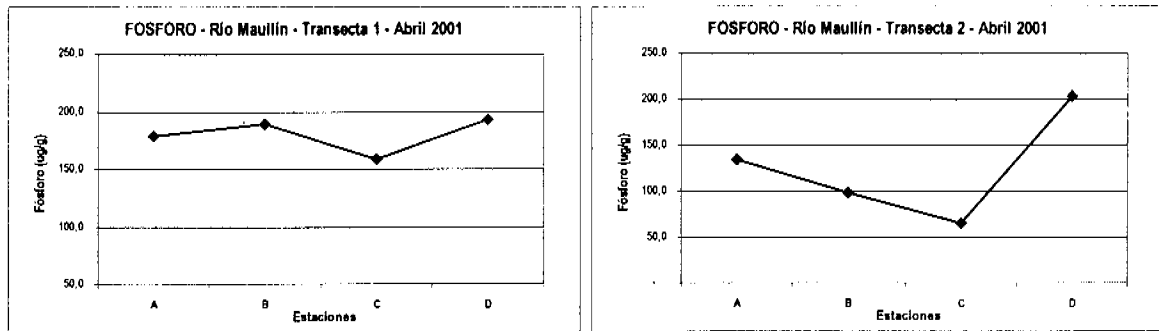


Figura 2.73. Representación gráfica de los valores de fósforo registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### Nitrógeno total

La distribución espacial de los contenidos de nitrógeno total presenta patrones distintos para cada una de las transectas. Mientras en los sedimentos de la transecta 1 los valores de este parámetro son mayores y tienden a mantenerse dentro de un estrecho rango de variación, en los fondos sedimentarios de la otra transecta los niveles muestran un aumento de los contenidos desde las estación A hacia la estación D.

En la transecta 1 la mayor variabilidad se aprecia en la estaciones centrales de la transecta (B y C), sin embargo la diferencia en los contenidos de nitrógeno total entre la primera y última estaciones es pequeña como para considerar una baja significativa entre ambos puntos de la transecta. En la segunda transecta, las mayores diferencias de contenido se reflejan precisamente entre la estación A y la estación D, ya que en las estaciones intermedias B y C los niveles son más bajos, aunque es precisamente a esta distancia de la parcela de cultivo donde comienza a insinuarse el aumento en los niveles de este parámetro (Tabla 2.74 y Figura 2.74).

Tabla 2.74. Contenido de nitrógeno total (µg/g) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín, Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 109,2       | 69,0        |
| B        | 114,3       | 49,8        |
| C        | 99,2        | 55,3        |
| D        | 105,1       | 103,5       |

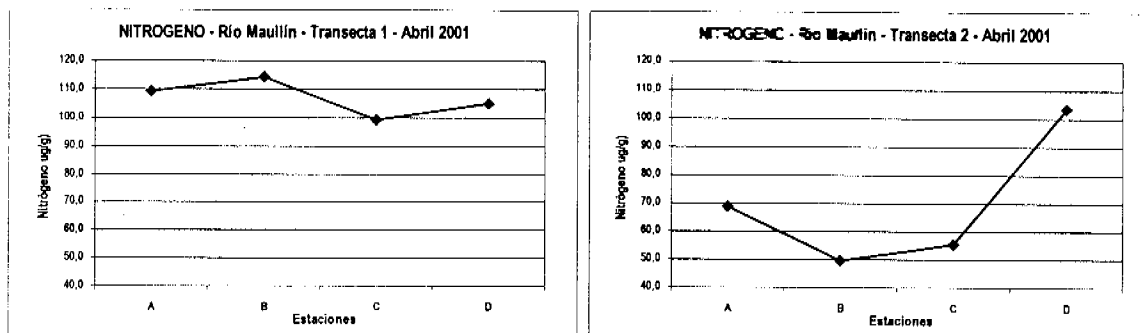


Figura 2.74. Representación gráfica de los valores de nitrógeno registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### Cobre total

En los sedimentos de la transecta 1 se observa claramente una tendencia creciente de los contenidos de cobre que se asocia con la mayor distancia a la parcela de cultivo. Si bien la diferencia en los contenidos es leve, en los primeros 70 m de distancia la curva adquiere la mayor pendiente para luego estabilizarse a 140 m de distancia de la parcela de cultivo. De este modo, los mayores contenidos de cobre en los sedimentos no se encuentran asociados con el cultivo sino más bien con otros factores que podrían estar dependiendo de la influencia de las descargas de la ciudad de Maullín o con el arrastre de sedimentos proveniente río arriba.

En la transecta 2 no se apreció una tendencia clara en la distribución de los contenidos, más bien los valores mostraron una mayor variabilidad en las estaciones intermedias, ya que los contenidos en ambos extremos de la transecta (a 0 m y a 140 m de distancia) prácticamente fueron similares (Tabla 2.74 y Figura 2.75).

Tabla 2.75. Contenido de cobre (mg/Kg) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín, Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 3,1         | 2,7         |
| B        | 3,4         | 2,4         |
| C        | 3,6         | 3,1         |
| D        | 3,6         | 2,7         |

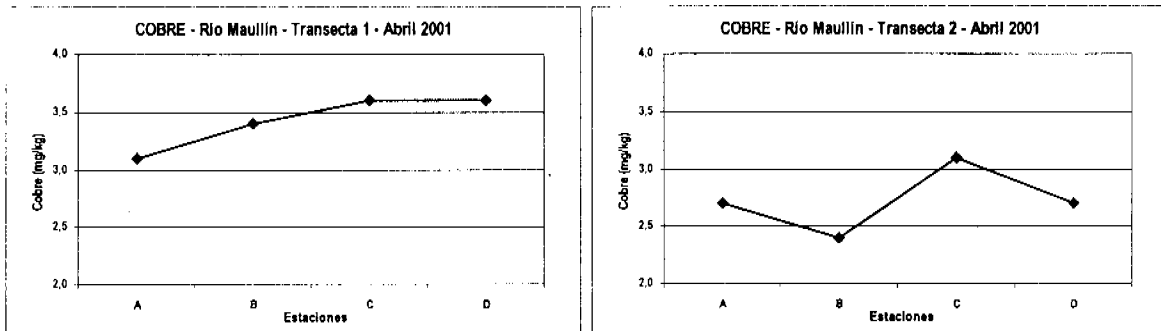


Figura 2.75. Representación gráfica de los valores de cobre registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### Sulfuros

La contenidos de sulfuros muestra condiciones ambientales categóricamente distintas entre ambos sectores de muestreo. Para la transecta 1, se aprecia un aumento en los contenidos de sulfuros desde la estación A hacia la estación C, no obstante los altos valores de este parámetro que se registran desde los 40 m a los 70 m de distancia en la transecta evidencian el predominio de importantes procesos reductores en este tramo. Las condiciones se normalizan a los 140 m de distancia de la parcela de cultivo (Tabla 2.76 y Figura 2.76).

Para la transecta 2 se aprecia una situación distinta, ya que las condiciones reductores se presentan justamente en la estación más cercana y la más distante de la parcela de *Gracilaria*. Sin embargo, cabe señalar que la magnitud de los valores es mucho menor que la registrada para la transecta 1. Es posible que el alza de sulfuros que se presenta a 0 m de distancia del cultivo, esté asociada con procesos de descomposición anaeróbicos de frondas de *Gracilaria* en el fondo sedimentario. A mayores distancias (140 m), no se descarta que también los niveles de sulfuros en los sedimentos se vean influenciados por este mismo tipo de procesos debido al arrastre de frondas hacia estos sectores del río.

Tabla 2.76. Contenido de sulfuros ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín, Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 0,75        | 0,81        |
| B        | 5,60        | 0,30        |
| C        | 12,79       | 0,50        |
| D        | 0,36        | 0,91        |



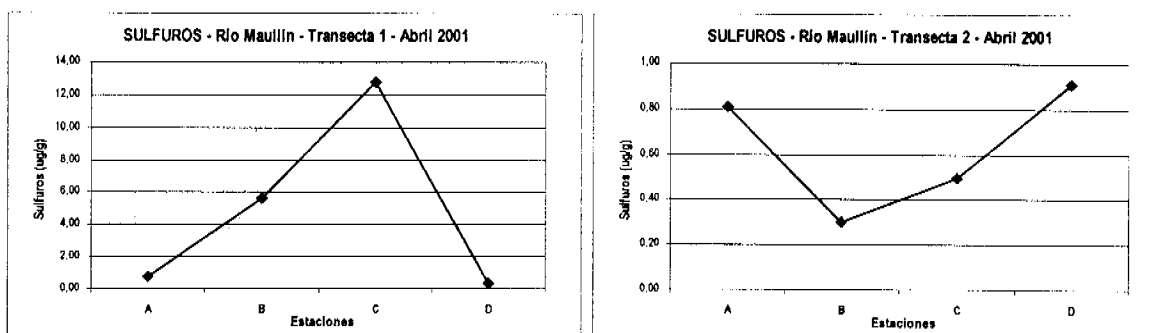


Figura 2.76. Representación gráfica de los valores de sulfuros registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### *Vibrio* spp.

Los análisis cualitativos de la presencia de *Vibrio* spp. en los sedimentos arrojaron la ocurrencia de este tipo de microorganismos en 7 de las ocho estaciones de muestreo establecidas en el río Maullín. Sólo en la estación A de la transecta 2 los análisis microbiológicos no arrojaron la presencia de *Vibrio* spp. en la muestra analizada.

Tabla 2.77. Ocurrencia de *Vibrio* spp. en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín, Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | -           | +           |
| B        | +           | +           |
| C        | +           | +           |
| D        | +           | +           |

(+) Presencia (-) Ausencia

### Macroinfauna sublitoral

#### Número de especies

En ambas transectas se observa una baja composición específica, que no supera las 6 especies para alguna de las estaciones. La distribución a lo largo de las transecta, evidencia un aumento en la riqueza específica desde los 0 m a los 40 m de distancia; este aumento se aprecia en ambas transectas, aunque a mayores distancias la composición específica no muestra mayores variaciones (Tabla 2.78 y Figura 2.77). En todo caso, el menor número de especies siempre se observó en la primera estación de la transecta,

situación que podría estar asociada con la presencia de *Gracilaria* que al colonizar estos fondos, impediría la colonización por parte de poblaciones de la macroinfauna.

Tabla 2.78. Número de especies de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín. Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 3           | 2           |
| B        | 6           | 5           |
| C        | 5           | 3           |
| D        | 6           | 3           |

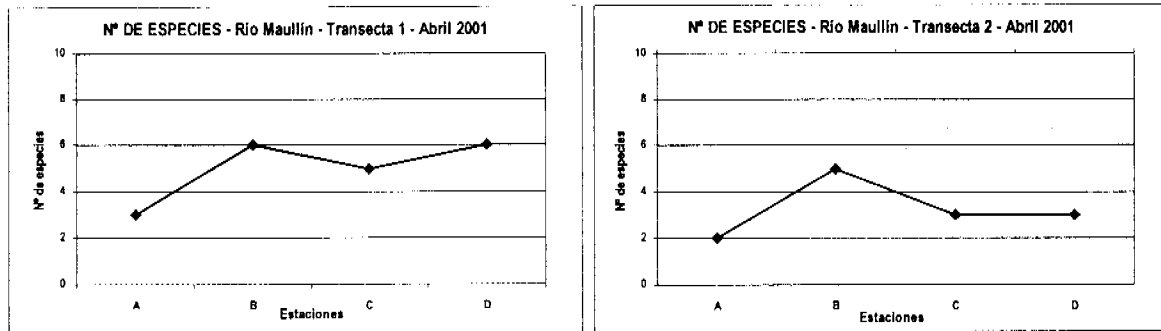


Figura 2.77. Representación gráfica del número de especies registradas en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

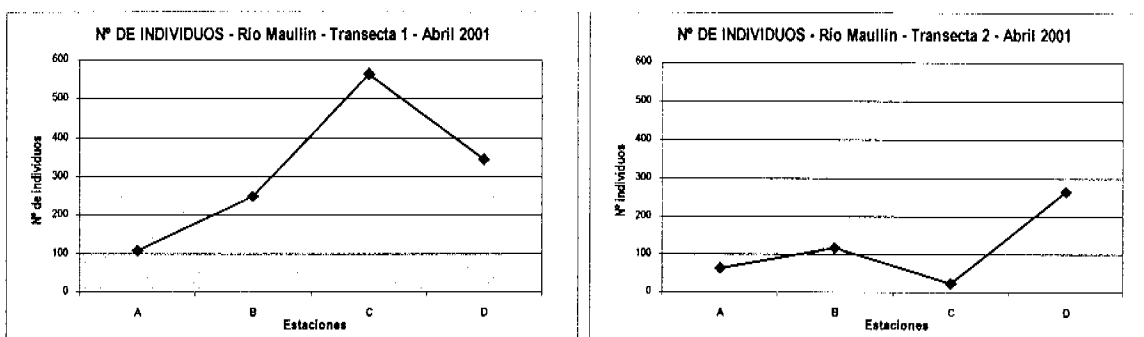
### Número de individuos

En la transecta 1, la abundancia numérica es mayor que en la mayoría de las estaciones de la segunda transecta. Además, en la primera transecta el número de individuos aumenta hasta una distancia de 70 m de la parcela de cultivo y luego la abundancia disminuye. Por otra parte, en la transecta 2, las variaciones en la cantidad de ejemplares son menos conspicuas y sólo a partir de los 70 m de distancia del cultivo el número de individuos aumenta en forma considerable (Tabla 2.79 y Figura 2.78).

La especie más abundante en ambas transectas es el isópodo *Idothea* sp. (84%), seguido por un representante de la familia Spionidae (10%), el resto de las especies presentan una baja representatividad en estos fondos sedimentarios.

**Tabla 2.79. Número de individuos de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín. Abril 2001.**

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 107         | 63          |
| B        | 250         | 117         |
| C        | 563         | 22          |
| D        | 344         | 266         |



**Figura 2.78. Representación gráfica del número de individuos registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.**

### Biomasa húmeda

En la biomasa total también se observa una diferencia entre ambas transectas, aunque ésta se debe principalmente a la presencia de dos ejemplares del crustáceo *Cancer edwardsi*. Si no se considera el aporte en peso de estos ejemplares para la macroinfaunas de la transecta 1, las biomazas en ambas transectas serían bajas y relativamente constantes en todas las estaciones (Tabla 2.80 y Figura 2.79).

Excluyendo el aporte de *C. edwardsi*, la estación C de la transecta 1 presenta la macroinfauna con mayor biomasa; esta estación también presenta la mayor cantidad de individuos. Lo mismo ocurre con la estación C de la transecta 2, cuya macroinfauna cuenta con el menor número de individuos y con menor biomasa. Debido a su abundancia el isópodo *Idothea* sp. es la segunda especie con mayor aporte en biomasa.

**Tabla 2.80. Biomasa en peso húmedo (g) de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín. Abril 2001.**

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 0,092       | 0,031       |
| B        | 3,072       | 0,363       |
| C        | 0,693       | 0,007       |
| D        | 0,691       | 0,412       |

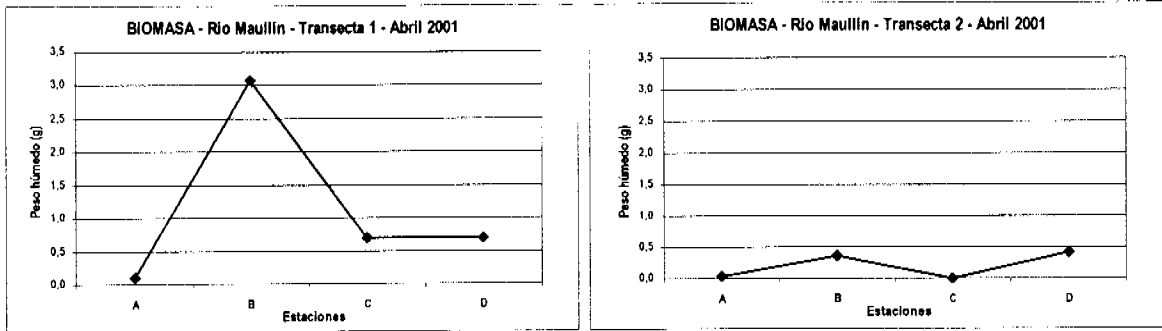


Figura 2.79. Representación gráfica de los valores de biomasa registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

### Diversidad específica y uniformidad

Tanto la diversidad específica como la uniformidad se observan constantes en ambas transectas. Independientemente de la variabilidad de la diversidad, los valores de este parámetro fueron bajos en ambas transectas. Con respecto al patrón de distribución espacial, en la transecta 1 la diversidad aumenta a medida que las estaciones se alejan de la pradera de *Gracilaria* sp. Mientras que, en la transecta 2 el valor más alto se encuentra a 40 m de la pradera y luego disminuye a medida que aumenta la distancia (Tabla 2.81 y Figura 2.80). En el caso de la uniformidad, el patrón es similar al descrito anteriormente, pero menos pronunciado, sus valores giran en torno al 0,4 (Tabla 2.82 y Figura 2.81).

Tabla 2.81. Diversidad (bit/ind) de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín. Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 0,383       | 0,277       |
| B        | 0,522       | 0,663       |
| C        | 0,487       | 0,600       |
| D        | 0,756       | 0,363       |

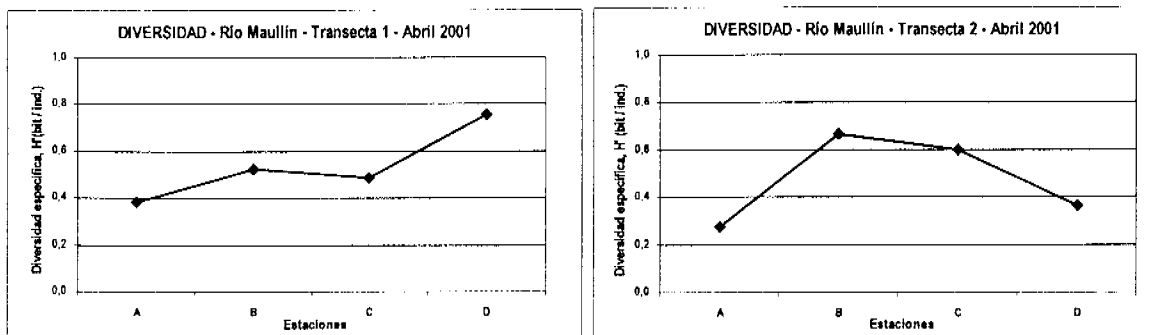
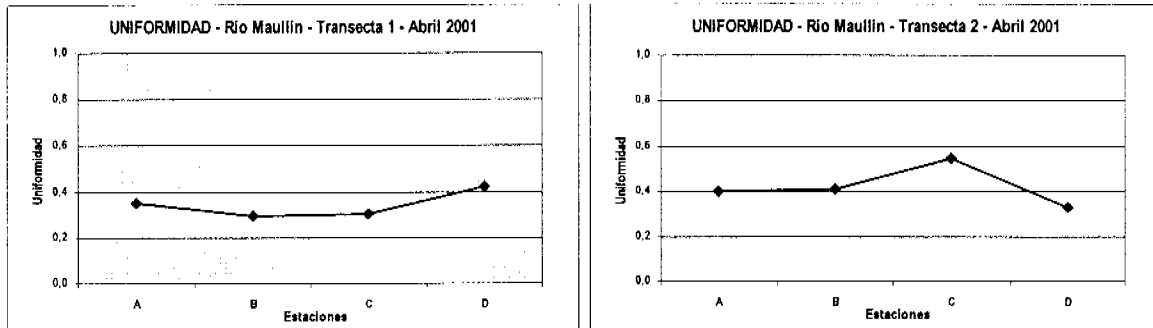


Figura 2.80. Representación gráfica de los valores de diversidad registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.

**Tabla 2.82. Uniformidad de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Maullín. Abril 2001.**

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 0,349       | 0,400       |
| B        | 0,292       | 0,412       |
| C        | 0,302       | 0,546       |
| D        | 0,422       | 0,330       |



**Figura 2.81. Representación gráfica de los valores de uniformidad registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Maullín, abril 2001.**

#### **d. Río Tornagaleones, frente Isla del Rey**

##### **Columna de agua**

##### **Temperatura**

Las mediciones realizadas con CTD en el río Tornagaleones presentaron un rango que osciló entre los 12,03°C y los 13,16°C. En sentido vertical, este parámetro muestra un comportamiento monótonico con respecto a la profundidad de la columna de agua. En la mayoría de las estaciones se pudo apreciar una capa de agua superficial isotérmica que alcanza como máximo hasta una profundidad de 3 m, luego de lo cual la temperatura del agua desciende paulatinamente hasta el fondo de la columna de agua.

##### **Salinidad y Densidad**

Mediante los registros de CTD se pudo constatar que la salinidad varió entre 21,93 psu y 30,25 psu, presentando una densidad superficial mínima de 1.016,29 kg/m<sup>3</sup> y una densidad máxima de 1.022,90 kg/m<sup>3</sup>. Los perfiles verticales indican la presencia de aguas dulces en los primeros metros de la columna de agua, ya que los valores de salinidad son menores a nivel superficial. En este sistema la dinámica de la circulación no sólo depende de los efectos de la marea y del viento, sino que también de la temperatura y la salinidad, ya que generan gradientes de densidad que fuerzan el movimiento de las aguas en uno u otro sentido dependiendo del mayor o menor aporte de agua dulce. En comparación con el sistema del río Maullín, en el presente sector se presenta una mayor mezcla horizontal con una mayor estratificación en el campo vertical, debido al aporte de aguas menos salinas en la capa superficial.

Los resultados provenientes de las determinaciones mediante el salinómetro de inducción muestran claramente la influencia de los aportes dulceacuícolas del río Tornagaleones, pero se observa una influencia del agua marina en las aguas subsuperficiales, especialmente hacia el centro del río, estación D de la transecta 2, que además, está más cercana a la desembocadura y es una de las estaciones más profunda. En superficie, esta transecta también mostró los valores más bajos (18,925 ups) y una mayor variabilidad que la transecta 1 (Tabla 2.83 y Figura 2.82).

Tabla 2.83. Valores de salinidad (ups) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |        | Transecta 2 |        |
|----------|-------------|--------|-------------|--------|
|          | Superf.     | Fondo  | Superf.     | Fondo  |
| A        | 23,610      | 28,227 | 20,530      | 26,211 |
| B        | 23,531      | 27,590 | 19,116      | 28,695 |
| C        | 23,441      | 25,965 | 18,925      | 29,124 |
| D        | 23,389      | 25,932 | 21,935      | 30,455 |

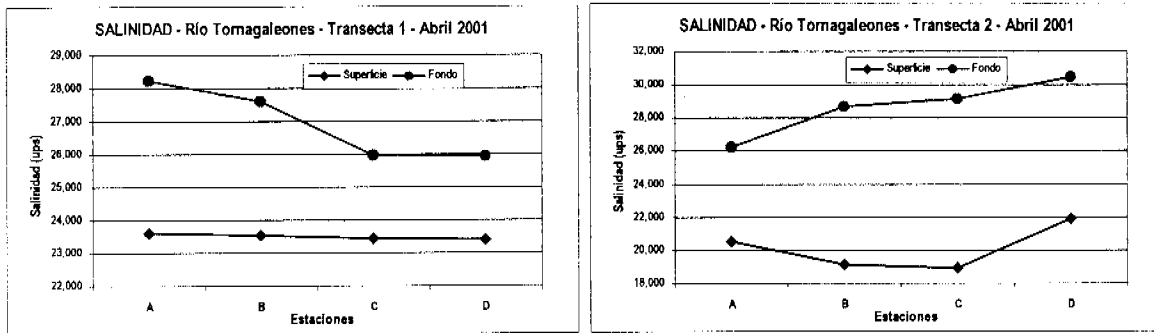


Figura 2.82. Representación gráfica de los valores de salinidad en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

## Transparencia

En seis de las ocho estaciones de muestreo se observó el disco Secchi hasta 2 m de profundidad, sin importar la profundidad de la estación. En las otras dos estaciones la transparencia fue menor, 1,5 m. Lo que muestra la gran concentración de partículas suspendidas que es aportada por el río.

La distribución espacial de los valores de transparencia, no muestra ninguna tendencia clara sobre la relación del centro de cultivo con la profundidad de penetración de la luz, porque los valores menores se presentan a 40 y 70 m de las balsas jaula hacia el centro del río (Tabla 2.84 y Figura 2.83).

Tabla 2.84. Valores de transparencia (m) de la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.

| Estación | Transecta T1 | Transecta T2 |
|----------|--------------|--------------|
| A        | 2,0          | 2,0          |
| B        | 2,0          | 1,5          |
| C        | 2,0          | 1,5          |
| D        | 2,0          | 2,0          |

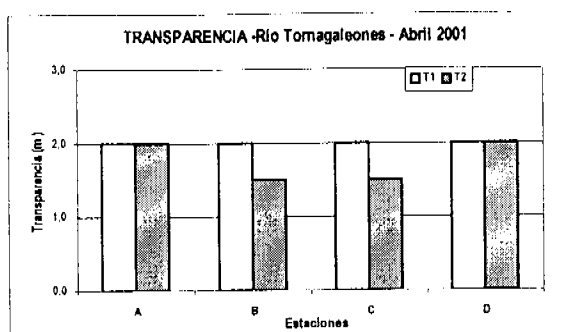


Figura 2.83. Representación gráfica de los valores de transparencia registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

### pH

Los valores de pH están estrechamente asociados con la condición salina de la matriz acuosa. Para ambas transectas se observa una relación entre la distribución de la salinidad y la distribución del pH en las muestras subsuperficiales, no así para las muestras superficiales en las que la distribución es independiente.

En la transecta 1 se observa una mayor variabilidad en los valores de pH, con valores levemente más básicos en las muestras superficiales. En cambio en la transecta 2, los valores son más homogéneos y se observa una tendencia inversa que en la transecta 1, los valores de superficie son más ácidos que los subsuperficiales, siendo en general son todos más ácidos que la transecta 1 (Tabla 2.85 y Figura 2.84).

Tabla 2.85. Valores de pH en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 7,88        | 7,95  | 7,98        | 7,95  |
| B        | 7,88        | 7,90  | 7,99        | 7,90  |
| C        | 7,95        | 7,88  | 7,98        | 7,88  |
| D        | 7,90        | 7,92  | 7,95        | 7,92  |



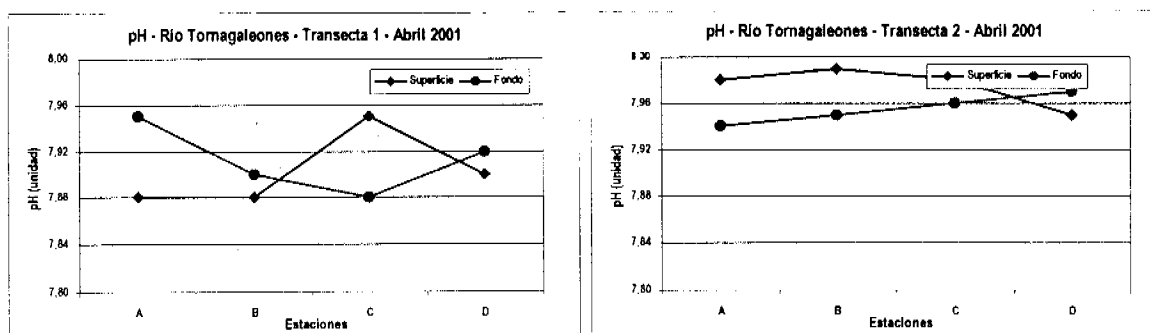


Figura 2.84. Representación gráfica de los valores de pH en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

### Oxígeno disuelto

Para la medición de este parámetro se aplicó dos metodologías distintas. El primer set de datos identificados como réplica 1, correspondieron a valores obtenidos *in situ* mediante una sonda multiparamétrica equipada con un sensor de oxígeno disuelto; mientras que, el segundo set de datos (réplica 2) proviene de determinaciones químicas efectuadas en el laboratorio aplicando el método de Winkler a muestras de agua previamente fijadas en terreno.

Dado que el primer set de réplicas presenta valores que muestran una baja consistencia, cuyo origen radicaría en la presencia de interferentes en la matriz acuosa o en las propiedades químicas derivadas de su condición salobre, se analizará los resultados obtenidos de las determinaciones en el laboratorio.

En general se observa una mayor oxigenación en las aguas superficiales debido al contacto con la atmósfera, con excepción de las estaciones más costeras, C y D de la transecta 1, donde en la primera se observa una inversión de este patrón y en la segunda presenta el mismo valor. Al igual que en los parámetros analizados anteriormente, en la transecta 1 se observa una mayor variabilidad de los datos que en la transecta 2 (Tabla 2.86 y Figuras 2.85 y 2.86).

El máximo nivel de oxigenación se encuentra en la estación ubicada a 40 m hacia tierra del tren de balsas jaula, lo que no denota ninguna relación con la presencia de los salmónidos. Tampoco se observa ninguna relación con la profundización hacia el centro del río.

Tabla 2.86. Contenido de oxígeno disuelto (mL/L) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.

| Est. | Transecta 1 |       |           |       | Transecta 2 |       |           |       |
|------|-------------|-------|-----------|-------|-------------|-------|-----------|-------|
|      | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       | Réplica 1   |       | Réplica 2 |       |
|      | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo | Superf.     | Fondo | Superf.   | Fondo |
| A    | 7,06        | 7,27  | 5,88      | 5,14  | 7,70        | 7,19  | 6,19      | 5,54  |
| B    | 7,07        | 6,88  | 7,31      | 5,14  | 7,62        | 7,23  | 6,38      | 5,53  |
| C    | 7,18        | 6,95  | 5,60      | 6,56  | 7,67        | 7,57  | 6,62      | 5,39  |
| D    | 7,62        | 7,44  | 5,81      | 5,82  | 7,59        | 7,06  | 6,42      | 5,75  |

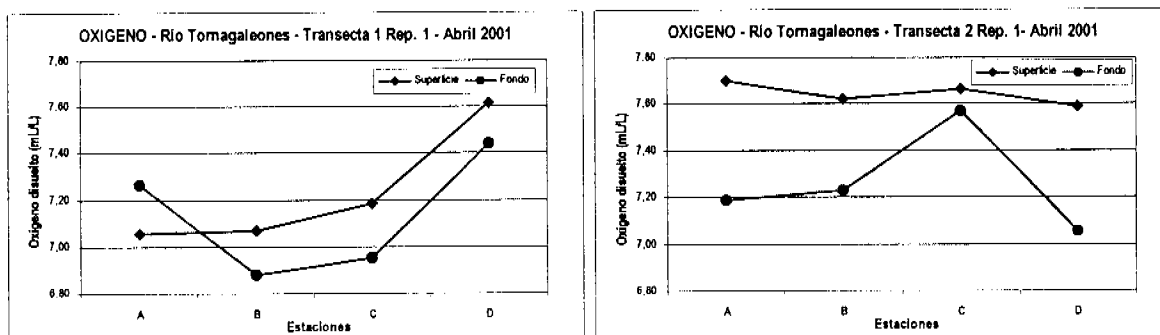


Figura 2.85. Representación gráfica de los valores de oxígeno disuelto en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001. Réplica 1.

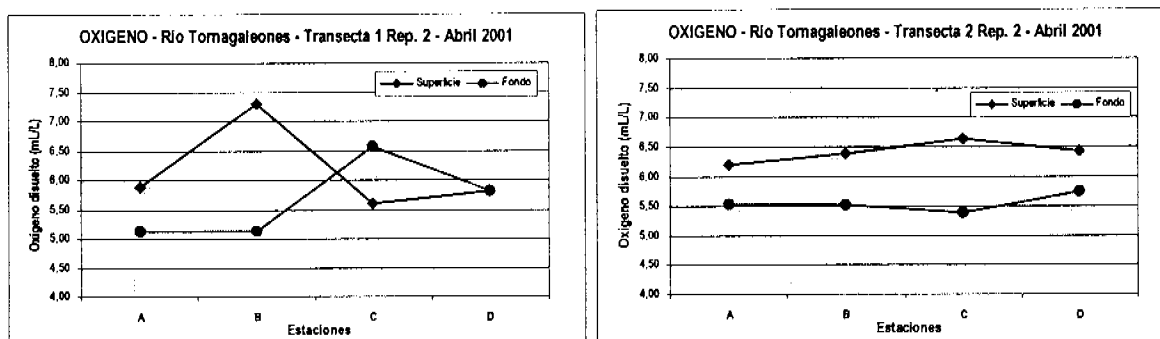


Figura 2.86. Representación gráfica de los valores de oxígeno disuelto en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001. Réplica 2.

### Sólidos suspendidos

En ambas transectas los contenidos de sólidos suspendidos muestran el mismo patrón de distribución espacial, independientemente del estrato de profundidad que se analice. En la superficie de la columna de agua se constata valores muy bajos (<4 mg/L), con excepción de la estación B de la transecta 2 que presenta los máximos valores tanto en superficie como en fondo, 10,2 mg/L y 150,2 mg/L, respectivamente.

En los valores de fondo de la transecta 1 se observa un leve aumento en la estación B que puede atribuirse al centro de cultivo, pero el mayor valor se encuentra en la estación más costera, lo que puede deberse a la resuspensión desde el fondo. Como se indicó anteriormente en la transecta 2, el mayor valor de sólidos suspendidos se encuentra a 40 m de las balsas jaula y de ahí disminuye a medida que se profundizan las estaciones hasta llegar a valores semejantes a los de superficie en la estación D (Tabla 2.87 y Figura 2.87).

Tabla 2.87. Contenido de sólidos suspendidos (mg/L) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 3,4         | 10,8  | 3,0         | 10,8  |
| B        | 2,2         | 46,2  | 10,2        | 150,2 |
| C        | 1,4         | 16,2  | 1,8         | 92,6  |
| D        | 2,0         | 148,2 | 2,2         | 4,6   |

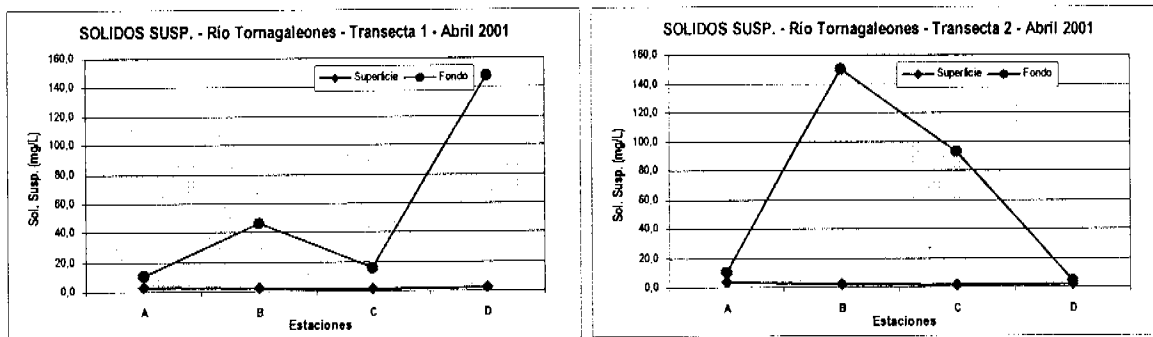


Figura 2.87. Representación gráfica de los valores de sólidos suspendidos en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

### Carbono orgánico total (COT)

Se observa una tendencia a disminuir los valores de COT a medida que las estaciones se alejan del centro de cultivo, donde mejor se observa esta tendencia es en las muestras de superficie de la transecta 1, en las muestras de fondo de esta transecta y en las de superficie de la transecta 2 esta tendencia no está pronunciada, pero en las muestras de fondo de la transecta 2 esta tendencia se rompe al observarse en la estación D valores tan altos como en la estación A.

Se produce una inversión en la variabilidad de los valores, en la transecta 1 los valores de superficie son los que se escapan del rango normal, mientras que en la transecta 2 son los valores de fondo (Tabla 2.88 y Figura 2.88).

Tabla 2.88. Contenido de carbono orgánico total (mg/L) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 2,55        | 1,19  | 0,68        | 2,13  |
| B        | 0,51        | 0,77  | 0,77        | 1,45  |
| C        | 0,77        | 0,43  | 0,68        | 0,34  |
| D        | 0,60        | 0,68  | < 0,1       | 2,13  |

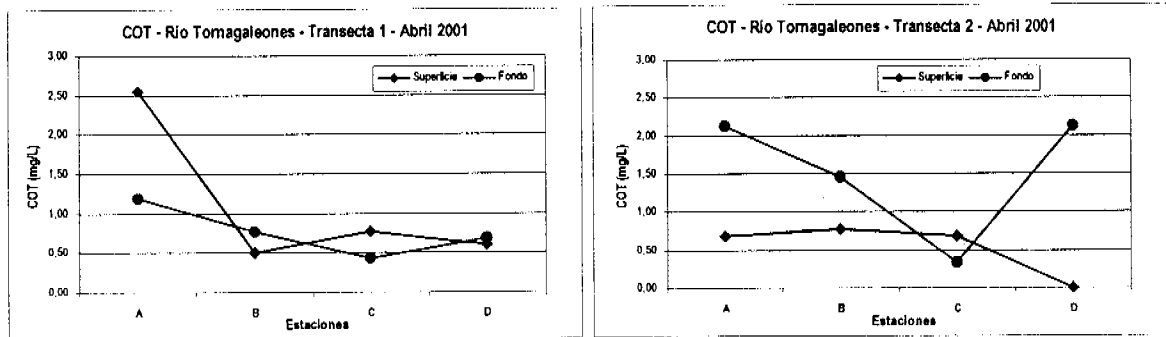


Figura 2.88. Representación gráfica de los valores de COT en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

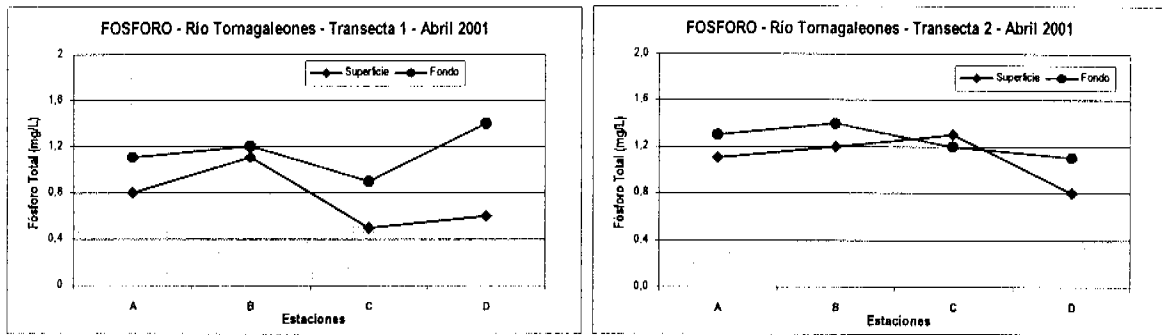
### Fósforo total

En la transecta 1 se observa una leve mayor variabilidad en los contenidos de fósforo total, encontrándose valores más bajos en las estaciones costeras superficiales. Pero en general se observa valores mayores en las muestras de fondo.

En ambas transectas y ambas profundidades se observa que los valores más altos de fósforo se encuentran en ambos sentidos a 40 m de las balsas jaula, pero en el caso de la transecta 1 disminuyen a medida que las estaciones se alejan del centro de cultivo, en cambio en las estaciones costeras tiende a subir nuevamente, esto es más notorio en las muestras de fondos (Tabla 2.89 y Figura 2.89).

**Tabla 2.89. Contenido de fósforo total (mg/L) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.**

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 0,8         | 1,1   | 1,1         | 1,3   |
| B        | 1,1         | 1,2   | 1,2         | 1,4   |
| C        | 0,5         | 0,9   | 1,3         | 1,2   |
| D        | 0,6         | 1,4   | 0,8         | 1,1   |



**Figura 2.89. Representación gráfica de los valores de fósforo en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.**

### Fosfato

La distribución espacial de los valores de fosfato en las aguas del río Tornagaleones fue idéntica a la descrita anteriormente para el caso del fósforo total (Tabla 2.90 y Figura 2.90). Dado que la distribución espacial de este parámetro no aporta mayores antecedentes se mantiene la descripción hecha anteriormente. La importancia de este parámetro es que corresponde a la fracción biodisponible del fósforo total.

**Tabla 2.90. Contenido de fosfato total (mg/L) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.**

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 0,26        | 0,35  | 0,36        | 0,42  |
| B        | 0,36        | 0,39  | 0,39        | 0,46  |
| C        | 0,16        | 0,29  | 0,42        | 0,39  |
| D        | 0,19        | 0,46  | 0,26        | 0,36  |

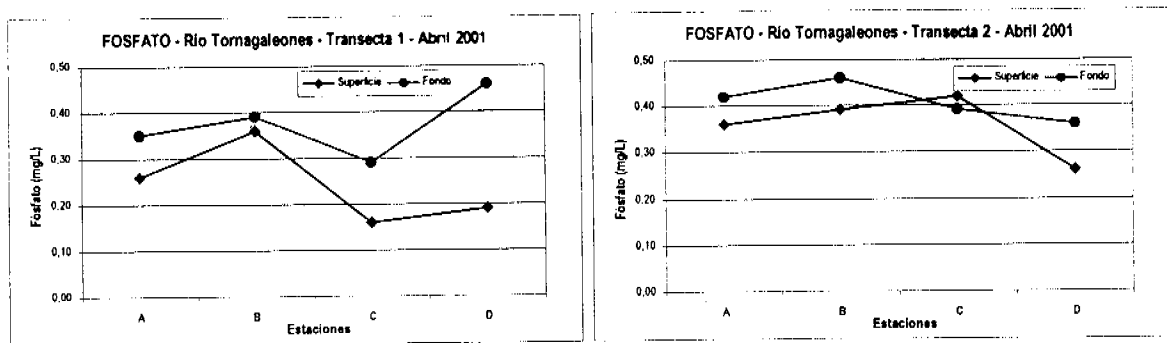


Figura 2.90. Representación gráfica de los valores de fosfato en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

### Nitrógeno total

No se observa una tendencia clara en los patrones de distribución espacial de este parámetro. Por un lado, en la transecta 1 se observa que el menor valor se encuentra en la superficie cercana al centro de cultivo y que la máxima concentración se ubica a 40 m, también en superficie, para después disminuir hacia la costa. Mientras que en la transecta 2 se observa que el menor valor se encuentra en la superficie a 40 m del centro y que aumenta a medida que se aleja hacia el centro del río.

En las muestras subsuperficiales, el patrón de distribución no es más claro. La tendencia de las muestras de la transecta 2 se semeja mucho a la tendencia de los valores de superficie de la transecta 1, máximo valor a 40 m del centro de cultivo, pero de ahí disminuye hasta ser muy semejante a los valores de superficie, como en la estación A. En cambio en la transecta 1, los valores de fondo disminuyen a medida que se alejan del centro pero en la estación más costera suben hasta niveles semejantes al máximo (Tabla 2.91 y Figura 2.91).

Tabla 2.91. Contenido de nitrógeno total (mg/L) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 0,4         | 1,9   | 0,8         | 1,2   |
| B        | 2,6         | 1,8   | 0,3         | 2,1   |
| C        | 1,1         | 1,1   | 0,5         | 1,2   |
| D        | 1,0         | 2,3   | 1,0         | 1,2   |

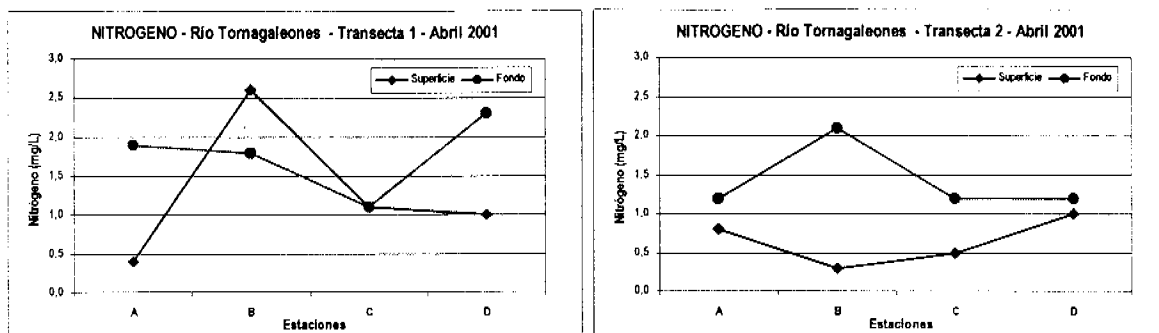


Figura 2.91. Representación gráfica de los valores de nitrógeno en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

### Amonio

A pesar que este parámetro está relacionado con el nitrógeno total, no se observa la misma tendencia de distribución espacial como ocurre entre el fósforo total y el fosfato. Se observa claramente que los valores de superficie son menores a los subsuperficiales y que los valores descienden desde las balsas jaula hacia las estaciones del centro de cada transecta y después suben en la última estación, tanto hacia tierra como hacia el centro del río. Este patrón se ve levemente alterado en la estación A de la Transecta 2, porque en este caso el valor del amonio es igual al de la estación B.

Este patrón no se puede explicar por la presencia de los peces, porque aunque podría esperarse valores altos en las cercanías de las jaulas por ser producto de la excreción, no se relaciona con que también suban los valores en las estaciones D, sobre todo en la transecta 2 donde superan los valores encontrados en la estación A (Tabla 2.92 y Figura 2.92).

Tabla 2.92. Contenido de amonio (mg/L) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 0,3         | 0,5   | 0,3         | 0,3   |
| B        | 0,2         | 0,4   | 0,2         | 0,3   |
| C        | 0,2         | 0,3   | 0,2         | 0,4   |
| D        | 0,3         | 0,4   | 0,4         | 0,5   |

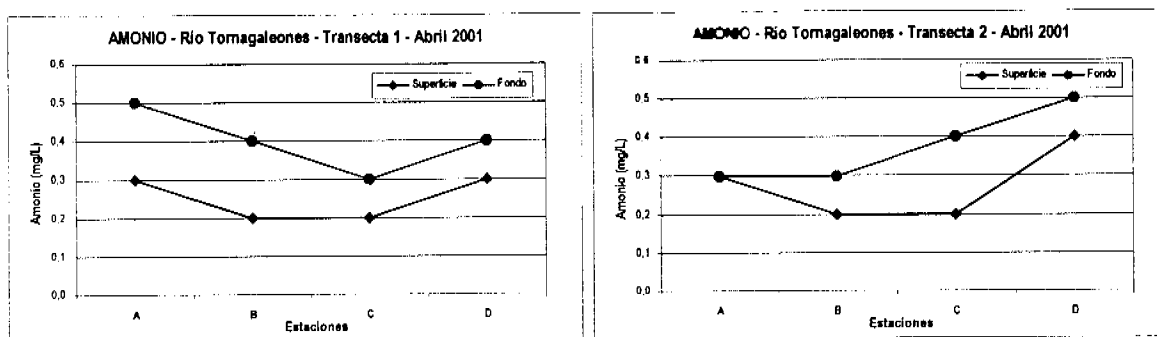


Figura 2.92. Representación gráfica de los valores de amonio en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

### Clorofila a

Contrariamente a lo que se podría esperar, los niveles de clorofila a en ambas transectas son mayores en las muestras subsuperficiales que en las superficiales. Aunque existe diferencia en la variabilidad de sus valores. En la transecta 1 no existe mayor diferencia entre ambas superficies, pero en la transecta 2 se observan los valores máximos en las estaciones subsuperficiales centrales (Tabla 2.93 y Figura 2.93). Esta distribución no muestra una asociación que pueda ser relacionada con la ubicación del centro de cultivo.

Tabla 2.93. Contenido de clorofila a (mg/m<sup>3</sup>) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 1,05        | 1,87  | --          | 1,58  |
| B        | 1,29        | 1,40  | 1,72        | 4,89  |
| C        | 1,19        | 2,14  | 1,96        | 4,30  |
| D        | 1,26        | 1,85  | 1,74        | 0,87  |

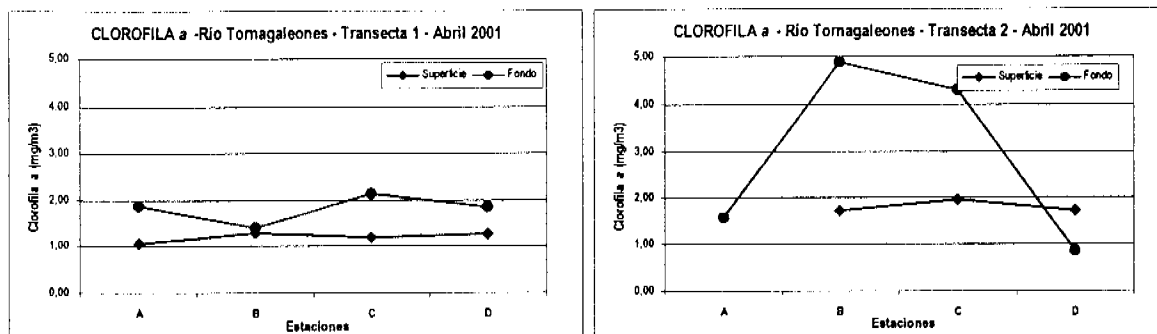


Figura 2.93. Representación gráfica de los valores de clorofila "a" en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

### Cobre total



Se observa un patrón de distribución semejante al de la clorofila *a*, aunque en la transecta 2 a diferencia de ser los valores subsuperficiales quienes presentan el pulso máximo, lo es la estación B de superficie, los otros valores se encuentran bajos en ambas transectas. En general, los valores de superficie son mayores que los de fondo (Tabla 2.94 y Figura 2.94).

Tabla 2.94. Contenido de cobre total ( $\mu\text{g/L}$ ) en la columna de agua del río Tornagaleones. Valdivia, abril 2001.

| Estación | Transecta 1 |       | Transecta 2 |       |
|----------|-------------|-------|-------------|-------|
|          | Superf.     | Fondo | Superf.     | Fondo |
| A        | 1,9         | 1,2   | 2,3         | 1,2   |
| B        | 2,3         | 1,6   | 7,8         | 1,8   |
| C        | 1,6         | 0,6   | 0,8         | 0,9   |
| D        | 1,9         | 0,7   | 2,0         | 0,9   |

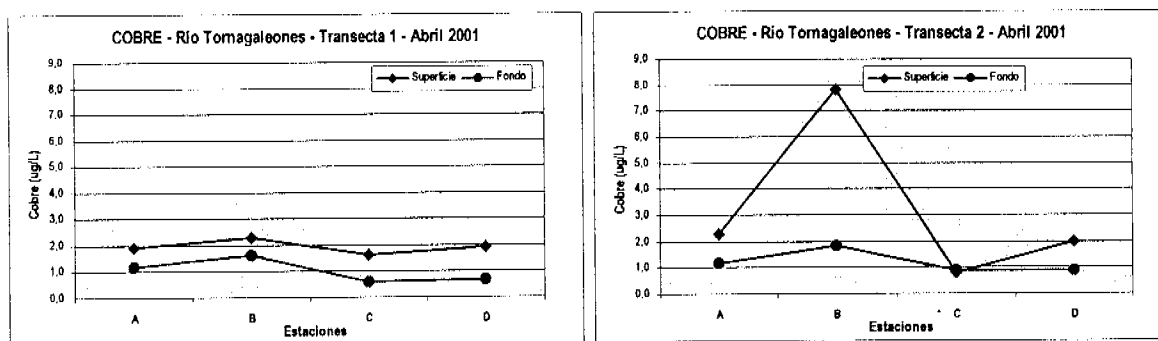


Figura 2.94. Representación gráfica de los valores de cobre en superficie y fondo registrados en la columna de agua en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

## Sedimentos

### Granulometría

Los fondos sedimentarios en ambas transectas se caracterizan por la presencia de fracciones con partículas de un bajo tamaño promedio, lo que significa el predominio de arenas finas y muy finas en este sector del lecho del río Tornagaleones (Tabla 2.95 y Figura 2.95). La distribución espacial de las partículas evidencia que en la proximidad de las jaulas de cultivo los sedimentos son ligeramente más gruesos (arenas finas), en comparación con lo que sucede a mayores distancias de estas instalaciones (arenas muy finas).

Con respecto a los restantes parámetros granulométricos, el grado de selección muestra el predominio de sedimentos moderadamente clasificados (Figura 2.96), mientras que la asimetría fluctúa entre sedimentos con moderado exceso de finos a sedimentos con alto exceso de gruesos (Figura 2.97). Los resultados obtenidos evidencian que en estos sectores son de baja energía, lo cual propende a la ocurrencia de procesos de sedimentación.

Tabla 2.95. Valores de los parámetros granulométricos para los sedimentos superficiales sublitorales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.

| Estación | Transecta 1   |           |           | Transecta 2   |           |           |
|----------|---------------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|
|          | Prom. gráfico | Selección | Asimetría | Prom. gráfico | Selección | Asimetría |
| A        | 2,260         | 0,863     | 0,006     | 2,667         | 1,008     | -0,084    |
| B        | 2,627         | 0,901     | 0,155     | 2,980         | 0,983     | 0,045     |
| C        | 2,226         | 0,772     | 0,056     | 3,073         | 0,841     | 0,138     |
| D        | 3,233         | 1,140     | -0,538    | 3,090         | 0,960     | -0,043    |

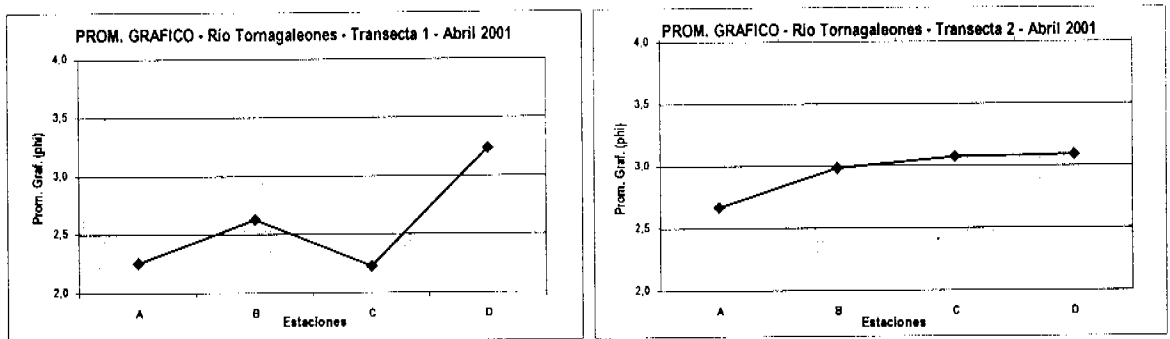


Figura 2.95. Representación gráfica del promedio gráfico registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

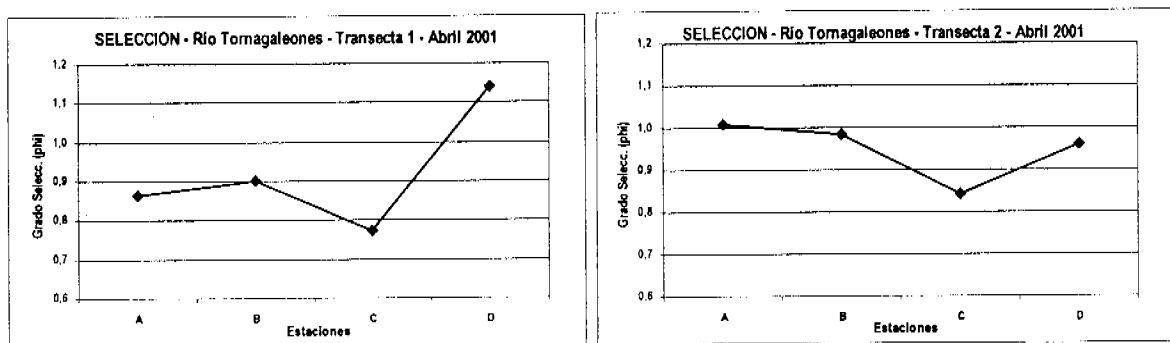


Figura 2.96. Representación gráfica del grado de selección registrado en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

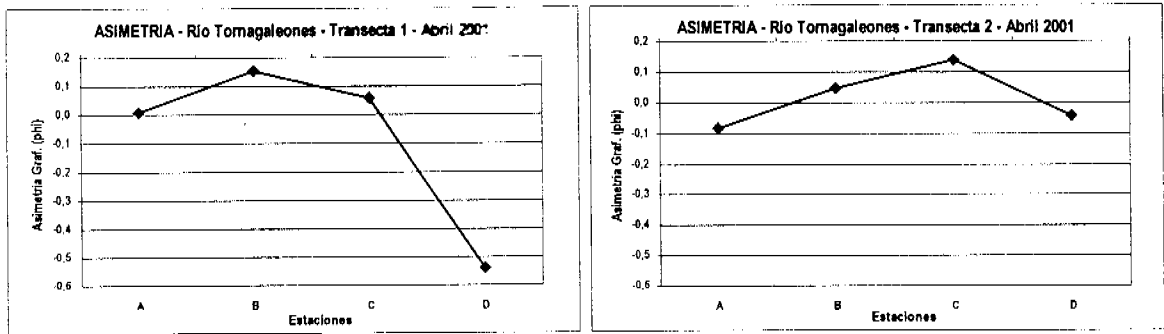


Figura 2.97. Representación gráfica de la asimetría registrada en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

**COT**

En ambas transectas se aprecia que los contenidos de COT muestran una tendencia en aumento en dirección a la estación D. Para la transecta 1 y a una distancia de 40 m de las jaulas de cultivo se constata un leve aumento en el contenido de COT, mientras que a los 140 m de distancia el valor de este parámetro aumenta notoriamente (Tabla 2.96 y Figura 2.98). Este patrón se ajusta bien a la distribución granulométrica de que presentan los sedimentos en este sector del río.

Una situación similar se constata en la transecta 2. Aquí también los contenidos de COT aumentan desde los 0 m a los 140 m de distancia de las jaulas, aunque el aumento de los niveles es más paulatino y tiende a estabilizarse a mayor distancia de las instalaciones. Aquí también se aprecia un estrecha asociación con la granulometría de los fondos, en el sentido que los contenidos de COT aumentan conforme las arenas se tornan más finas.

Tabla 2.96. Contenido de COT (%) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 0,10        | 0,59        |
| B        | 1,02        | 1,03        |
| C        | 0,33        | 1,94        |
| D        | 4,20        | 1,93        |

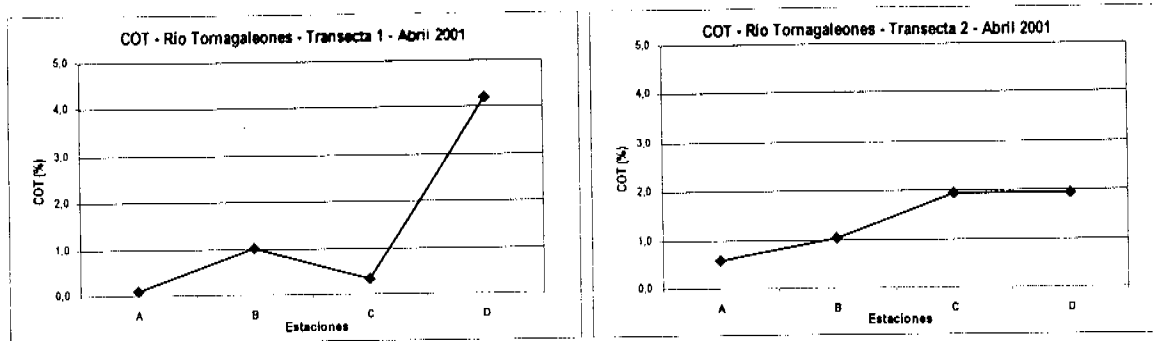


Figura 2.98. Representación gráfica de los valores de COT registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

### Fósforo total

El aspecto que sobresale inmediatamente al observar las curvas de distribución espacial del fósforo total, se relaciona con la disminución de los valores de este parámetro desde la estación A en dirección a la estación B. Si bien este comportamiento se constata para ambas transectas, existen diferencias en el tramo final de la transecta. Mientras en la transecta 1 los niveles de fósforo nuevamente registran un aumento de su contenido (desde estación C a la estación D), en la transecta 2 los valores disminuyen ligeramente (Tabla 2.97 y Figura 2.99).

Las diferencias observadas entre ambas transectas podrían estar asociadas con su ubicación respecto del río. La transecta 1 se encuentra más cercana a la ribera, lo que significa que la estación D está más próxima a la orilla, mientras que la transecta 2 se orienta desde la jaulas de cultivo hacia el cauce medio del río, por lo que la estación D queda más expuesta a la acción de la corriente. De este modo, en la estación D de la transecta 1 podría estar ocurriendo un proceso de depositación de fósforo en los sedimentos, mientras que en la estación D estaría sucediendo un arrastre de material sedimentario que mantendría comparativamente más bajos los niveles de fósforo.

Tabla 2.97. Contenido de fósforo total ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia, Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 410,8       | 513,5       |
| B        | 166,0       | 220,5       |
| C        | 180,2       | 265,5       |
| D        | 422,3       | 222,8       |

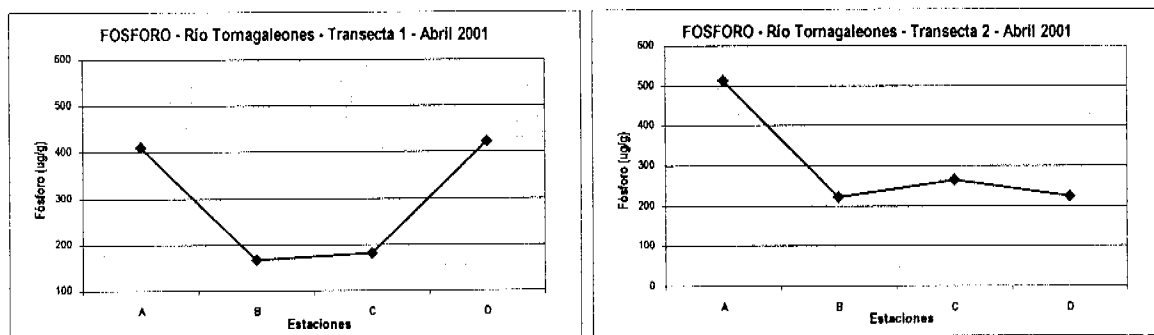


Figura 2.99. Representación gráfica de los valores de fósforo registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

### Nitrógeno total

La distribución de los contenidos de nitrógeno total muestran un patrón horizontal similar para ambas transectas. Tanto en los sedimentos de la transecta 1 como de la transecta 2, se observa que los valores de este parámetro muestran una disminución desde los 0 m a los 40 m de distancia de las jaulas de cultivo. Si bien se aprecia un aumento en los niveles de nitrógeno desde los 40 m a 140 m de distancia, en la transecta 1 este incremento es más notorio. En el último tramo (entre 70 m y 140 m) de la transecta 2, se aprecia incluso que el contenido de fósforo en los sedimentos tiende a estabilizarse (Tabla 2.98 y Figura 2.100).

Es probable que el comportamiento del nitrógeno en este sector del río obedezca a una causa similar a la descrita para la variación espacial del fósforo en los sedimentos.

Tabla 2.98. Contenido de nitrógeno total ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia, Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 114,1       | 188,4       |
| B        | 81,1        | 123,5       |
| C        | 112,6       | 151,7       |
| D        | 152,2       | 161,3       |

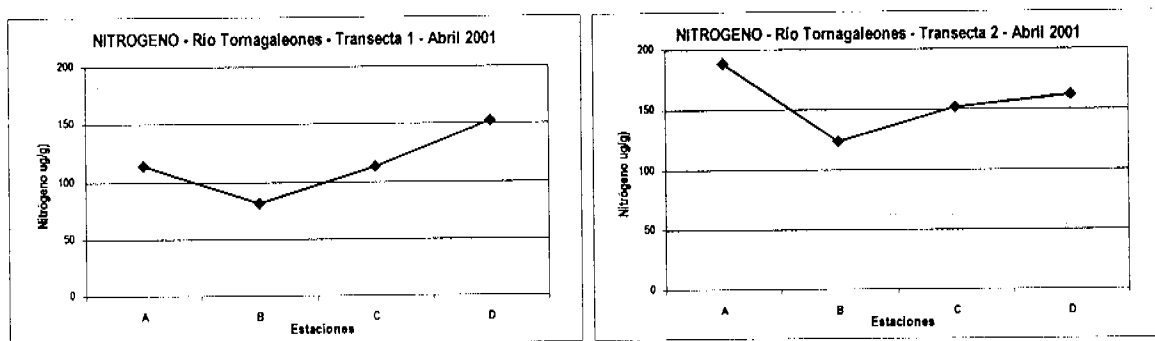


Figura 2.100. Representación gráfica de los valores de nitrógeno registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

### Cobre total

Los contenidos de cobre en los sedimentos muestran una distribución espacial estrechamente ligada con la granulometría de los fondos. Si bien en ambas transectas los valores de este parámetro son bajos, en los

dos casos se constata que los niveles presentan variaciones similares a las exhibidas los cambios de arena fina a arena muy fina.

En la transecta 1 el cobre aumenta en el último tramo de la transecta a niveles cercanos a los 25 ppm, condición que se asociaría con la presencia de arenas muy finas en los fondos. Mientras que, en la transecta 2 debido a la menor variabilidad granulométrica (*i.e.* el diámetro medio de las partículas oscila justo alrededor del límite entre ambos tipos de fracciones), el contenido de cobre aumenta en forma más gradual (Tabla 2.99 y Figura 2.101). En todo caso, los resultados indican que en las proximidades de las jaulas de cultivo los niveles de cobre son menores que los detectados a mayor distancia.

Tabla 2.99. Contenido de cobre (mg/Kg) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 8,0         | 10,7        |
| B        | 11,0        | 15,0        |
| C        | 9,1         | 15,2        |
| D        | 24,0        | 15,6        |

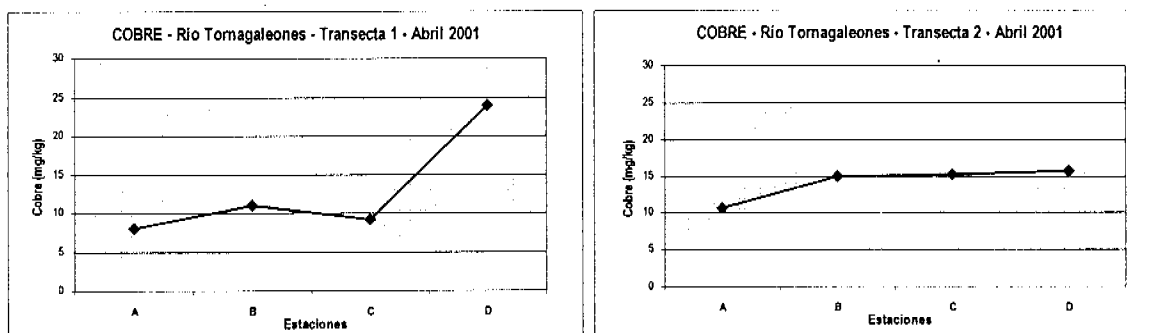


Figura 2.101. Representación gráfica de los valores de cobre registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

## Sulfuros

La ocurrencia de sulfuros en los sedimentos de la transecta 1 y transecta 2 es similar en su distribución dentro de los primeros 70 m distancia de las jaulas de cultivo, observándose un alza de este parámetro en la estación B. Más allá de los 70 m, se observa un patrón espacial ya descrito para otros analitos (*i.e.* COT), en el sentido que los sulfuros registran un alza importante en el último segmento de la transecta 1 o este incremento es más leve como ocurre en la transecta 2 (Tabla 2.100 y Figura 2.102).

Lo anterior sugiere la existencia de fondos reductores en las cercanías de la jaulas (estación B) o bien a mayores distancias (estación D), debido a la acumulación de materia orgánica (i.e. COT) que experimenta procesos de descomposición bajo condiciones de déficit de oxígeno.

Tabla 2.100. Contenido de sulfuros ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 83,65       | 78,32       |
| B        | 149,33      | 232,61      |
| C        | 3,77        | 24,1        |
| D        | 672,41      | 35,35       |

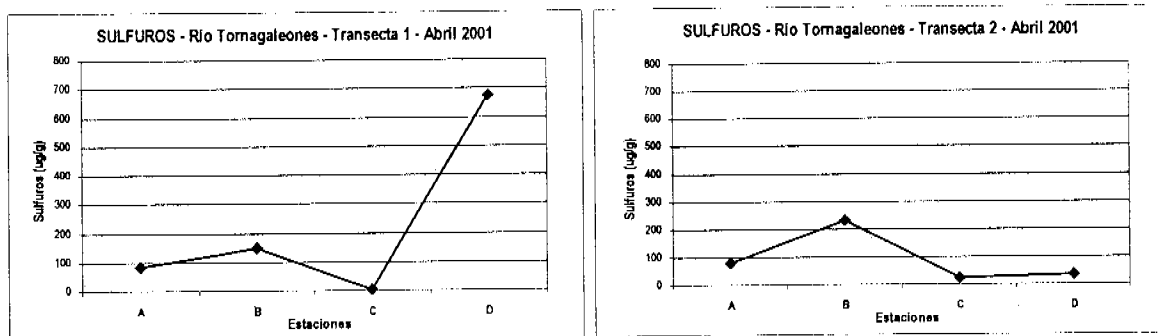


Figura 2.102. Representación gráfica de los valores de sulfuros registrados en los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

***Vibrio* spp.**

Según los resultados obtenidos, independientemente del sector de muestreo (transecta 1 o 2) y de la distancia a las jaulas de cultivo (estaciones A a la D), en todas las muestras analizadas se detectó la presencia de *Vibrio* spp (Tabla 2.101).

Tabla 2.101. Ocurrencia de *Vibrio* spp. en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | +           | +           |
| B        | +           | +           |
| C        | +           | +           |
| D        | +           | +           |

(+) Presencia (-) Ausencia



### Macroinfauna sublitoral

#### Número de especies

En ambas transecta se aprecia una situación similar para los primeros 40 m de distancia, ya que el número de especies muestra un aumento que es más notorio para la macroinfauna de la transecta 1. Más allá de este trecho, la composición específica en la transecta 1 evidencia fluctuaciones sin una tendencia definida; es importante considerar que en la estaciones C sólo se halló una especie que correspondió a un bivalvo (*Mulinia* sp.).

La macroinfauna de la transecta 2 estuvo compuesta por un mayor número de especies, con representantes de moluscos, poliquetos, crustáceos y nemátodos. Para este caso, la composición específica tiende a disminuir lentamente con la distancia de la jaulas de cultivo, después que la macroinfauna alcanza un máximo de especies en la estación B (Tabla 2.102 y Figura 2.103).

Tabla 2.102. Número de especies de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 3           | 12          |
| B        | 10          | 17          |
| C        | 1           | 13          |
| D        | 6           | 11          |

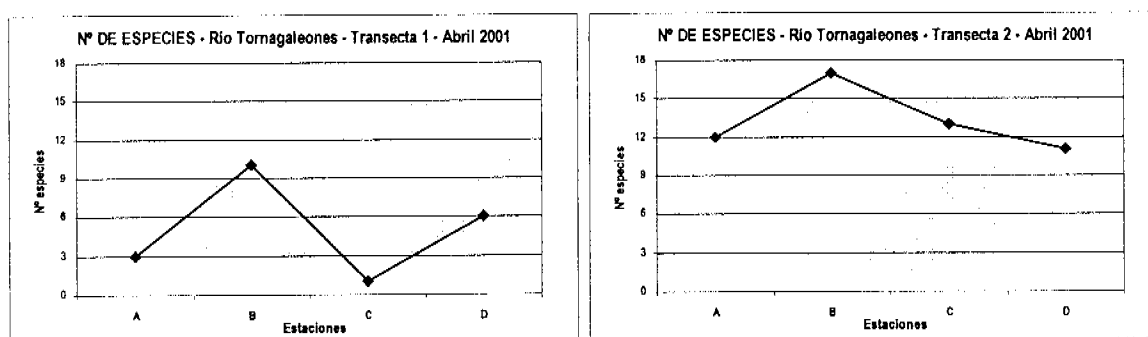


Figura 2.103. Representación gráfica del número de especies registradas en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

### Número de individuos

La abundancia numérica es claramente mayor y menos variable en la macroinfauna de la transecta 2, aunque en ambos casos las variaciones en los valores de este parámetro muestran una tendencia similar. Tanto en la estación B como en la estación D se presenta el mayor número de individuos, mientras que en las dos estaciones restantes la abundancia numérica se encuentra deprimida.

En la estación C de la transecta 1 se registró el menor número de individuos, con sólo 3 representantes de la almeja *Mulinia* sp. En esta misma transecta, la especie numéricamente dominante fue *Mulinia* sp., mientras que en la macroinfauna de la transecta 2 la mayor abundancia estuvo dada por dos especies el pequeño crustáceo *Pinnixa valdiviensis* y el bivalvo *Malletia chilensis*.

El patrón de distribución de los valores de este parámetro, como así también del anterior (número de especies), muestran que cerca de las jaulas de cultivo la macroinfauna muestra ambos índices deprimidos, mientras que a una distancia de 40 m la situación tiende a revertirse (Tabla 2.103 y Figura 2.104). A distancias mayores, probablemente otros factores asociados con el sedimentos intervengan para explicar los variaciones observadas.

Tabla 2.103. Número de individuos de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 8           | 35          |
| B        | 30          | 66          |
| C        | 3           | 32          |
| D        | 27          | 53          |

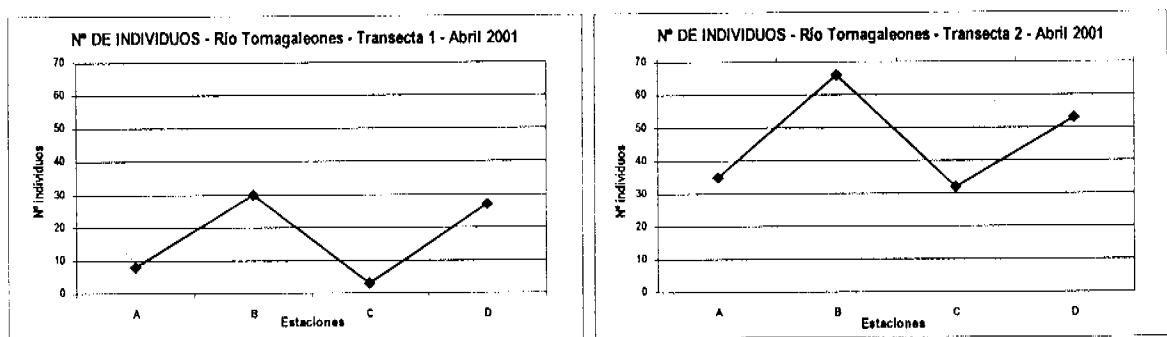


Figura 2.104. Representación gráfica del número de individuos registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

### Biomasa húmeda

La distribución espacial de los valores de biomasa húmeda muestra patrones similares a los descritos para los dos parámetros anteriores. Para este caso, también se observa que los mayores aportes biomásicos de la macroinfauna se encuentran asociados con los fondos sedimentarios de la estación B; más allá de los 40 m de distancia de las instalaciones de cultivo, la biomasa disminuye paulatinamente (Tabla 2.104 y Figura 2.105).

El bivalvo *Mulinia* sp. fue lejos la especie con mayor peso húmedo de estos fondos, debido a la presencia de ejemplares adultos de tallas grandes en las muestras recolectadas de macroinfauna; considerando la macroinfauna de ambas transectas, *Mulinia* sp. aportó aproximadamente 578 g en biomasa.

Tabla 2.104. Biomasa en peso húmedo (g) de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 4,134       | 3,481       |
| B        | 16,761      | 19,934      |
| C        | 4,107       | 5,080       |
| D        | 2,873       | 1,957       |

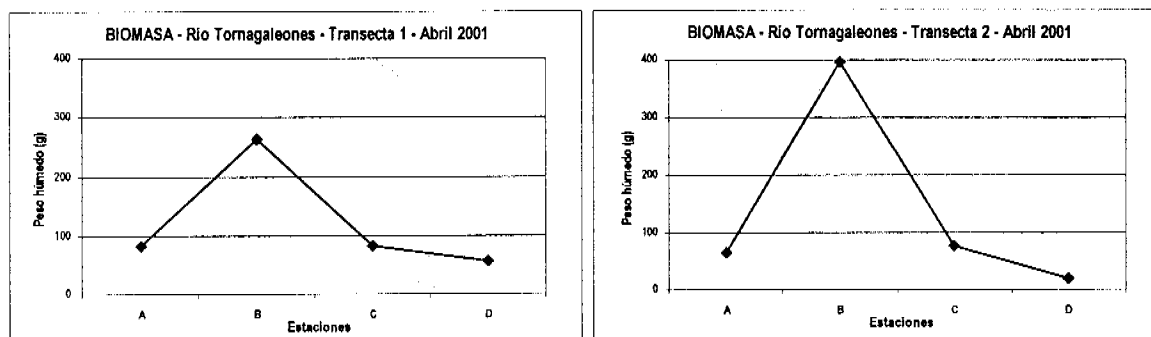


Figura 2.105. Representación gráfica de los valores de biomasa registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

### Diversidad específica y uniformidad

Los patrones de distribución de los valores de diversidad específica no difieren de lo señalado para los parámetros anteriores. Debido a la presencia de una única especie en la estación C de la transecta 1, la diversidad específica de la macroinfauna mostró un valor de cero (Tabla 2.105 y Figura 2.106). La misma

situación refleja la uniformidad en este sentido (Tabla 2.106 y Figura 2.107). En general, la comunidad macroinfaunal de la transecta 2 presenta una mayor diversidad específica en comparación con la transecta 1. Probablemente, la mayor influencia de las aguas del río Tornagaleones sobre la macroinfauna expliquen en parte los menores valores en la mayoría de los parámetros comunitarios.

Tabla 2.105. Diversidad específica (bit/ind) de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 1,08        | 2,14        |
| B        | 2,05        | 2,59        |
| C        | 0,00        | 1,89        |
| D        | 1,66        | 2,10        |

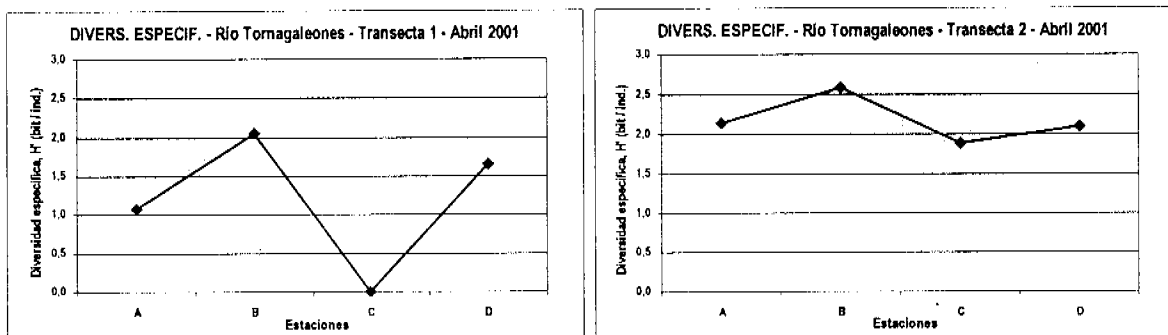


Figura 2.106. Representación gráfica de los valores de diversidad específica registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

Tabla 2.106. Uniformidad de las comunidades macroinfaunales en los sedimentos superficiales de ambas transectas. Río Tornagaleones, Valdivia. Abril 2001.

| Estación | Transecta 1 | Transecta 2 |
|----------|-------------|-------------|
| A        | 0,985       | 0,863       |
| B        | 0,892       | 0,914       |
| C        | 0           | 0,737       |
| D        | 0,929       | 0,874       |

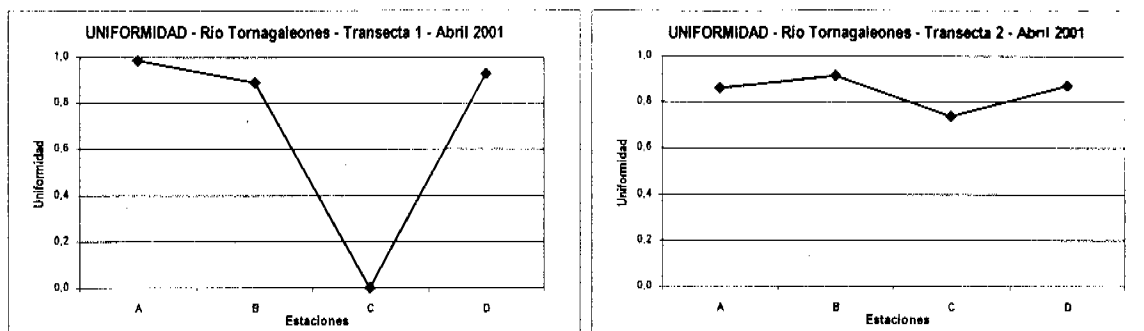


Figura 2.107. Representación gráfica de los valores de uniformidad registrados en la macroinfauna de los sedimentos sublitorales superficiales en las dos transectas analizadas. Río Tornagaleones, abril 2001.

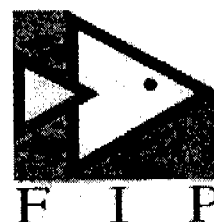
# Guía Técnica de Muestreo

---

Anexo

**3**

**Programa  
de Vigilancia  
Ambiental  
para la  
Acuicultura**



**Guía técnica de  
muestreo**

---

Procedimientos operativos de terreno y laboratorio

Abril 2002

# Contenidos

|   |      |
|---|------|
| Introducción                                      | 3-2  |
| 1. Preparación de las actividades de muestreo     | 3-3  |
| 2. Actividades de muestreo                        | 3-7  |
| 3. Columna de agua                                | 3-9  |
| 4. Sedimentos sublitorales                        | 3-34 |
| 5. Comunidades de fondos blandos sublitorales     | 3-43 |
| 6. Bibliografía                                   | 3-49 |
| 7. Fichas de muestreo y procedimientos de terreno | 3-50 |



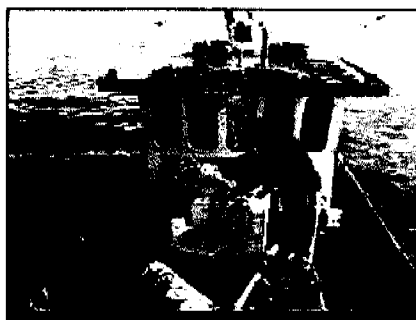
## Introducción

La cuantificación de analitos en el agua de mar se enfrenta con dos importantes desafíos. En primer lugar, generar resultados analíticos correctos en una matriz acuosa químicamente compleja y, en segundo lugar, obtener muestras representativas desde un ambiente altamente variable. este último aspecto se complica ya que los constituyentes (disueltos o dispersos) en el agua de mar tienen un patrón tridimensional de distribución, ya que varían de un punto a otro, con la profundidad y con el tiempo debido a la ocurrencia de procesos biogeoquímicos y físicos. A esto se agrega, que la muestra en sí misma puede cambiar drásticamente su composición después de haber sido almacenada y removida de su ambiente natural.

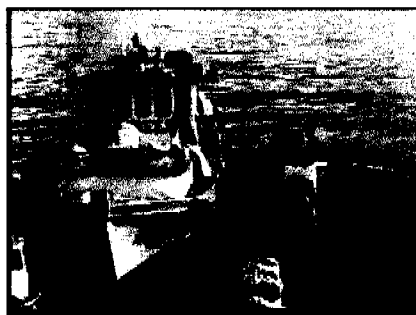
# 1. PREPARACION DE LAS ACTIVIDADES DE MUESTREO

## 1.1. Embarcación

Para la ejecución de las actividades de muestreo en el mar o en lagos, el Coordinador de Terreno (CT) debe disponer con antelación de una embarcación motorizada para realizar las mediciones y recolectar las muestras de agua, sedimentos y de macroinfauna de fondos blandos. La embarcación a ser empleada en las actividades de muestreo, debe cumplir al menos con los siguientes requisitos



**Tamaño apropiado.** Es recomendable que cuente con una cubierta amplia y despejada, de modo que el personal técnico disponga de una plataforma de trabajo adecuada para el despliegue de equipos e instrumentos, como así también de actividades que se requiere efectuar a bordo como son registro de mediciones, recepción, fijación y almacenamiento de muestras. Por lo general, una lancha de 12 a 15 m de eslora es adecuada para este tipo de actividades, ya que por su estabilidad y navegabilidad facilita las maniobras de posicionamiento, sobre todo en aquellas estaciones más costeras. Una embarcación de mayor tamaño no es recomendable, ya que si bien se cuenta con mayor superficie de trabajo,



se reduce su maniobrabilidad en sectores de difícil acceso, además que aumentan considerablemente los costos de arriendo por hora de faena.

**Diseño.** En el diseño de la embarcación, la altura de la borda es un aspecto importante a considerar cuando se selecciona el navío. Esta característica cobra importancia cuando se requiere el apoyo de buzo para recolectar las muestras de sedimentos y macroinfauna. Es

altamente recomendable que el perfil de la embarcación posea una borda no muy alta para que el buzo pueda transferir las muestras de fondo sin mayor dificultad al personal a bordo.

Además, las actividades del buzo se ven facilitadas, sobre todo cuando debe abordar la

embarcación luego de finalizar el muestreo de una estación. Otro aspecto ventajoso de una borda no muy alta es que facilita las mediciones que se realizan directamente en el estrato superficial del mar (*i.e.* temperatura y registros de pH). Sin embargo, también debe considerarse que una borda demasiado baja

podría dificultar las actividades de muestreo, principalmente bajo condiciones de mal tiempo, por el ingreso de agua a la cubierta de la embarcación.

Un detalle valioso que cobra importancia en una embarcación utilizada para

estos fines en la zona sur del país, es que disponga de un espacio cubierto o de una pequeña bodega que sea accesible desde la cubierta. Esta particularidad facilita las actividades de la persona que registra la información en las planillas de muestreo, principalmente en los días lluviosos o con viento fuerte.

**Equipamiento.** Es altamente recomendable que la embarcación disponga de un ecosonda a objeto de registrar profundidades de fondo en tiempo real. La disponibilidad de este instrumento a bordo facilita las actividades de buceo, ya que conociendo la profundidad del fondo el buzo sabe de inmediato si puede efectuar el muestreo de sedimentos y comunidades sublitorales mediante esta modalidad, y de esta forma calcular los tiempos de descompresión. En caso contrario, es decir que los fondos sean demasiado profundos para que el buzo ejecute su actividad (> 35 m), se recurre al empleo de una draga para la recolección de las muestras.

Este último aspecto trae asociada la incorporación de un sistema de levante a bordo de la embarcación que permita el accionar de la draga van Veen. Se recomienda que la embarcación cuente con un huinche y una pluma a bordo, o en su defecto un virador ("chigre"), para manipular la draga con seguridad y eficiencia durante las actividades de muestreo. Como aditamentos para este tipo de faenas se debe utilizar un cable de acero (de al menos 5 mm de diámetro) y una polea contámetro para el registro de la profundidad durante el descenso de la draga.

Dentro del instrumental de navegación, la embarcación debe tener incorporado un georreceptor satelital asistido mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS en inglés) y un sistema de comunicaciones de radio.

## 1.2. Autorizaciones

Toda actividad de muestreo que se desarrolle en un cuerpo de agua navegables (mar, lago o río) debe ser informada con anterioridad a la autoridad marítima local (Capitán de Puerto o Alcalde Mar). Previo al día de muestreo

planificado, el CT hará llegar una carta a la autoridad marítima informando sobre lo siguiente:

- Tipo de actividades a efectuar
- Motivo que justifica la actividad
- Lugar o sector geográfico
- Nombre del personal técnico, indicando RUN y profesión o función

Una vez que esta carta sea visada y timbrada por la autoridad marítima local, el CT abordará la embarcación llevando este documento consigo a fin que acredite las actividades que se realicen frente a un eventual control por personal de la Armada. En forma paralela, el capitán o patrón de la embarcación también debe contar con un permiso de zarpe tramitado ante la autoridad marítima.

Cuando sea necesario realizar actividades de buceo, el buzo deberá contar con su matrícula al día y su nombre debe estar incorporado a la nómina del personal técnico que se entrega a la autoridad marítima.

## 1.3. Chequeo de equipos e instrumentos

Antes del zarpe de la embarcación, el CT junto con su equipo procederá nuevamente a verificar mediante una lista de chequeo que todo el material de muestreo a ser empleado en las actividades de muestreo se encuentre en su lugar. En particular, comprobará que los equipos e instrumentos se encuentren en buen estado y operativos para su funcionamiento, como así también que el material para el almacenamiento de las muestras se encuentre en cantidad adecuada (frascos, bolsas, botellas, entre otros).

Debido a que algunos instrumentos operan mediante baterías (por ejemplo GPS), el CT deberá chequear que las pilas de estos equipos estén nuevas y, además, llevar consigo una cantidad adicional en caso que se requiera su uso.

Entre el material que se suba a bordo, también debe incluirse un botiquín que contenga los implementos básicos para prestar primeros auxilios en caso de producirse un accidente.

Sólo una vez que todos los equipos e instrumentos hallan sido verificados, el equipo de trabajo procederá a llevarlos a bordo de la embarcación y disponerlos sobre la cubierta en forma segura y adecuada, a fin de evitar que éstos obstaculicen el desplazamiento del personal o su eventual caída al agua durante la navegación.

#### **1.4. Asignación de tareas y supervisión del muestreo a bordo**

##### **1.4.1. Procedimientos de muestreo**

Las actividades de muestreo contempladas para este Programa de Monitoreo se orientan fundamentalmente a la realización de observaciones, mediciones directas y la obtención de muestras de agua, de sedimentos y de macrofauna de fondos blandos.

Según la experiencia con que cuenta el equipo de trabajo, las actividades se optimizan en la

medida en que el muestreo de la columna de agua y de los fondos se realicen en tandas distintas. En caso que el cuerpo de agua sea de gran extensión y las estaciones de monitoreo se encuentran distantes entre sí, lo más recomendable es muestrear todas las matrices ambientales en cada estación, comenzando por la columna de agua, para luego proseguir con sedimentos y finalizar con macrofauna.

En caso que el cuerpo de agua sea pequeño y las estaciones se encuentren relativamente contiguas entre sí (< 300 m aproximadamente), es más

apropiado realizar el muestreo en dos tandas. En la primera se muestrea la columna de agua en todas las estaciones, y en la segunda se ejecuta simultáneamente la obtención de muestras de sedimentos y de macrofauna de fondos blandos.

Este modo operativo evita que se produzcan situaciones confusas durante la toma de muestras, preservación y almacenamiento de las mismas. Además, evita el riesgo potencial que sobre la cubierta se produzca contaminación cruzada entre muestras de distintas matrices ambientales.

##### **1.4.2. Organización de las tareas a bordo**

Una vez a bordo, el CT procederá a organizar el personal según el tipo de actividades a realizar y asignará áreas de trabajo sobre la cubierta de la embarcación. Debido que durante el muestreo son variadas las faenas a realizar en forma simultánea, el CT debe optimizar el



espacio y el tiempo disponible con objeto de evitar que el muestreo se vea obstaculizado por un desempeño ineficiente del personal técnico o por una cubierta llena de equipos, cajas y muestras sin orden.

Organizado el trabajo a bordo, el CT analizará con el capitán de la embarcación, mediante una carta náutica, la ubicación y disposición de las estaciones de muestreo, a fin de establecer el mejor "track" de desplazamiento y de esta forma optimizar el tiempo de muestreo efectivo. En este momento, el CT encenderá los GPS, que deberán mantenerse en esta condición durante todo el transcurso del muestreo y comunicará al capitán que se encuentra listo para proceder con el zarpe de la embarcación.

Un aspecto importante se relacionan con las prácticas de seguridad a bordo de la embarcación, mientras se están realizando las actividades de muestreo. Aunque a continuación se enuncian estas prácticas, el listado no es exhaustivo:

- *Los participantes que se encuentran sobre la cubierta de la embarcación deben utilizar un chaleco salvavidas acorde a los requerimientos técnicos que exige la autoridad marítima.*
- *Las personas que manipulen productos químicos peligrosos (tales como ácidos) deben utilizar la protección necesaria a fin de evitar accidentes a bordo, por ejemplo guantes y anteojos protectores.*
- *En aquellos casos que se sospeche que las aguas presentan algún grado de contaminación y puedan afectar la salud de las personas, el muestreador debe utilizar guantes durante las actividades de muestreo y evitar al máximo el contacto de la piel con el medio acuoso.*
- *Los equipos y pertenencias personales a bordo de la embarcación deben ser dispuestas en*

*forma segura, a fin de evitar que se desplacen sobre la cubierta y produzcan algún accidente.*

- *Se deben tomar las precauciones necesarias para cubrir las actividades de algún miembro del equipo ante la posibilidad que presente síntomas de mareo.*

Durante las actividades de muestreo, el CT supervisará personalmente el correcto desarrollo del posicionamiento de la embarcación, el registro de mediciones, la toma de muestras y su ulterior preservación y almacenamiento. Además, el CT verificará el correcto llenado de las fichas de muestreo, especialmente en lo relacionado con las mediciones en terreno, la cantidad de muestras y la rotulación de las mismas.

Así también, a medida que se avance en las actividades de muestreo, el CT velará por un buen almacenamiento de las muestras. Especial cuidado se deberá tener con las muestras más lábiles, por ejemplo aquéllas que requieran de refrigeración o que no deban estar expuestas a la luz del sol.

Una vez que las actividades de muestreo finalicen, el CT junto con el equipo de trabajo verificará que todas las muestras se hallen aseguradas y correctamente almacenadas para su embalaje en cajas diseñadas para este fin. Una vez que la embarcación recale, el CT reunirá todo el material (equipos y muestras) y procederá con el personal a su desembarque. El CT será la última persona en desembarcar, previo chequeo de la cubierta de trabajo.

Finalmente, el CT se dirigirá personalmente a las dependencias de la autoridad marítima para comunicar al oficial de guardia el término de las actividades de muestreo, señalando si hubo o no novedades durante la permanencia en el agua.

## 2. ACTIVIDADES DE MUESTREO

### 2.1. Ubicación de las estaciones oceanográficas

Una vez que los equipos e instrumentos se encuentran preparados en cubierta, y el personal técnico ha sido organizado, el primer paso del muestreo consiste en el posicionamiento de la embarcación en la estación de muestreo. Para ubicar la embarcación en el punto de muestreo, el CT se apoyará tanto en la carta náutica del SHOA (o IGM en su defecto) y en el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), mediante el uso de un georreceptor satelital (por ejemplo GARMIN®).

Debido a que la exactitud del posicionamiento geográfico de la estación depende de la cobertura satelital y del datum, sólo se registrarán las coordenadas del punto cuando exista una cantidad superior a tres satélites que permitan georreferenciar la estación y el CT verifique que el instrumento trabaja bajo el datum WGS 84. Una vez aseguradas ambas condiciones, el CT procederá a posicionar la estación y registrar por escrito en la ficha de muestreo lo siguiente:

- Fecha de muestreo
- Hora de georreferenciación
- Datum
- Error estimado de posición (EPE en inglés)
- Coordenadas UTM del punto de muestreo

Sólo una vez finalizado el posicionamiento satelital del punto, el CT indicará al equipo de trabajo que puede iniciar las actividades de muestreo.

### 2.2. Muestreo de la columna de agua

Concluida la fase de posicionamiento de la embarcación en la estación de muestreo, se dará inicio a la actividad de toma de muestras comenzando con las mediciones directas en el mar, para luego proseguir con la obtención de muestras cuyos análisis se efectúan más tarde en el laboratorio.

#### 2.2.1. Mediciones directas de campo

Consisten en observaciones o determinaciones de propiedades físicas o químicas que se registran *in situ*, es decir, en el mismo lugar de muestreo mediante visualización directa o a través del empleo de equipos o sensores que se introducen directamente en el agua y que arrojan un valor en tiempo real. Según el tipo de información generada, se pueden diferenciar dos tipos de mediciones directas: metadatos y datos.

La anotación de datos y observaciones en terreno deben ser efectuada en las *planillas de muestreo* específicamente confeccionadas para este tipo de muestreo. Revise los formatos de registro de información que se hallan ejemplificados en las planillas que se encuentran en el Anexo 1 de este manual.



Tanto las observaciones como los datos originados en mediciones directas, deben ser registradas inmediatamente en terreno, ya sea en forma escrita (papel) o por algún medio electrónico (computador). Bajo ningún punto de vista el registro de esta valiosa información debe ser postergada para ser consignada más tarde.

### 2.2.1.1. Metadatos

Los metadatos corresponden a todas aquellas mediciones u observaciones que se realizan en forma complementaria durante las actividades de muestreo y que tienen por finalidad facilitar la interpretación de la información que se desprenda durante el análisis de datos. Los

metadatos pueden ser de naturaleza cualitativa o cuantitativa. En el primer caso corresponde a una descripción que se basa sobre una escala relativa, que previamente puede haber sido codificada o categorizada; mientras que en el segundo caso se emplea un instrumento que permite obtener un valor o magnitud.

| Variable             | Método   | Unidad/Códigos                |
|----------------------|--|-------------------------------|
| Fecha de muestreo    | Consignar el día o días en que se efectuó el muestreo, tomando como referencia el calendario gregoriano.   | Fecha (día, mes, año)         |
| Tiempo de muestreo   | Registrar la hora de inicio y de término del muestreo. La hora de inicio comienza cuando la embarcación se ubica en la estación, la de término cuando ésta se abandona.  | Hora (hora: minuto)           |
| Posición             | Registrar las coordenadas UTM de la estación, según se despliega en el visor del georreceptor satelital.   | UTM Norte y UTM Este (metros) |
| Temperatura del aire | Registrar la temperatura atmosférica en un lugar sombrío mediante un termómetro de columna de mercurio, con una precisión de 0,1 °C.   | °C                            |
| Nubosidad            | Estimarla en forma visual, dividiendo la esfera celeste en 8/8, para luego registrar la fracción con cobertura nubosa.   | Octavos                       |
| Dirección del viento | Registrar la dirección de procedencia del viento en forma directa, en base a cuadrantes cardinales principales.  | N, NO, NE, S, SO, SE, E y S.  |
| Velocidad del viento | Medición directa mediante un anemómetro portátil.  | m/seg. Calma (C)              |
| Profundidad          | Medir la profundidad del fondo mediante profundímetro del buzo, escandallo o ecosonda de la embarcación. En caso que los fondos se encuentren a mucha profundidad, el veril se leerá desde una carta de navegación del SHOA. | Metros                        |
| Dirección de olas    | Registrar la procedencia del oleaje por observación directa, en base a cuadrantes cardinales.  | N, NO, NE, S, SO, SE, E y S   |
| Altura de olas       | Estimar mediante observación visual del mar.   | Metros. Sin oleaje (S/O)      |

### 2.2.1.2. Datos

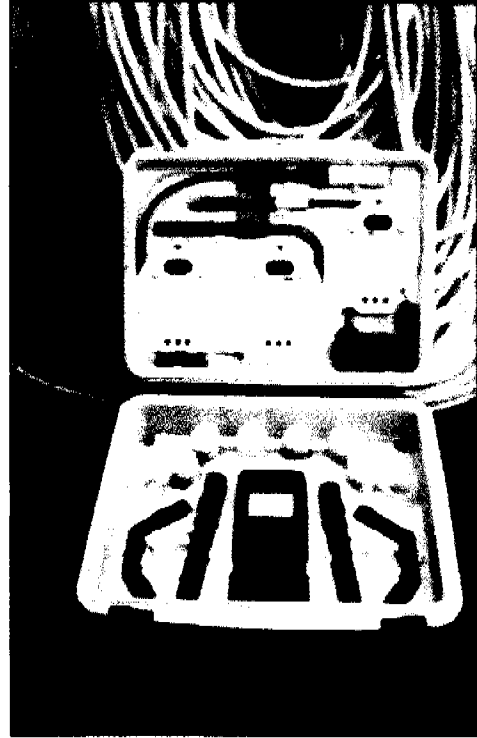
Corresponden a las mediciones directas de aquellos parámetros que son objeto de estudio. La medición arroja un valor que puede ser adimensional (sin unidad) o dimensional (acompañado de la unidad de medición).

### 3. COLUMNA DE AGUA

Para la toma de muestras de agua a la profundidad deseada, se utiliza de preferencia una botella oceanográfica tipo Niskin o van Dörn de no más de 5 L de capacidad. Este aparato se monta en un cabo resistente y sin nudos de unión, ya que sobre éste se deslizará un mensajero de metal cuya función será accionar el mecanismo de cierre de la botella bajo el agua.

Es altamente recomendable que los mensajeros sean de acero inoxidable o estén recubiertos por Teflón® para evitar la potencial contaminación de las muestras de agua, en caso que éstas se destinen a la determinación de metales pesados.

Un aspecto práctico tiene que ver con el ingreso y descenso de la botella oceanográfica en el agua. Es recomendable colocar un muerto al final del cabo sustentador, de modo que éste se mantenga recto bajo el agua y de este modo se evite la inclinación de la botella, ya que bajo estas condiciones se dificulta que el mensajero accione el mecanismo de cierre de la botella.





## 3.1. **Temperatura**

La temperatura puede ser medida utilizando termómetros de columna de mercurio o termómetros digitales, desde muestras de agua contenidas en recipientes de vidrio o plásticos, en caso que se requiera medir sólo la temperatura superficial del cuerpo de agua. Debido a que la temperatura de la muestra puede cambiar rápidamente tras su retiro de la fuente de agua original, las mediciones deben ser realizadas inmediatamente después que la muestra ha sido tomada.

Por otra parte, si es necesario conocer la estructura térmica del cuerpo de agua no hay otra alternativa más que efectuar mediciones *in situ* o directas a distintas profundidades dentro de la columna de agua. Si bien es cierto, existe la opción de utilizar termómetros de inversión para efectuar las mediciones, este procedimiento es largo y actualmente no se utiliza frecuentemente. En vista de lo señalado, para las mediciones de temperatura se recurre a instrumentación directa tal como termómetros digitales o perfiladores de CTD.

### 3.1.1. Instrumentación.

- Termómetro de columna de mercurio
- Teletermómetro
- Perfilador de CTD

### 3.1.2. Procedimiento de medición con termómetro de columna de mercurio

Con el fin de disponer de un valor referencial de la temperatura superficial del agua, se puede

obtener una muestra de agua y medir su temperatura en forma inmediata. Para este caso se sigue el siguiente procedimiento:

1. Utilizando un recipiente (por ejemplo un balde plástico) obtenga una muestra de agua superficial y llévela a un sitio que no esté expuesto a la luz directa del sol.
2. Introduzca el extremo del termómetro de mercurio en el agua y agítelo suavemente por un minuto. Observe el valor de la temperatura y agite nuevamente. Si la temperatura es la misma a la anteriormente registrada, anote este valor en la planilla de muestreo. En caso contrario, repita el procedimiento hasta que la temperatura alcance un valor de estabilización.

Este valor servirá de referencia para equalizar la temperatura del teletermómetro o perfilador de CTD.

### 3.1.3. Procedimiento de medición con teletermómetro

El teletermómetro consiste en una termocupla, integrada por los circuitos electrónicos, visor y baterías, todos ellos contenidos dentro de una caja protectora e impermeabilizada. Además, trae incorporado un cable de longitud variable (generalmente de 50 m) en cuyo extremo se encuentra el sensor de temperatura. Es necesario incorporar un peso en el extremo del cable para asegurar su descenso en forma recta hasta la profundidad deseada.

Mediante este instrumento se pueden realizar mediciones discretas de la temperatura de la

columna de agua a intervalos programados previamente. Generalmente, hasta los 20 m de profundidad se efectúan registros a intervalos de 1 m, mientras que a profundidades mayores las mediciones se realizan cada 5 m. La sensibilidad de este aparato es de 0,01°C.

El procedimiento para operar este instrumento consiste en lo siguiente:

1. Antes de utilizar la unidad, verifique que las baterías poseen carga suficiente para utilizar el aparato durante una jornada diaria completa. Ante cualquier eventualidad, deberá tener a la mano baterías adicionales para recambio.
2. Coloque y asegure un peso al extremo del cable sensor que permita el descenso vertical en la columna de agua. En caso que el cable forme una curva catenaria durante su descenso por efecto de corrientes, aumente el peso al extremo del cable sin arriesgar la integridad del mismo.
3. Sumerja y ubique el sensor inmediatamente bajo la superficie del agua, asegurando que aún con el movimiento natural del agua éste no aflore a la superficie.
4. Mantenga el sensor durante un cierto tiempo (por lo general cerca de dos minutos) para que se ecualice con la temperatura ambiente en el medio marino.
5. Una vez que el sensor se ha estabilizado (*i.e.* escasa variación a nivel de segundo decimal), registre el valor de la temperatura en su ficha de muestreo.

6. Libere el cable sensor para que descienda al siguiente estrato de profundidad. Dado que el instrumento ya se encuentra ecualizado, el tiempo de respuesta es menor, siendo en promedio de 30 segundos.

7. Este procedimiento se repite para cada estrato hasta alcanzar la profundidad máxima de medición.

### 3.1.4. Procedimiento de medición con perfilador de CTD

Una vez que la embarcación ha arribado al sitio de muestreo y se ha posicionado en la estación de monitoreo, recién el operador del CTD deberá aprestarse para utilizar este instrumento. Antes de usar el perfilador éste deber ser inicializado sin ningún lance anterior ("zero cast"). En caso que los "cast" sean almacenados en memoria es necesario reinicializar la unidad antes de ser sumergida.

A continuación se describe un procedimiento estándar para operar un CTD:

1. Verifique que la profundidad de la estación en donde lanzará el perfilador, de modo que la unidad no toque el fondo ya que en caso contrario los sedimentos podrían adherirse a los sensores ocasionando potenciales fallas al instrumento.
2. Encienda el CTD y sumerja la unidad hasta que el extremo superior se encuentra justo bajo el agua. En caso que exista mucho oleaje, sumerja el perfilador de modo que no aflore a la superficie con el movimiento del agua. Registre el tiempo (hora) cuando el CTD fue activado.

3. Mantenga la unidad a esta profundidad durante un lapso (al menos 3 minutos) para que eualice con la temperatura ambiente. Si no se aplica este tiempo de espera, el instrumento podría registrar sobrestimaciones en las mediciones de temperatura.
4. Descienda lentamente el perfilador hacia el fondo. La velocidad de descenso no debe superar 1 m/s. Para obtener óptimos resultados, es recomendable que el operador sumerja la unidad a una velocidad entre 0,25 y 0,5 m/s. Así mismo, la tasa de barrido ("scan rate") no debe ser inferior a 1 scan por segundo. En último caso, la tasa de barrido óptimo y la velocidad de descenso dependen de las condiciones del mar imperantes durante la operación del instrumento.
5. Después que el CTD ha alcanzado la profundidad deseada, súbalo a la superficie sin tener consideraciones sobre su velocidad de retiro. Solamente las mediciones efectuadas por el perfilador en descenso son utilizadas como registro. Apague el CTD una vez que se encuentre a bordo.
6. Este proceso se repite para cada una de las estaciones. Una vez finalizados todos los "casts", conecte el cable de comunicaciones del computador al CTD y transfiera los registros desde la memoria dura del instrumento al disco duro del PC. Como medida de seguridad respalde la información en disquetes rotulados.



## 3.2. Salinidad

La salinidad es una medida de la cantidad total de sólidos disueltos en una muestra de agua. Su determinación directa por evaporación y pesada de las sales residuales tras el secado es muy difícil de realizar, debido a las pérdidas que se producen de algunos compuestos en las últimas etapas del secado. A ello se agrega que el procedimiento es largo y tedioso, lo que impide la determinación directa en forma rutinaria. Como consecuencia de lo anterior, Knudsen desarrolló e implementó un método volumétrico para la cuantificación de la salinidad, el cual ha sido empleado por más de 70 años en el campo de la oceanografía.

Con el advenimiento de nueva tecnología, se han efectuado avances importantes en la medición de la conductividad del agua de mar, lo que en definitiva ha significado aplicar este principio en la determinación de la salinidad. Actualmente, con la implementación de métodos conductimétricos rutinariamente se puede alcanzar una precisión de  $\pm 0,003$  contra  $\pm 0,02$  del método volumétrico.

### 3.2.1. Equipos e instrumentos

- Botellas de salinidad (200 – 250 mL)
- Perfilador de CTD



### 3.2.3. Procedimiento de medición con perfilador de CTD

El procedimiento para registrar los contenidos de salinidad *in situ* no difiere del detallado para el perfilamiento de la temperatura en la columna de agua, que el instrumento mide simultáneamente ambos parámetros (temperatura y salinidad).

### 3.2.4. Procedimiento de muestreo y fijación de las muestras de agua

En primer lugar, las botellas de salinidad al momento de ser utilizadas siempre deben contener en su interior una pequeña cantidad de agua. Esta condición es responsabilidad del laboratorio que facilita el material de vidrio.

1. Una vez que la botella oceanográfica se encuentra a bordo, deseche el agua contenida dentro de la botella de salinidad y transfiera una pequeña cantidad de líquido (10 a 20 mL aproximadamente) a objeto de enjuagar la botella ("cebado") con agua procedente del mismo sitio de muestreo. Realice este procedimiento dos veces.
2. Efectuado el enjuague, transfiera el agua y llene la botella hasta poco menos del cuello.
3. Cierre herméticamente la botella y verifique que no existen filtraciones a través de la rosca.
4. Registre el código de la etiqueta en la planilla de muestreo.

5. Almacene la botella en forma vertical en un ambiente de temperatura estable. Bajo estas condiciones, la muestra puede ser almacenada por varios meses.

### 3.2.5. Análisis en el laboratorio

La determinación de la salinidad se realiza mediante medición de la conductividad eléctrica. El fundamento del método consiste en medir la conductividad de la muestra problema, previa calibración mediante una muestra de conductividad conocida (agua de mar estándar); la salinidad se obtiene a partir de la conductividad utilizando las Tablas Oceanográficas Internacionales, en las cuales se encuentra calculada la relación entre salinidad y conductividad de acuerdo con la definición de Escala de Salinidad Práctica (UNESCO; 1981). Para realizar este tipo de mediciones se utilizan salinómetros de inducción.

## 3.3. Cloro residual

El cloruro (Cl) es el único ión estable en aguas naturales. Sus sales son casi todas solubles y no tiene un rol importante en la vida celular.

Los cloruros pueden ser de origen mineral natural o ser producidos por contaminación de aguas marinas, sales provenientes de insecticidas y herbicidas, aguas de desechos humanos o animales, efluentes de industrias papeleras, plantas galvanizadoras, refinerías de petróleo, etc.

### 3.3.1. Instrumentos

- Kit colorimétrico Merck
- Unidades de Clorina libre

### 3.3.2. Procedimiento de medición

Una vez obtenida la muestra de agua, dos alícuotas deben ser transferidas a los tubos de análisis que provee el set, sin agregar ningún tipo de preservantes. El procedimiento que se efectúa es el siguiente:

1. Transferir una alícuota de aproximadamente 15 mL en el tubo plástico N° 1, el cual actuará como blanco.
2. Una cantidad igual de la muestra de agua debe ser colocada en el segundo tubo.

3. En este último, se debe agregar el contenido total de un sobre de Clorina libre.
4. Luego, tape la boca del tubo y agite enérgicamente para proveer una mezcla homogénea y dilución total del contenido del sobre. Esto permitirá que la clorina reaccione con el cloruro libre en la muestra, otorgando una coloración definida.
5. Ubique el tubo en el casillero correspondiente y compare el color adquirido por la muestra con la rueda de colores que provee el set.
6. Registre la concentración obtenida según el color en la planilla de datos.
7. Lave con agua destilada ambos tubos luego de analizar cada muestra.

### 3.3.3. Algunas consideraciones importantes

El análisis de la concentración de cloro conviene realizarlo lo antes posible luego de tomar la muestra, ya que este es un elemento muy lábil que puede variar en su concentración muy rápidamente. Sin embargo, en el caso de que la muestra sea obtenida a bordo de una embarcación de espacio limitado, se recomienda realizar el análisis inmediatamente al desembarcar, sobre una superficie estable.

Pese a que el análisis es rápido y sencillo, es necesario manipular los tubos y sobres de clorina con precaución, recomendándose mantener las manos limpias y libres de impurezas a fin de evitar la contaminación de la muestra.

## 3.4. **Transparencia**

La transparencia del agua es una medición estimativa de la presencia de material suspendido en la columna de agua. Si bien existen distintos métodos para cuantificar la presencia de sólidos en la columna de agua, la estimación de la penetración de la luz visible mediante el empleo de disco Secchi se constituye en una alternativa ampliamente utilizada, simple de realizar y de bajo costo.

### 3.4.1. Equipos e instrumentos

La transparencia se mide utilizando un disco Secchi. Este aparato generalmente consiste en una plancha circular de diámetro estándar (30 cm). Aunque también se utilizan discos de 20 cm de diámetro. La cara superior del disco debe ser blanca. Mediante un cabo graduado cada 0,5 m conectado al centro del disco se asegura este instrumento y permite que el operador lo pueda manipular.

Para que el disco se sumerja con facilidad y en forma vertical, se le adosa en el punto central de la cara inferior un peso de 2 a 4 kg. El material de la línea guía (cabo graduado) debe ser de baja elasticidad y lo suficientemente dúctil para que no se enrolle sobre sí mismo después de ser utilizado repetidas veces.

### 3.4.2. Procedimiento de medición

Para efectuar las mediciones con el disco Secchi se sigue el siguiente procedimiento:

1. Sumerja el disco Secchi por el costado (borda) más sombrío de la

embarcación, hasta que se haga prácticamente imperceptible a su vista.

2. Registre esta profundidad a los 0,5 m más próximos leída en el cable graduado. Por ejemplo, si lee al ojo "4,7 m", registre una profundidad de 5 m; mientras que si lee "4,3 m" el registro anótelos como 4 m.
3. Registrada esta profundidad, sumerja el disco hasta que desaparezca totalmente de su vista.
4. Suba el disco en forma lenta hasta que nuevamente lo divise bajo el agua.
5. Registre también esta profundidad en la planilla de muestreo. El promedio de estas dos mediciones (de bajada y de subida) constituye el valor de la transparencia del agua.

### 3.4.3. Algunas consideraciones importantes

Es importante tener en mente que las lecturas del disco Secchi son dependientes de la iluminación disponible y que ésta varía según la hora del día, la presencia de nubosidad y la transparencia de la atmósfera en general. Así también, estas lecturas pueden variar dependiendo de la agudeza visual del operador.

Para estandarizar estos registros, un mismo individuo debería efectuar mediciones repetitivas bajo las mismas condiciones de iluminación ambiental. Dado que este criterio no siempre es posible de cumplir, en la ficha de muestreo se debería incorporar aspectos meteorológicos, la hora de la medición y el nombre de la persona que la realizó.

## 3.5. pH

El pH es una medida de la acidez o basicidad del agua<sup>1</sup>. La determinación del pH se efectúa electrométricamente mediante el empleo de electrodos ión específicos (electrodos de vidrio) utilizando como referencia electrodos calomel o plata-plata-cloro. El procedimiento potenciométrico representa una práctica normal en oceanografía dada la disponibilidad de este tipo de electrodos en el mercado y, además, la confiabilidad de los voltímetros con una impedancia de más de 10 ohms.

La mayoría de los ciclos diarios del pH son el resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas. Mediante la fotosíntesis, las plantas convierten la energía del sol en productos químicos que necesitan para vivir y crecer. Durante las horas de luz, las plantas acuáticas consumen dióxido de carbono (un ácido) y producen hidróxido (una base). Como resultado de este proceso, el agua se torna más básica durante el día (los valores de pH son más altos) y generalmente los máximos ocurren a media tarde o ya entrada la tarde.

Virtualmente todos los organismos acuáticos producen dióxido de carbono a través del metabolismo normal de los alimentos (respiración). A raíz de ello, el agua exhibe una mayor acidez durante la noche (los valores de pH descienden) y generalmente son más bajos justo antes de la salida del sol

<sup>1</sup> Esta medición difiere de la acidez y alcalinidad, ya que ambas son medidas de la capacidad del agua para neutralizar bases o ácidos, respectivamente.

### 3.5.1. Instrumentación

- pHmetro
- Pizeta con agua destilada
- Buffers (pH 7 y pH 10)

El instrumento más adecuado para realizar las lecturas de este parámetro es el medidor de pH o pHmetro. Hoy en día existen numerosos pHmetros de buena calidad disponibles comercialmente en el mercado. Como requisitos básicos para trabajos en el mar, es recomendable que este instrumento disponga de un visor digital que despliegue al menos dos decimales. Como característica adicional, el instrumento debe ser a prueba de agua (dulce y marina).

Cada cierto lapso (al menos una vez al día) es recomendable calibrar el pHmetro con soluciones de pH conocidas llamadas "buffers", que están disponibles comercialmente en cualquier empresa expendedora de productos químicos o de laboratorio. Cada buffer tiene un pH específico a una temperatura determinada.

La temperatura también influencia el potencial eléctrico del electrodo del pH. Esta fuente potencial de error se elimina empleando pHmetros equipados con compensación automática de temperatura (ATC en inglés).

### 3.5.2. Procedimiento de medición

Debido a que este parámetro es altamente inestable, principalmente cuando la muestra de agua entra en contacto con el dióxido de carbono presente en el aire, su medición se debe realizar inmediatamente después de



transferida la alícuota para la determinación de oxígeno disuelto.

Para evacuar la muestra de agua desde la botella oceanográfica, es imprescindible que la cánula de ésta tenga conectada una pequeña manguera flexible y transparente que permite el escurrimiento de agua en forma fluida y controlada hacia la botella de vidrio que recepcionará la muestra para la medición del pH.

La manguera debe ser introducida en la botella de vidrio hasta que tope el fondo. A continuación, se abre la válvula de aire y la llave de paso de la botella oceanográfica a fin que escurra el agua en forma suave sin que genere turbulencias y burbujas al interior de la botella de vidrio. Una vez que el agua rebalse la botella, se deja escurrir al menos un volumen completo antes de proceder a retirar cuidadosamente la manguera del interior y tapar este envase. La persona que toma esta muestra debe verificar que no queden atrapadas burbujas de aire bajo la tapa. La medición del pH debe realizarse inmediatamente, o en su defecto en un plazo no mayor a una hora después de obtenida la muestra.

Para realizar la medición realice los siguientes pasos:

1. Enjuague el sensor con agua destilada y luego introdúzcalo en la muestra de agua
2. Agite con el sensor en círculos hasta que la lectura en el visor se mantenga estable u oscile dentro de un estrecho rango. En términos prácticos, la tasa de variación debe ser menor que 0,03 unidades por minuto. Este paso puede tardar hasta 10 minutos; en caso que la estabilización de la lectura se

prolongue por más tiempo, es señal que el sensor está sucio o necesita ser reemplazado.

3. Incluso aún después de haberse estabilizado, la lectura a menudo fluctúa en  $\pm 0,04$  unidades.
4. Registre el valor de pH en la planilla de muestreo
5. Retire el sensor de la muestra y enjuáguelo con agua destilada
6. En caso que realice mediciones secuenciales, es conveniente verificar el instrumento cada 10 muestras con los respectivos buffers. El valor del pH no debería cambiar más de 0,2 unidades; en caso contrario, deberá recalibrar el instrumento antes de proseguir.

## 3.6. S. Suspendidos

### 3.6.1. Equipos e instrumentos

- Botellas plásticas de alta densidad de 1 L de capacidad con tapas de cierre rosca

### 3.6.2. Procedimiento de muestreo y fijación de las muestras de agua

La alícuota para este análisis se transfiere directamente desde la botella oceanográfica a la botella de almacenamiento, tras haber evacuado los correspondientes volúmenes para los análisis de oxígeno disuelto y para la medición del pH.

En caso que se aprecie material particulado no representativo tal como hojas y ramitas, éste debe ser excluido de la composición de la muestra recolectada.

Las muestras de agua para sólidos suspendidos no pueden ser preservadas adecuadamente y deben ser analizadas tan pronto sean recolectadas (APHA, 1989). Sin embargo, si ello no es posible y deben permanecer almacenadas, estas muestras deben ser preservadas 4°C para minimizar la descomposición microbiológica de los sólidos presentes en la matriz acuosa.

El procedimiento es el siguiente:

1. Abra la válvula de agua de la botella oceanográfica y transfiera 1 L de muestra a la botella plástica

2. Llene la botella hasta el tope, sin dejar aire en su interior
3. Tape la botella, asegurando la tapa fuertemente al envase y verifique que no existen filtraciones
4. Registre el código de la etiqueta en la planilla de muestreo
5. Almacene la muestra dentro de una nevera con hielo en su interior

El tiempo de permanencia bajo estas condiciones no debe exceder los 7 días.

### 3.6.3. Análisis en el laboratorio

La determinación del contenido de sólidos suspendidos se realiza mediante gravimetría. Este procedimiento implica la medición de material retenido sobre filtros. Es recomendable emplear filtros de membrana de 0,40 o 0,45  $\mu\text{m}$  para retener el material particulado ya que a diferencia de los filtros de fibra de vidrio especificados en los métodos de la EPA y de la APHA, los primeros poseen un tamaño de poro más uniforme. Además, los filtros de membrana son ampliamente utilizados en los trabajos oceanográficos de aguas costeras.

La temperatura de secado del residuo filtrado puede influenciar los resultados, ya que ésta junto con el tiempo de calentamiento afectan la pérdida de peso debido a la volatilización del material orgánico; por otra parte, también se producen ganancias por procesos de oxidación. En consecuencia, la temperatura de secado debe ser cuidadosamente controlada, manteniéndose dentro de un rango de 103-

105°C. Se recomienda que el tiempo de secado sea uniforme y no exceda las 6 horas. Para evitar contaminación, los filtros deben ser manipulados con pinzas durante todos los pasos que involucre su determinación analítica. Como medida preventiva, los filtros siempre deben ser almacenados dentro de un desecador cuando se están enfriando. Durante el filtrado de las muestras, es crítico que el filtro esté completamente adherido sobre la superficie del aparato filtrador. Para asegurar la completa remoción de sales después que la muestra ha sido filtrada, el filtro debe ser enjuagado filtrando un mínimo de tres alícuotas de 20 mL en forma sucesiva.

Es recomendable filtrar un volumen de agua apropiado para retener a lo menos 5 mg de

residuo. Es importante que el analista observe la muestra antes de proceder a filtrarla, ya que si ésta es demasiado turbia el empleo de un volumen muy grande podría ocasionar la retención de sólidos en forma excesiva en el filtro, formándose una película o costra que dificultaría el paso del agua a través del filtro. Por otra parte, la aplicación de tiempos de filtración muy prolongados ocasiona que el filtro se ocluya generando resultados altos por efecto de la captura de partículas que en un filtro sin este artefacto podrían atravesarlo sin inconvenientes.

Finalmente, los resultados deben ser comunicados como mg/L de sólidos suspendidos y los valores deben incluir como mínimo dos cifras significativas.

## 3.7. S. Sedimentables

### 3.7.1. Equipos e instrumentos

- Botellas plásticas de alta densidad de 1 L de capacidad con tapas de cierre rosca

### 3.7.2. Procedimiento de muestreo y fijación de las muestras de agua

La alícuota para este análisis se transfiere directamente desde la botella oceanográfica a la botella de almacenamiento.

En caso que se aprecie material particulado no representativo tal como hojas y ramitas, éste debe ser excluido de la composición de la muestra recolectada.

Las muestras de agua para sólidos sedimentables no pueden ser preservadas adecuadamente y deben ser analizadas tan pronto sean recolectadas (APHA, 1989). Sin embargo, si ello no es posible y deben permanecer almacenadas, estas muestras deben ser preservadas a 4°C para minimizar la descomposición microbiológica de los sólidos presentes en la matriz acuosa.

El procedimiento es el siguiente:

1. Abra la válvula de agua de la botella oceanográfica y transfiera 1 L de muestra a la botella plástica
2. Llene la botella hasta el tope, sin dejar aire en su interior

3. Tape la botella, asegurando la tapa fuertemente al envase y verifique que no existen filtraciones
4. Registre el código de la etiqueta en la planilla de muestreo
5. Almacene la muestra dentro de una nevera con hielo en su interior

El tiempo de permanencia bajo estas condiciones no debe exceder los 7 días.

### 3.7.3. Análisis en el laboratorio

La determinación de este parámetro se efectúa mediante técnica volumétrica por gravimetría.

En primer lugar, se vierte 1 litro de muestra líquida dentro de un cono Imhoff agitada previamente y se deja reposar durante 45 minutos. Transcurrido este lapso, la muestra se agita nuevamente en forma suave con una varilla por las paredes del cono y se espera 15 minutos. Finalmente, se registra el volumen de material sedimentado en el cono como miligramos por litro a la hora.

## 3.8. Oxígeno disuelto

El término oxígeno disuelto se refiere a la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelto en el agua a una temperatura y presión atmosférica dadas. La exactitud de los datos de concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua es esencial para documentar cambios en el ambiente causados por fenómenos naturales y actividades humanas. Las fuentes de OD en el agua incluye el intercambio con la atmósfera y la actividad fotosintética de las plantas acuáticas. Muchas reacciones químicas y biológicas dependen directa o indirectamente de la cantidad de oxígeno presente. El OD es necesario en los sistemas acuáticos para la sobrevivencia y crecimiento de muchos organismos acuáticos.

En el agua de mar, la concentración de este gas oscila desde aproximadamente 0 a 10  $\text{cm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Los niveles de oxígeno disuelto presentes en el agua de mar estarán estrechamente relacionados con las condiciones de salinidad y temperatura del cuerpo de agua. Un aumento de temperatura y presencia de sales disueltas reduce la solubilidad de este gas. La reducción de este gas en la columna de agua depende de procesos respiratorios y de oxidación microbológica y química, mientras que su producción se asocia con la fotosíntesis.

Si bien existen diversas técnicas de determinación del oxígeno disuelto, las de tipo volumétricas (Winkler, 1988) y electrométricas son las más ampliamente utilizadas. Si bien los métodos electrométricos no son tan exactos en comparación con el anterior, tiene la ventaja de su velocidad, posibilidad de registro

continuo y, generalmente, ausencia de interferentes por contaminantes (Prado, 1995).

### 3.8.1. Equipos e instrumentos

- Oxigenómetro
- Matraz yodométrico (125 mL) con cuello y tapa normalizados
- Reactivos de fijación (solución de ion manganoso y solución de yoduro alcalino)
- Dispensadores de reactivos o pipetas
- Agua destilada

### 3.8.2. Medición con oxigenómetro

En caso que se realicen mediciones directas del contenido de oxígeno disuelto, se debe disponer de un oxigenómetro. Este instrumento que puede estar construido como una unidad independiente o formando parte de un instrumento multiparamétrico, consta de un sensor que se introduce directamente en la muestra de agua registrando en tiempo real la concentración de oxígeno disuelto en  $\text{mg/L}$  o en  $\text{mL/L}$  ( $\text{cm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$ )<sup>2</sup>.

Dado que para este tipo de mediciones no se utilizan reactivos de fijación para preservar las muestras, las mediciones deben ser efectuadas inmediatamente después de su obtención (15 minutos como tiempo máximo). Si bien los resultados que arrojan las mediciones con oxigenómetro son de menor calidad que las efectuadas mediante el método de Winkler, tienen la ventaja de ser directas y de no requerir la infraestructura necesaria para envasar y preservar las muestras.

<sup>2</sup> Si bien en estricto rigor la unidad de medición corresponde al  $\text{cm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$ , actualmente se acepta que el litro es una notación especial del decímetro cúbico y que las diferencias entre 1 mL y 1  $\text{cm}^3$  son despreciables y no tienen mayor efecto sobre los niveles de medición.

Varias precauciones se deben tener en mente cuando se realiza este tipo de mediciones que implican el uso de un electrodo de membrana. En primer lugar, se debe agitar en forma constante la muestra cuando se introduce el sensor en el agua, a objeto de asegurar la precisión en las mediciones. En condiciones óptimas, y si las condiciones lo permiten, el uso de un agitador magnético sobre el fondo del recipiente genera una turbulencia uniforme en la muestra de agua.

En segundo lugar, el oxigenómetro debe contar con compensación de temperatura. Además, la presencia de gases reactivos como cloro y sulfuro de hidrógeno, pasan a través de esta membrana y potencialmente pueden interferir el análisis o afectar la sensibilidad del instrumento. Finalmente, la variabilidad en los tipos y concentraciones de sales presentes en las muestras, pueden influenciar la presión parcial de oxígeno y en consecuencia afectar la exactitud de las mediciones.

### **3.8.3. Procedimiento de muestreo y fijación de las muestras de agua**

Es recomendable que los reactivos de fijación no tengan mucho tiempo de almacenamiento, privilegiándose su preparación días antes de ser empleados en la campaña de monitoreo. Debido a que estos compuestos químicos son sensibles a la luz, deben ser envasados en botellas oscuras.

Una vez que se dispone de la botella oceanográfica en cubierta con la muestra de agua en su interior, la primera alícuota que se transfiere es la destinada para el oxígeno disuelto. Esta operación debe realizarse con extremo cuidado, evitando que durante la transferencia del agua la turbulencia genere burbujas de aire al interior de la botella, ya que

su presencia podría alterar los niveles originales de oxígeno disuelto.

Para evacuar correctamente la muestra de agua, la botella oceanográfica debe tener conectada una manguera flexible transparente (por ejemplo de silicona) a su cánula de salida. El procedimiento para transferir la alícuota es el siguiente:

1. Sostenga el tubo flexible con una mano dirigiendo su abertura de salida hacia arriba.
2. Con la otra mano, abra la llave de salida de agua de la botella oceanográfica
3. Abra lentamente la válvula de entrada de aire de la botella, procurando que el líquido escurra lentamente desplazando todo el aire de la manguera, sin que se formen burbujas que pudieran quedar atrapadas.
4. Introduzca la manguera en la botella yodométrica, de modo que toque suavemente el fondo y aumente el flujo accionando la válvula de entrada de aire de la botella. Durante este proceso debe evitar generar turbulencias y agitación del agua.
5. Una vez lleno el matraz, deje rebalsar y escurrir el agua hasta uno o veces su volumen.
6. Terminada la operación anterior, extraiga lentamente la manguera del matraz, cerrando la llave justo antes que el extremo de la manguera salga a la superficie. Si en esta etapa observa burbujas de aire al interior de la botella, deseche la muestra y proceda a transferir otra alícuota.

7. Si no observa burbujas, con el matraz aún abierto agregue 1 mL (1 cm<sup>3</sup>) de la solución de ión manganoso, coloque la punta del dosificador o pipeta bajo la superficie del agua de modo que la salida del reactivo se ubique cerca de la base del cuello del matraz.
8. A continuación agregue 1 mL de la solución de yoduro alcalino. En este procedimiento, la punta del dosificador o pipeta no debe introducirse en la muestra de agua, sino colocarse justo sobre la superficie y cerca del borde del matraz, a objeto de evitar su contaminación con ion manganoso. Si accidentalmente ocurra, enjuague la punta de la pipeta con agua destilada.
9. Debido a la alta densidad de ambos reactivos, éstos se hunden hasta el fondo y al reaccionar entre sí forman un precipitado cuya coloración depende del contenido de oxígeno disuelto presente en la muestra.
10. Cierre el matraz con el tapón de vidrio y agite vigorosamente por 1 minuto aproximadamente, con lo cual el oxígeno queda fijado. Deje decantar el precipitado pardo que se forma durante 10 a 20 minutos y luego agite nuevamente la muestra. Deje reposar.
11. Almacene las muestras en un ambiente de oscuridad con temperatura estable. Si se emplean matraces yodométricos con embudo que permiten un sello de agua en torno al tapón (por ejemplo Corning N°5400<sup>®</sup>), las muestras pueden ser almacenadas por varios días (Riley, 1975). En cambio, si el matraz carece de sello de agua, puede ser almacenado por hasta 12 h.

### 3.8.4. Análisis en el laboratorio

Una vez ingresadas las muestras al laboratorio, el analista debe proceder inmediatamente a la determinación del contenido de oxígeno disuelto en las muestras de agua. El método recomendado

corresponde al de titulación<sup>3</sup> de Winkler (1888). La mayoría de los datos de concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar han sido obtenidos aplicando el método de Winkler



modificaciones de éste. No obstante su antigüedad, este método es el más preciso y exacto para la determinación de este gas. La esencia del método es convertir el oxígeno disuelto en la muestra de agua en un equivalente químico de yodo susceptible de ser valorado cuantitativamente.

El método de Winkler sólo debe ser empleado para la determinación de oxígeno en aguas relativamente puras. La presencia de interferentes en la matriz acuosa puede causar errores de magnitud en las determinaciones. Las sustancias interferentes que ocasionan alteraciones si están en concentraciones excesivas son: materia orgánica, nitrito, sales ferrosas, sulfito, tiosulfato, politionato, cloro libre e hipoclorito.

<sup>3</sup> La titulación es un método analítico estándar que mide la cantidad de un reactivo o solución que se requiere para reaccionar con otro reactivo o solución. Para este caso, la cantidad de tiosulfato de sodio que se necesita para reaccionar con el yodo presente en la muestra de agua.

## 3.9. Nitrógeno total

El nitrógeno puede ocurrir en muchas formas distintas en el medio ambiente, debido a que en su ciclo puede circular bajo distintas variantes. Las formas de nitrógeno que más frecuentemente son analizadas corresponden a aquellas con mayor biodisponibilidad: nitrógeno de nitrato y nitrito solubles ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ), amonio ( $\text{NH}_3$ ) y nitrógeno total Kjeldahl (que corresponde a la suma del amonio libre y el nitrógeno orgánico). El nitrato es especialmente importante debido a que es relativamente soluble en el agua en comparación con otras formas de nitrógeno.

### 3.9.1. Equipos, instrumentos y reactivos

- Botellas plásticas (1 L) de alta densidad
- Acido sulfúrico concentrado
- Guantes quirúrgicos
- Anteojos de protección
- Dispensador



### 3.9.2. Procedimiento de muestreo y fijación de las muestras de agua

El procedimiento para recolectar las muestra para este análisis es el siguiente:

1. Transfiera una cantidad suficiente de agua a la botella plástica y un enjuáguela (cebado).
2. Transfiera una alícuota de 1 L a la botella plástica receptora.

3. Agregue 1 mL de ácido sulfúrico concentrado para fijar la muestra (verifique un pH 2 en la muestra).
4. Cierre herméticamente la tapa de la botella.
5. Verifique la ausencia de filtraciones en la botella.
6. Anote el código de la etiqueta en la planilla de muestreo.
7. Almacene la botella en una nevera con hielo en su interior.

### 3.9.3. Análisis de laboratorio

El nitrógeno se cuantifica aplicando el método Kjeldahl, el que determina el nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal simultáneamente y se agregan en el cálculo los análisis de nitrógeno – nitrato y nitrógeno – nitrito. El método Kjeldahl puede ser estructurado en base a tres etapas.

**Digestión.** Se descompone el nitrógeno mediante la adición de una solución de ácido concentrado. Este paso se efectúa en caliente con ácido sulfúrico concentrado en presencia de sulfato de potasio y de sulfato mercúrico. El producto final es una solución de sulfato de amonio.

**Destilación.** Se agrega base en exceso ( $\text{NaOH}$ ) a la mezcla de digestión ácida para convertir el  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NH}_3$ , seguido de una ebullición y condensación del  $\text{NH}_3$  gaseoso en una solución receptora.

**Titulación.** Es el paso final para cuantificar la cantidad de amonio en la solución receptora.



## 3.10. DBO<sub>5</sub>

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es una forma de estimar el oxígeno requerido para que una población microbial heterogénea en un tiempo dado y a una temperatura dada, oxide la materia orgánica en una muestra de agua.

Teóricamente, el tiempo requerido para completar la bioxidación de la materia orgánica es infinitamente largo. Por lo tanto, la rata de cambio en el tiempo de la concentración de la materia orgánica es una función de la cantidad de material biodegradable que queda en un momento.

### 3.10.1. Equipos e instrumentos

- Botellas ámbar de 1 L de capacidad con tapa rosca
- Matraz yodométrico (125 mL) con cuello y tapa normalizados
- Reactivos de fijación (solución de ion manganoso y solución de yoduro alcalino)
- 3 cilindros de incubación
- Dispensadores de reactivos o pipetas
- Agua destilada

### 3.10.2. Procedimiento de muestreo

La muestra de agua para este análisis se transfiere directamente desde la botella oceanográfica a una botella ámbar de 1 L de capacidad. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Transfiera una cantidad suficiente de agua a la botella ámbar y enjuáguela (cebado).

2. Llene la botella completamente evitando el borboteo y tápela firmemente.
3. Ubique la muestra a la sombra mientras termina su muestreo y dispóngala en oscuridad y refrigeración (4°C) lo antes posible. De esta forma, la muestra se puede preservar hasta por 48 horas.

### 3.10.3. Análisis en el laboratorio

Para la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno se utiliza el método de las diluciones en cilindros.

En un cilindro graduado de un litro se prepara la dilución deseada. Se sifonea la mezcla en el cilindro a tres botellas de 300 mL cada uno y se determina la concentración de oxígeno disuelto en una de las botellas por el método de Winkler. Este nivel otorga el oxígeno disuelto inicial.

Se incuban las otras dos botellas a 20°C en la oscuridad y las tapas de estas botellas son cerradas con agua (water seal). Después de 5 días de incubación, se determina la concentración de oxígeno disuelto en las botellas. La diferencia promedio de los resultados obtenidos es la medida de la DBO<sub>5</sub>.

#### Variaciones al método

Debido a que algunas muestras pueden exhibir ausencia de bacterias por factores como cloración, toxicidad, calor, pH desfavorable, etc., es necesario corregir la causa de la condición estéril y luego inocular la muestra con microorganismos, ya que la validez del resultado de la DBO depende de la presencia de organismos. Estos son obtenidos generalmente de aguas servidas que han sido guardadas a 20°C por 24 h. Una vez inoculada la muestra, se prosigue con el análisis antes descrito.

## 3.11. Clorofila *a*

El único método para la determinación cuantitativa de fitoplancton en agua de mar es la determinación química de la cantidad de pigmentos vegetales. Estos están constituidos primordialmente por clorofila, la que en sus diversos tipos representa unos 2/3 del total de pigmentos. Además de las clorofilas, están presentes pigmentos carotenoides (carotenos y xantófilas) y productos de degradación de la clorofila.

Los métodos químicos que hacen posible un reconocimiento preciso de la composición pigmentaria en forma cualitativa y cuantitativa son los cromatográficos, aunque tienen el inconveniente de no permitir la determinación de una gran cantidad de muestras en forma rutinaria y de requerir instrumentos de elevado costo.

Las clorofilas son susceptibles de ser extraídas junto con los carotenos, siendo medible el extracto por espectrofotometría. La determinación de la concentración de los diversos pigmentos requiere un conocimiento previo de las curvas de absorción de cada uno de los que intervienen en la determinación y además de la resolución de ecuaciones simultáneas. El hecho que la determinación espectrofotométrica analice simultáneamente las tres formas principales de clorofila (*a*, *b*, y *c*) hace que este método se denomine tricromático.

La clorofila *a* también puede ser analizada fluorométricamente. El método fluorométrico es entre 5 y 10 veces más sensible que el espectrofotométrico y es susceptible de automatización, pero es también un orden de

magnitud menos exacto. En consecuencia, el método fluorométrico no debe ser utilizado como sustituto del espectrofotométrico para la determinación de la concentración de clorofila, aunque comparativamente es mejor como método de búsqueda de zonas de máximos, ubicación de frentes y configuración de áreas de patch.

### 3.11.1. Equipos e instrumentos

- Botellas de vidrio ámbar (2 L) o bidones plásticos de alta densidad (3L)
- Equipo de filtración diseñado para sostener filtros de 47 mm de diámetro.
- Filtros fibra de vidrio GF/C o de membrana AA
- Gotario
- Pinzas de acero inoxidable

### 3.11.2. Procedimiento de muestreo y fijación de las muestras de agua

Una vez recolectada la muestra de agua a la profundidad deseada, se puede optar por seguir dos procedimientos distintos:

#### a. Fijación de la muestra de agua

1. Filtre un volumen entre 0,5 y 5 L a través de una malla de plancton de 300  $\mu\text{m}$  de apertura. De esta manera se retiran los zooplancteres que aportan carotenoides animales.
2. Transfiera una cantidad suficiente de agua a la botella plástica y un enjuáguela dos veces (cebado).

3. Transfiera inmediatamente la fase filtrada a un bidón plástico de alta densidad.
4. Agregue dos o tres gotas (0,1 a 0,2 mL) de una suspensión de carbonato de magnesio para evitar la acidificación de la muestra.
5. Debido a que la presencia de ácidos descompondrá la clorofila  $\alpha$  a feopigmentos, es crítico que las muestras de agua y los envases contenedores permanezcan libres de ácidos (incluyendo los ácidos dejados por las huellas dactilares).
5. Seque el filtro antes de romper el vacío en el frasco de Woulf
6. Retire el filtro, dóblelo y colóquelo en el desecador para su preservación.

Los pigmentos son muy fotosensibles, por lo que los filtros no deben ser expuestos a una luz intensa. De allí que deban ser recubiertos con papel aluminio y mantenidos en refrigeración constante hasta su análisis en el laboratorio. En condiciones ideales los filtros pueden ser almacenados por hasta 30 días, si se les mantiene en oscuridad en un desecador a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

#### b. Filtración *in situ* y preservación de los filtros

Alternativamente, es preferible la inmediata filtración a través del filtro de fibra de vidrio GF/C o de membrana de  $0,45\ \mu\text{m}$  de porosidad.

Para proceder al filtrado de las muestras, se siguen los siguientes pasos:

1. Transfiera una cantidad suficiente de agua al envase receptor de la muestra y un enjuague dos veces (cebado).
2. Transfiera la alícuota definitiva al envase receptor.
3. Agite la muestra de agua y transfírela al embudo del aparato de filtración. Verifique la correcta disposición del filtro (no manipule el filtro con las manos, use pinzas)
4. Agregue 2 o 3 gotas de una suspensión de carbonato de magnesio al filtro.

#### Los filtros

El uso de filtros de membrana tiene la ventaja de que estos se disuelven completamente en acetona y no presentan complicaciones durante la centrifugación, además de no requerir de precauciones especiales durante la filtración. Sin embargo, tales filtros además de caros tienen el inconveniente de presentar blancos indeseablemente altos, los que son especialmente críticos en las determinaciones de concentraciones bajas de pigmentos, sobre todo de carotenoides.

Los filtros de fibra de vidrio además de ser baratos, prácticamente no presentan blanco y son extraídos fácilmente al usar un homogenizador. El inconveniente de éstos últimos es que requieren de control durante la filtración para evitar que la diferencia de presión durante la succión exceda de  $0,3$  atmósferas (aproximadamente  $33775\ \text{Pa}$ ) o en caso contrario se producirá una pérdida de pigmento a través del filtro. Además, como no se disuelven pueden producir inconvenientes durante la centrifugación. Esta centrifugación debe realizarse primero por 1 ó 2 minutos para que la mayor parte de los trozos y fibras del filtro precipiten al fondo del tubo, de esta forma se evita que ingresen fibras de vidrio a la cubeta espectrofotométrica.

### 3.11.3. Análisis en el laboratorio

Independientemente de como arriben las muestras para análisis de clorofila *a* al laboratorio (muestras de agua o filtros), la cuantificación se realiza por el método de espectrofotometría.

Una vez finalizada la etapa de filtración, los pigmentos son extraídos del filtro en acetona al 90% y su concentración estimada por el método anteriormente señalado. Los feopigmentos se determinan a partir de la medición de absorbancia del extracto antes y después de su acidificación con ácido diluido.

El límite de detección de los pigmentos vegetales en agua de mar no es sencillo de establecer, por cuanto depende del volumen de agua filtrada. En teoría el volumen a filtrar es ilimitado, pero en la práctica depende del tamaño de las botellas de muestreo y por la capacidad de filtración del filtro antes de obturarse. En general, el volumen de filtrado nunca excede de 10 L, lo que determina un límite de detección de 0,02 mg/m<sup>3</sup> para clorofila *a*.

La cantidad de pigmento en la muestra de agua de mar se obtiene a partir de las ecuaciones de Jeffrey y Humphrey (1975), que son las más exactas existentes (< 1% de error relativo):

$$\text{Clorofila } a (C_a) = 11,85 \cdot A_{664} - 1,54 \cdot A_{647} - 0,08 \cdot A_{630}$$

## 3.12. Fósforo total

El fósforo se presenta en las aguas naturales casi exclusivamente bajo la forma de fosfatos. Estos compuestos son clasificados como ortofosfatos, fosfatos condensados y fosfatos orgánicamente ligados. Las dos formas más frecuentemente analizadas corresponden al ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ ) y al fósforo total. Ambas son formas disueltas de fósforo que están disponible para organismos vegetales. En general, los compuestos fosforados pueden presentarse en solución, particulados, en el detrito o incorporados en los tejidos de organismos acuáticos.

### 3.12.1. Equipos e instrumentos

- Botellas de vidrio de 1 L de capacidad con tapa rosca
- Dispensador
- Acido sulfúrico concentrado
- Guantes quirúrgicos
- Anteojos de protección

### 3.12.2 Procedimiento de muestreo y fijación de las muestras de agua

La obtención de alícuotas destinadas al análisis de nutrientes se debe efectuar mediante el empleo de botellas de vidrio con tapas de cierre hermético o botellas plásticas especiales (por ejemplo de polipropileno). Las muestras deben permanecer en un sitio oscuro hasta el momento en que se inicie el análisis, el cual debería comenzar en un lapso no mayor a dos horas de recolectadas.

En caso que las muestras no pudiesen ser analizadas inmediatamente, éstas deben ser preservadas en forma conveniente, aunque a la fecha no existe un método óptimo que garantice la mantención de las condiciones químicas originales de la muestra.

Si sólo va a determinar fósforo total, la muestra puede ser acidificada. El procedimiento es el siguiente:

1. Transfiera un pequeño volumen de agua desde la botella oceanográfica al envase de vidrio, en una cantidad suficiente que permita el enjuague de la botella contenedora.
2. Introduzca cuidadosamente la manguera plástica dentro del envase y proceda a evacuar el agua hasta llenar la botella de vidrio.
3. Agregue 1 mL de ácido sulfúrico concentrado para fijar la muestra de agua; bajo estas condiciones las muestras pueden ser preservadas durante 30 días.

Alternativamente, la muestra también se puede congelar a  $-20^\circ\text{C}$ , sin agregar previamente ácido (tiempo máximo de preservación: 28 días).

Si va a diferenciar distintas formas fosforadas, siga el siguiente procedimiento:

1. Filtre la muestra inmediatamente después de ser recolectada mediante un filtro de membrana de  $0,45\ \mu\text{m}$  de abertura de poro.
2. Preserve el filtro con el residuo mediante congelación o a una temperatura bajo los  $-10^\circ\text{C}$ .

Si las muestras permanecen durante un tiempo prolongado en envases plásticos, por ejemplo de polietileno, se produce una pérdida rápida y considerable de fosfato, debido a que este compuesto tiende a ser adsorbido por las paredes de la botella, a menos que éstas sean sometidas a un proceso de congelado . De allí que el uso de este tipo de materiales no es recomendable a menos que sus propiedades para el almacenamiento de nutrientes halla sido cuidadosamente verificado.

### 3.12.3. Análisis en el laboratorio

La determinación del fósforo incluye dos pasos principales, conversión de las diferentes formas

de fósforo a ortofosfato disuelto y su ulterior detección colorimétrica. Primeramente, las muestras se digieren con ácido sulfúrico/ácido nítrico, se neutraliza y se procede a la determinación por el método del azul de fosfomolibdeno. Este producto se forma haciendo reaccionar la muestra con molibdato de amonio en ambiente ácido y reduciendo posteriormente con cloruro estanoico recientemente preparado. El color se lee a 625 nm mediante espectrofotometría visible y las lecturas se interpolan en una curva preparada en el rango 0,01 a 1,0 ppm.

## 3.13. Coliformes fecales

Los coliformes fecales son bacterias Gram negativas, aerobias y anaerobias facultativas, que no forman esporas y fermentan la lactosa produciendo gas en menos de 24 horas. Este tipo de bacterias han sido utilizadas por muchos años como un indicador de origen fecal en aguas no potabilizadas, en aguas residuales y en aguas usadas para baño y natación, ya que son fáciles de cuantificar.

### 3.13.1. Equipos e instrumentos

- Botella de vidrio microbiológica esterilizada con tapa rosca
- Guantes quirúrgicos

### 3.13.2 Procedimiento de muestreo y preservación

Para recolectar la muestra de agua destinada al análisis de coliformes fecales, siga el siguiente procedimiento:

Para el caso de muestras superficiales:

1. Sumerja la botella tapada bajo la superficie del agua.
2. Retire la tapa bajo el agua y espere a que la botella se llene por completo.
3. Aún bajo el agua, cierre la tapa de la botella herméticamente y sáquela a la superficie.

4. Registre el código de la etiqueta en la planilla de muestreo.
5. Almacene la botella dentro de una nevera con hielo. Puede secarla exteriormente con un paño limpio.

Para el caso de muestras de fondo:

1. Una vez que disponga de la botella oceanográfica frente a Ud., retire la tapa de la botella microbiológica cuidando de no tocar en ningún momento la boca.
2. Abra la llave de paso de la botella oceanográfica hasta llenar por completo la botella microbiológica.
3. Cierre inmediatamente la botella con las precauciones antes mencionadas.
4. Registre el código de la etiqueta en la planilla de muestreo.
5. Almacene la botella dentro de una nevera con hielo.

Las muestras deben ser mantenidas en refrigeración y oscuridad durante todo momento; no obstante estas condiciones, las muestras no pueden mantenerse almacenadas por más de 24 horas.

### 3.13.3. Análisis en el laboratorio

Una vez en el laboratorio, las muestras son analizadas por el método del Número Más Probable (NMP), también conocido como Técnica de Dilución de Tubos Múltiples. Los resultados se expresan por 100 mL.

## Recomendaciones

La botella microbiológica se encuentra esterilizada, por lo cual no se debe abrir bajo ningún punto de vista sino sólo al momento de tomar la muestra. Del mismo modo, no se debe incorporar elementos de ningún tipo dentro de la botella, ya sea para limpiarla ni menos aún tocar las paredes internas con los dedos, ya que todo ello puede causar la contaminación de la muestra y provocar un análisis erróneo.

Para mayor seguridad, se recomienda utilizar guantes quirúrgicos para la toma de esta muestra, o en su defecto, proceder con las manos bien lavadas.



## 4. SEDIMENTOS SUBLITORALES

En esta sección se describe los protocolos que se requiere para recolectar en forma correcta muestras de sedimentos superficiales sublitorales, para el subsecuente análisis de variables físicas y químicas. Debido a que el procedimiento de recolección de muestras tiene influencia directa sobre la calidad de los resultados y ulterior análisis de datos, es relevante que las muestras sean obtenidas empleando técnicas estandarizadas y aceptadas por autoridades competentes en el tema.

Los sedimentos reflejan la calidad actual de un ambiente, como así también revelan la ocurrencia de eventos químicos e hidrológicos que han ocurrido con anterioridad y que han sido registrados durante el proceso de sedimentación.

### Modalidades de obtención de las muestras de sedimentos

La obtención de las muestras de sedimentos puede realizarse a través de dos opciones: directa por buceo semiautónomo o indirecta mediante el uso de draga. En caso que los fondos sedimentarios se encuentren a una profundidad mayor que 30 m, es recomendable el empleo de una draga (van Veen o McIntyre). Si los fondos son someros y las condiciones del mar lo permiten (por ejemplo visibilidad), es mejor la recolección de las muestras en forma manual por un buzo capacitado. Para sedimentos lacustres, se emplea dragas de pequeño tamaño como la de tipo Ekman-Birge.

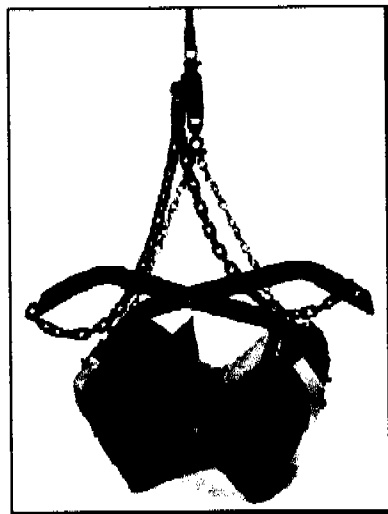
### Buceo autónomo

Una vez en el fondo, el buzo recolecta manualmente muestras de sedimento por separado, para cada uno de los parámetros considerados. En cada caso, las muestras serán obtenidas de los primeros tres centímetros de la cubierta sedimentaria, ya que este estrato representa las condiciones ambientales más recientes.

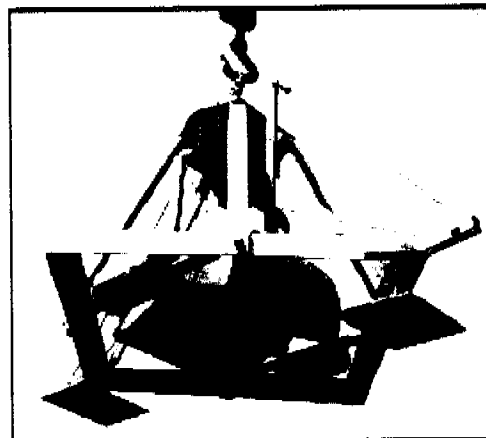


### Draga

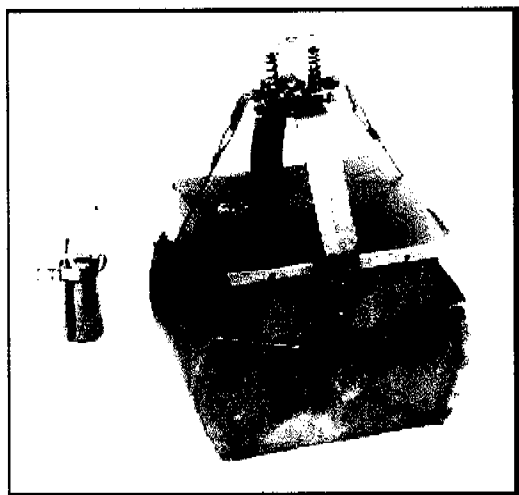
En este caso el muestro se efectuará mediante un aparato muestreador (draga van Veen modificada) que será bajado al fondo mediante un cable accionado por un huinche oceanográfico. Una vez que la draga toca el fondo marino, el sistema que mantiene abiertas las mandíbulas se destraba permitiendo que la draga se cierre y atrape sedimentos en su interior. Una vez a bordo, se procederá a abrir las ventanillas superiores de la draga y retirar mediante una espátula submuestras de la capa superficial de sedimentos.



**Draga van Veen modificada  
(semiabierta)**



**Draga Smith-Mc Intyre (abierta)**



**Draga Ekman-Birge (abierta y  
con mensajero)**

## 4.1. Granulometría

El tamaño de partícula se utiliza para caracterizar las propiedades físicas de los sedimentos. Debido a que el tamaño de los granos tiene influencia sobre las variables químicas y biológicas, puede ser utilizado para normalizar las concentraciones químicas según las características sedimentarias y explicar parte de la variabilidad espacial exhibida por las comunidades sublitorales de fondos blandos.

El tamaño de partícula puede ser caracterizado con un amplio rango de detalle. Las categorías más simples que se emplean para caracterizar la distribución de estas partículas, incluye: grava, arena, limo y arcilla. Sin embargo cada una de estas fracciones puede ser subdividida, a objeto de determinar parámetros característicos de esta distribución: diámetro, distribución por tamaño, sesgo, entre otros.

### 4.1.1. Equipos e instrumentos

- Draga van Veen (o draga McIntyre)
- Etiquetas rotuladas
- Bolsas plásticas de alta densidad
- Espátula de plástico

### 4.1.2. Procedimiento de muestreo y fijación de las muestras de sedimentos

Una vez que la muestra de sedimento se encuentre a bordo de la embarcación, se seguirá el siguiente procedimiento:

1. Con ayuda de la espátula plástica, transfiera aproximadamente 250 g de sedimento a una bolsa plástica.



2. Anote las características que pueda apreciar visualmente sobre el sedimentos: textura, coloración, olor, presencia de materiales foráneos.
3. Cierre la bolsa plástica y verifique que no se ha roto durante la manipulación
4. Anude la etiqueta rotulada alrededor del cuello de la bolsa
5. Para mantener preservada la muestra, colóquela dentro de una nevera con hielo químico o natural

### 4.1.3. Análisis de laboratorio

El análisis granulométrico de las muestras comprende básicamente tres etapas: secado, tamizado y cálculos de parámetros. A continuación se describe el proceso completo.

Para eliminar las sales adheridas a las partículas de sedimento, las muestras son lavadas en abundante agua potable, cuidando de no eliminar las fracciones finas durante este proceso.

A continuación son secadas a temperatura ambiente, hasta conseguir su completa

deshidratación. Se debe tener especial cuidado con las muestras de granulometría fina (fangos), ya que tienden las partículas tienden a aglutinarse y compactarse durante esta etapa. Es recomendable que durante el secado sean periódicamente disgregadas en forma manual para evitar la formación de gránulos compactados.

De la muestra seca, se extrae una submuestra de 100 g para ser sometida a un cernido en un agitador rotacional. Para este proceso, se emplean tamices geológicos con intervalos de malla de un phi ( $\emptyset$ ), comprendidos entre -1 y 5 $\emptyset$ , más una bandeja receptora de finos. La relación entre unidades phi y milímetros estará dada por la siguiente ecuación:

$$\emptyset = -\log_2 E$$

donde, E representa el diámetro de la partícula en mm.

Luego de agitar la muestra durante 15 minutos, se pesa la fracción retenida en cada uno de los tamices y con estos valores se construye la curva de porcentajes acumulativos versus unidades phi, que servirá de base para calcular el promedio gráfico, la desviación estándar gráfica inclusiva y el sesgo gráfico inclusivo, según las ecuaciones propuestas por Folk (1980) y Folk y Ward (1957):

#### a. Promedio gráfico

$$M_z = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$$

El valor calculado mediante esta ecuación, es contrastado con la escala de tamaños de granos propuesta por Udden (1898) y levemente modificada por Wentworth (1922).

#### b. Desviación Estándar Gráfica Inclusiva

$$\sigma_1 = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6,6}$$

Una vez calculado el valor mediante esta ecuación, se aplica la siguiente escala para estimar el grado de clasificación de los sedimentos:

|                          |                             |
|--------------------------|-----------------------------|
| $\sigma_1 < 0,35$        | : muy bien clasificado      |
| $0,35 < \sigma_1 < 0,50$ | : bien clasificado          |
| $0,50 < \sigma_1 < 1,00$ | : moderadamente clasificado |
| $1,00 < \sigma_1 < 2,00$ | : poco clasificado          |
| $2,00 < \sigma_1 < 4,00$ | : mal clasificado           |
| $\sigma_1 > 4,00$        | : muy mal clasificado       |

#### c. Sesgo Gráfico Inclusivo

$$Sk_i = \frac{\phi 16 + \phi 84 - 2\phi 50}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - 2\phi 50}{2(\phi 95 - \phi 5)}$$

Los valores calculados mediante esta ecuación, son contrastados con la siguiente escala de asimetría de distribución de los granos de sedimentos:

|                         |                              |
|-------------------------|------------------------------|
| $-1,0 \leq Sk_1 < -0,3$ | : alto exceso de gruesos     |
| $-0,3 \leq Sk_1 < -0,1$ | : moderado exceso de gruesos |
| $-0,1 \leq Sk_1 < +0,1$ | : simétrica                  |
| $+0,1 \leq Sk_1 < +0,3$ | : moderado exceso de finos   |
| $+0,3 \leq Sk_1 < +1,0$ | : alto exceso de finos       |

## 4.2. COT

El carbono orgánico total (COT) es una medida de la cantidad total de compuestos orgánicos no volátiles, volátiles, parcialmente volátiles y particulados presentes en una muestra. El COT es independiente del estado de oxidación de los compuestos orgánicos y no es una medida de los elementos orgánicos e inorgánicamente enlazados que pueden contribuir a la demanda química y bioquímica de oxígeno.

### 4.2.1. Equipos e instrumentos

- Draga van Veen (o draga McIntyre)
- Láminas de papel de aluminio
- Bolsas de polietileno de alta densidad
- Espátula de plástico

### 4.2.2. Procedimiento de muestreo y fijación de las muestras de sedimentos

El procedimiento de preservación de las muestras para análisis de COT es el siguiente:

1. Con la espátula extraiga aproximadamente 100 g de sedimento.
2. Recubra la muestra completamente con papel aluminio (Alusa foil®) y luego envásela dentro de una bolsa de polietileno de alta densidad.
3. Cierre la bolsa y anúdele una etiqueta rotulada para su identificación.

4. Registre el código de la etiqueta en la planilla de muestreo.
5. Disponga la muestra dentro de una nevera con hielo para su preservación. Idealmente, es conveniente un golpe de frío a objeto de congelarla y así evitar la descomposición bacteriana de la materia orgánica.

### 4.2.3. Análisis de laboratorio

La determinación analítica del COT se efectúa mediante el método de oxidación crómica, propuesto por Walkley y Black (1934). Básicamente, una muestra de 0,2 a 2 g, dependiendo del contenido, se digiere con 20 mL de ácido crómico (0,4 N) de modo que en 20 minutos alcance una temperatura máxima de 155°C. Después de 1 minuto a la temperatura señalada, se enfría el sistema, se diluye a 400 mL aproximadamente y se valora el dicromato no consumido con sulfato ferroso en presencia de indicador fenolín. Los resultados son expresados en porcentaje de COT.

## 4.3. Fósforo total

### 4.3.1. Equipos e instrumentos

- Draga van Veen (o draga McIntyre)
- Bolsas de polietileno de alta densidad
- Espátula de plástico

### 4.3.2. Procedimiento de muestreo y fijación de las muestras de sedimentos

Habiendo recepcionado la muestra a bordo de la embarcación, siga el siguiente procedimiento para preservar la muestra:

1. Con ayuda de una espátula plástica extraiga aproximadamente 100 g de sedimento.
2. Envase la muestra dentro de una bolsa plástica.
3. Cierre la bolsa y anúdele una etiqueta rotulada para su identificación
4. Registre el código de la etiqueta en la planilla de muestreo.
5. Coloque la muestra dentro de una nevera con hielo en su interior.

### 4.3.3. Análisis de laboratorio

El contenido de fósforo total, se cuantifica digiriendo con ácido sulfúrico/ácido perclórico entre 2 y 3 g de muestra seca, hasta obtener humos blancos, ayudando con agua oxigenada si es necesario. Una alícuota del digesto se lleva a un volumen conocido, después de neutralizar y se determina el fósforo por el método del azul de fosfomolibdeno.

## 4.4. Nitrógeno total

### 4.4.1. Equipos e instrumentos

- Draga van Veen (o draga McIntyre)
- Bolsas de polietileno de alta densidad
- Espátula de plástico

### 4.4.2. Procedimiento de muestreo y fijación de las muestras de sedimentos

Disponiendo de la muestra a bordo de la embarcación, siga el siguiente procedimiento para preservar la muestra para análisis de cobre:

1. Con ayuda de una espátula plástica extraiga aproximadamente 100 g de sedimento.
2. Envase la muestra dentro de una bolsa plástica.
3. Cierre la bolsa y anúdele una etiqueta rotulada para su identificación
4. Registre el código de la etiqueta en la planilla de muestreo.
5. Coloque la muestra dentro de una nevera con hielo en su interior.

### 4.4.3. Análisis de laboratorio

Para la determinación de nitrógeno total, se utilizará el método Kjeldahl. Entre 2 y 3 g de

muestra se digieren con ácido sulfúrico en presencia de una mezcla catalizadora que contiene sulfato de cobre, sulfato de potasio, óxido de mercurio y selenio en polvo. Si el contenido de materia orgánica es alto, se puede ayudar con agua oxigenada.

El digesto se neutraliza con hidróxido de sodio concentrado, se basifica con una mezcla hidróxido de sodio-tiosulfato de sodio, se destila y se recoge en ácido bórico saturado. Finalmente se valora el destilado con ácido sulfúrico 0,02 N en presencia de indicador mixto.

## 4.5. Sulfuros

Los sulfuros totales representan la cantidad de  $H_2S$  soluble en ácido,  $HS^-$  y  $S^{2-}$  presentes en una muestra. Los sulfuros son cuantificados ya que podrían ser tóxicos y porque degradan la calidad estética del ambiente. Este tipo de compuestos son difíciles de muestrear, ya que parte de ellos se puede perder a través de procesos de volatilización, mientras que otra fracción puede ser oxidada por el oxígeno disuelto.

### 4.5.1. Equipos e instrumentos

- Draga van Veen (o draga McIntyre)
- Bolsas de polietileno de alta densidad
- Espátula de plástico

### 4.5.2. Procedimiento de muestreo y fijación de las muestras de sedimentos

Disponiendo de la muestra a bordo de la embarcación, siga el siguiente procedimiento para preservar la muestra para análisis de sulfuros:

1. Con ayuda de una espátula plástica extraiga aproximadamente 100 g de sedimento.
2. Envase la muestra dentro de una bolsa plástica.
3. Cierre la bolsa y anúdele una etiqueta rotulada para su identificación

4. Registre el código de la etiqueta en la planilla de muestreo.
5. Coloque la muestra dentro de una nevera con hielo en su interior para mantenerla refrigerada ( $4^{\circ}C$ ) y húmeda hasta su arribo al laboratorio.

### 4.5.3. Análisis de laboratorio

La determinación del contenido de sulfuros en sedimentos se determina mediante el método yodométrico.



## 4.6. Antibióticos

Dentro de la amplia gama de antibióticos utilizados en la acuicultura, existen algunos que son aplicados con mayor frecuencia: oxitetraciclina, flumequina y ácido oxolínico. Para determinar la presencia de este tipo de compuestos en el medio ambiente se pueden utilizar técnicas cualitativas y cuantitativas. En el presente acápite se describirá el método para analizar cuantitativamente la presencia de los tres antibióticos señalados anteriormente. En todo caso, también se puede aplicar otro tipo de técnica, como el antibiograma, para estimar la actividad de los antibióticos en la matriz analizada.

### 4.6.1. Equipos e instrumentos

- Draga van Veen (o draga McIntyre)
- Bolsas de polietileno de alta densidad
- Espátula de plástico
- Láminas de papel aluminio

### 4.6.2. Procedimiento de muestreo y fijación de las muestras de sedimentos

Disponiendo de la muestra a bordo de la embarcación, siga el siguiente procedimiento para preservar la muestra para análisis de cobre:

1. Con una espátula extraiga aproximadamente 1 kg de sedimento.

2. Recubra la muestra completamente con papel aluminio y envásela en una bolsa plástica.
3. Cierre la bolsa y anúdele una etiqueta rotulada para su identificación.
4. Registre el código de la etiqueta en la planilla de muestreo.
5. Coloque la muestra dentro de una nevera con hielo en su interior, para mantenerla refrigerada hasta su arribo al laboratorio.

### 4.6.3. Análisis de laboratorio

Para la determinación de los antibióticos anteriormente señalados se utiliza HPLC (Cromatografía Líquida de Alta Resolución).

## **5. COMUNIDADES DE FONDOS BLANDOS SUBLITORALES**

Las comunidades de fondos blandos sublitorales corresponde a aquellos organismos de la fauna que habitan los sedimentos que se encuentran siempre cubiertos bajo el agua. Según su posición con respecto al sustrato, pueden ubicarse sobre éste (epifauna) o enterrados en el fondo (infauna). Según el tamaño, se pueden diferenciar cuatro categorías: microfauna, meiofauna, macrofauna y megafauna.

## 5.1. Macroinfauna

La macroinfauna bentónica se define operacionalmente como toda aquella fauna que queda retenida en una malla de 1 mm de abertura<sup>4</sup>. Estos organismos que viven enterrados en los primeros centímetros de la cubierta sedimentaria, presentan una serie de ventajas en relación a otros tipos de comunidades bióticas: tamaño, ciclos de vida largos, sedentariedad, accesibilidad taxonómica, entre otras. De allí que ocupe una posición de privilegio como indicador de la calidad ambiental en estudios de mediano y largo plazo.

### 5.1.1. Equipos e instrumentos

- Draga de 0,1 m<sup>2</sup> de mordida (van Veen o McIntyre)
- Tubo aspirador de PVC
- Cuadrícula de 0,1 m<sup>2</sup> de superficie
- Bolsas de polietileno de alta densidad (40\*60 cm)
- Formalina comercial
- Bandeja grande de plástico resistente (80 \* 60 cm aproximadamente)
- Guantes quirúrgicos
- Pinzas punta fina

<sup>4</sup> Algunos autores consideran un tamaño de malla de 0,5 mm (500 µm) para retener la macroinfauna. Sin embargo, para estudios de monitoreo biológico, es recomendable el tamaño de 1 mm, ya que de lo contrario el tiempo invertido en la separación de las muestras biológicas sería demasiado.

### 5.1.2. Procedimiento de muestreo y fijación de las muestras de sedimentos

Las muestras de macroinfauna pueden ser obtenidas indistintamente mediante dos procedimientos de muestreo absolutamente comparables entre sí: buceo autónomo utilizando un muestreador de succión ("air lift") o mediante el empleo de una draga. Ambos tipos de muestreos son procedimientos válidos y estandarizados. En ambos casos, se obtendrán tres replicas de igual superficie de muestreo (0,1 m<sup>2</sup>) por cada estación de monitoreo.

Como criterio de aplicación, para el caso de los fondos sublitorales someros (< 30 m de profundidad) es recomendable el muestreo directo mediante buceo autónomo, mientras que en aquellos casos en donde este tipo de actividad sea riesgosa o inoperante, las muestras pueden ser obtenidas mediante una draga de 0,1 m<sup>2</sup> de mordida, pudiendo ser ésta tipo van Veen modificada o McIntyre.

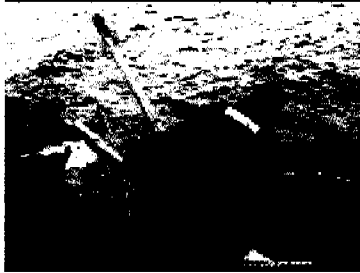
#### 5.1.2.1. Muestreo con tubo de succión

Para obtener las muestras de macroinfauna, se aplicará el siguiente procedimiento:

1. En cubierta, prepare el tubo aspirador cuidando de fijar fuertemente tanto la malla retenedora como la manguera procedente del compresor<sup>5</sup>. Compruebe el paso de aire a través de la válvula del tubo de succión, para verificar su correcto funcionamiento.

<sup>5</sup> El compresor ("hooka") debe tener dos salidas de aire: una para la manguera que se conectará al tubo de succión y otra que suministre aire al buzo.

2. Una vez que se encuentra el buzo en el agua, entréguele la cuadrícula y el tubo aspirador.



3. Estando el buzo en el fondo, coloca la cuadrícula sobre la cubierta sedimentaria y procede a aspirar los sedimentos hasta una profundidad aproximada de 20 cm. La macrofauna junto con el detrito quedan atrapados dentro de la bolsa montada en el extremo distal del tubo aspirador.
4. Habiendo aspirado toda la superficie demarcada por el perímetro de la cuadrícula, el buzo sube a la superficie y entrega el tubo aspirador al técnico en cubierta.
5. Retire la bolsa conteniendo la muestra y proceda a montar una nueva bolsa en el tubo aspirador. Preparado el tubo de succión, entréguelo al buzo para que repita el mismo procedimiento en dos ocasiones más, ya que recolecta tres réplicas en cada estación.
6. A bordo, el técnico transfiere el material recolectado a una malla o tamiz de 1 mm de abertura y lo cierra con ayuda de agua. De este modo se elimina el material sedimentario fino que pudo haber quedado retenido en la bolsa.



7. Transfiera la fauna junto con el detrito a una bolsa plástica y agregue una pequeña cantidad de formalina diluida al 5% con agua de mar. A continuación, cierre la bolsa y verifique que no esté perforada, para así evitar filtraciones del agente fijador.
8. Anude una etiqueta rotulada a la bolsa y registre el código en la planilla de muestreo.
9. Deposite la muestra dentro de una nevera con hielo.
10. Este procedimiento se repite con cada una de las réplicas recolectadas por el buzo.

#### 5.1.2.2. Obtención de las muestras mediante draga

En este caso se emplea una draga, la cual es operada por un técnico mediante un cable de acero montado sobre una polea contámetro en una pluma y accionado por un huinche oceanográfico (como mínimo de 3 HP).

Por seguridad, el cable de acero, destorcedores y pernos de sujeción deben tener una capacidad de carga de al menos tres veces mayor que el peso de la draga llena con sedimentos. Una draga van Veen de 0,1 m<sup>2</sup> de mordida, vacía, pesa aproximadamente 15 kilogramos, mientras que llena su peso aumenta cerca del doble.

A diferencia del procedimiento anterior, en este caso se recolecta una muestra completa, es decir, macroinfauna, detrito y sedimentos, por lo cual su volumen es mayor en comparación a la obtenida con el tubo de succión (que experimentó una filtración preliminar al momento de su recolección). El procedimiento para recolectar las muestras es el siguiente:

1. Ubique el huinche en un lugar espacioso y luego asegúrelo fuertemente a la cubierta de la embarcación.
2. Monte cerca del huinche la pluma de levante y asegure los vientos de la misma a la embarcación.
3. Instale la polea contámetro en la pluma y monte el cable de acero.
4. Acople el cable de acero a la draga, ajustando fuertemente los pernos del destorcedor.
5. Prepare la draga, ajustando las mandíbulas para que estas permanezcan abiertas durante la inmersión.
6. Baje la draga hasta el nivel del agua y coloque los indicadores en cero de la polea contámetro.
7. Suelte ligeramente el freno de la draga para que descienda lentamente y a una velocidad constante. La draga debe bajar en forma vertical.
8. Una vez que la draga toque fondo, registre la profundidad de la polea contámetro y "tironee" el cable de acero para asegurar que las mandíbulas cierren.
9. Levante la draga a velocidad moderada y constante, disminuyendo la rapidez a

medida que se acerca a la superficie. Una vez a la altura de la borda, verifique que las mandíbulas se encuentran cerradas y que no hay pérdida de muestra a través de la unión de cierre.

10. Dos técnicos levantan la draga, evitando la abertura de las mandíbulas (draga van Veen modificada) y la ubican sobre la bandeja receptora dispuesta sobre la cubierta de la embarcación.
11. Levante las ventanillas superiores (draga van Veen modificada) para verificar que la muestra se halle en el interior y en cantidad suficiente.
12. Abra las mandíbulas de la draga y vacíe su contenido a la bandeja receptora.
13. Transfiera la muestra completa a una bolsa plástica y agregue formalina comercial diluida al 5% en agua de mar.
14. Anude una etiqueta rotulada a la bolsa con muestra y almacénela dentro de neveras termoaislantes.

### **5.1.3. Separación del material biológico en el laboratorio húmedo**

Independientemente de la forma en que se ha obtenido la muestra (dragado o tubo de succión), la siguiente fase consistirá en separar la macrofauna del detrito y de los sedimentos. En caso que las muestras hayan sido recolectadas con el tubo de succión, las muestras serán menos voluminosas y por lo tanto pueden ser transferidas íntegramente al tamiz de cernido (1 mm de abertura de malla). En caso contrario (draga), el técnico deberá ir tamizando pequeñas porciones de material para evitar que los poros de la malla se ocluyan con el sedimento.

El procedimiento de separación del material biológico es el siguiente:

1. Deposite la muestra o una fracción de ella en un tamiz de 1 mm.
2. Con un chorro de agua de presión moderada (tipo ducha) comience a lavar la muestra, de manera que escurra el sedimento y el detrito a través de la malla.
3. No emplee chorros de agua de alta presión, ya que de esta forma los organismos más pequeños saldrán disparados fuera del tamiz.
4. Finalizado el tamizado con agua, elimine piedras y trozos calcáreos de gran tamaño (conchas vacías) y transfiera el material restante retenido a un frasco plástico (de 0,5 o 1 L de capacidad con tapa rosca).
5. Introduzca una etiqueta rotulada y plastificada en su interior.<sup>6</sup> Como solución fijadora aplique formalina comercial al 5% diluida en agua potable.
6. En las planillas de cadena de custodia, registre en detalle todas las muestras tamizadas ya que algunas veces, si la muestra es abundante, deberá ocupar varios frascos para almacenar sólo una réplica.
7. Durante la fase de "sorting" e identificación, mantenga los frascos con

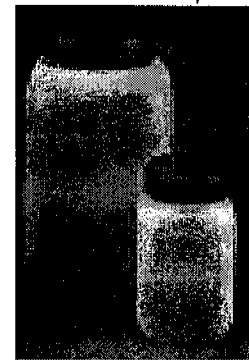
<sup>6</sup> Adherir etiquetas por fuera del frasco no es buena idea, ya que a veces se humedecen demasiado y terminan por romperse con el roce cuando se almacenan los frascos. Tampoco es recomendable anotar el código con plumón indeleble directamente en el envase.

muestras en espera de análisis, en un lugar fresco y poco iluminado.

#### 5.1.4. "Sorting" e identificación de la macroinfauna

El "sorting" consiste en separar bajo lupa de bajo aumento los organismos de la macroinfauna de las partículas de detrito (restos de conchas, material vegetal, partículas de sedimento, etc.). Este procedimiento se realiza en un laboratorio húmedo y consiste en los siguientes pasos:

1. Vacíe la muestra contenida en el frasco en una bandeja de fondo plano, de preferencia de un color que genere contraste (amarillo o verde claro por ejemplo).
2. En caso que la muestra despidiera un fuerte olor a formalina, transfírela nuevamente al tamiz de 1 mm y lávela con abundante agua potable. Finalizado el lavado, retórnela nuevamente a la bandeja de "sorting".
3. Utilizando pinzas de punta fina, retire todos los organismos y dépositelos en frascos pequeños (100 mL) de vidrio o plástico transparente, conteniendo alcohol al 70% como solución preservante. En esta etapa, facilita la identificación ulterior si se realiza una separación preliminar de los organismos a nivel de grandes grupos faunísticos (moluscos, poliquetos, crustáceos, equinodermos y otros), depositando los ejemplares en frascos distintos y rotulados.



4. Con una lupa de mayor resolución, un técnico especializado identifica y contabiliza el material biológico. A continuación, mediante una balanza analítica con una sensibilidad de 0,01 g o mejor pesa en húmedo los organismos previamente identificados y contados. El número de individuos y biomasa por especie deben ser registrados en planillas especialmente confeccionadas para este fin.

## 6. BIBLIOGRAFIA

Folk, R. 1968. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Co., Austin, 172 pp.

PSEP. 1991. Recommended guidelines for measuring conventional marine water-column variables in Puget Sound. Prepared for the Puget Sound Estuary Program. U.S. Environmental Protection Agency, 50 pp.

PSEP. 1986. Recommended protocols for measuring conventional sediment variables in Puget Sound. Prepared for the Puget Sound Estuary Program. U.S. Environmental Protection Agency, 43 pp.

PTI Environmental Services. 1995 (Draft). Sediment sampling and analysis plan. Appendix. Prepared for the Washington State Department of Ecology, 85 pp.



## **7. FICHAS DE MUESTREO Y PROCEDIMIENTOS DE TERRENO**

**Datos de Identificación**

LOCALIDAD  CUERPO DE AGUA  MAR  LAGO  
 TRANSECTA  CAMPAÑA  FECHA

**Posición GPS**

ESTACION  AJUSTE GPS  2D  3D HORA   
 DATUM  EPE  COB. SATELITAL   
 ZONA  UTM ESTE  UTM NORTE   
 MUESTREADA  SI  NO RAZON DE NO MUESTREO  
 NO VISITADA  INACCESIBLE  OTROS  
 MOTIVOS: \_\_\_\_\_

ESTACION  AJUSTE GPS  2D  3D HORA   
 DATUM  EPE  COB. SATELITAL   
 ZONA  UTM ESTE  UTM NORTE   
 MUESTREADA  SI  NO RAZON DE NO MUESTREO  
 NO VISITADA  INACCESIBLE  OTROS  
 MOTIVOS: \_\_\_\_\_

ESTACION  AJUSTE GPS  2D  3D HORA   
 DATUM  EPE  COB. SATELITAL   
 ZONA  UTM ESTE  UTM NORTE   
 MUESTREADA  SI  NO RAZON DE NO MUESTREO  
 NO VISITADA  INACCESIBLE  OTROS  
 MOTIVOS: \_\_\_\_\_

ESTACION  AJUSTE GPS  2D  3D HORA   
 DATUM  EPE  COB. SATELITAL   
 ZONA  UTM ESTE  UTM NORTE   
 MUESTREADA  SI  NO RAZON DE NO MUESTREO  
 NO VISITADA  INACCESIBLE  OTROS  
 MOTIVOS: \_\_\_\_\_

CONTINUA ATRAS

Esquema del sitio

Esquema del sitio

Escala aproximada ( \_\_\_\_ m)

Indicar Norte

Participantes

EMBARCACION  HORA ZARPE  HORA RECALADA

**Datos de Identificación**

LOCALIDAD  CUERPO DE AGUA  MAR  LAGO  
 TRANSECTA  ESTACION  CAMPAÑA  FECHA

**Datos de Campo**

|  |   |
|--|---|
| HORA (HH:MM) <input type="text"/>  | VIENTO <input type="checkbox"/> NO DIRECCION <input type="text"/>   |
| TEMP. AIRE (°C) <input type="text"/>   | BEAUFORT <input type="text"/> <input type="checkbox"/> SI VELOCIDAD <input type="text"/>  |
| NUBOSIDAD (Oct.) <input type="text"/><br>Neblina <input type="checkbox"/><br>Bruma <input type="checkbox"/><br>Humo <input type="checkbox"/>   | OLEAJE <input type="checkbox"/> NO DIRECCION <input type="text"/><br><br><input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Llana <input type="checkbox"/> Marejadilla<br><input type="checkbox"/> Rizada <input type="checkbox"/> Marejada |
| PROFUNDIDAD (m) <input type="text"/><br>Carta <input type="checkbox"/><br>Escandallo <input type="checkbox"/><br>Profundimetro <input type="checkbox"/><br>Ecosonda <input type="checkbox"/> | PRECIPITACIONES <input type="checkbox"/> NO<br><input type="checkbox"/> SI Llovizna <input type="checkbox"/><br>Lluvia <input type="checkbox"/><br>Granizo <input type="checkbox"/><br>Nieve <input type="checkbox"/>                         |

**Observaciones de Terreno**

OLOR  NO  SI DESCRIPCION: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 COLOR  NO  SI DESCRIPCION: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Comentarios**

**RESPONSABLE**

CONTINUA ATRAS





**Monitoreo Ambiental de Actividades Acuícolas  
PROYECTO FIP 99 - 23**

**Datos de Identificación y Posición**

LOCALIDAD  CAMPAÑA  FECHA   
 HORA INICIO  HORA FIN  PROFUNDIDAD   
 ESTACION  UTM ESTE  UTM NORTE



**Matriz acuosa**

| Analito             | C: Condición (1: No tomada; 2: No fijada; 3: Perdida; 4: Fracturada) L: Laboratorio |   |  |                   |   |  |
|---------------------|---|---|--|-------------------|---|--|
|                     | Código de muestra   |   |  | Código de muestra |   |  |
|                     | C   | L |  | C                 | L |  |
| 1. Salinidad        | S   |   |  | F                 |   |  |
| 2. Alcalinidad      | S   |   |  | F                 |   |  |
| 3. Sól. suspendidos | S   |   |  | F                 |   |  |
| 4. Oxígeno          | S   |   |  | F                 |   |  |
| 5. DBO <sub>5</sub> | S   |   |  | F                 |   |  |
| 6. COT              | S   |   |  | F                 |   |  |
| 7. Fósforo          | S   |   |  | F                 |   |  |
| 8. Nitrógeno        | S   |   |  | F                 |   |  |
| 9. Amonio           | S   |   |  | F                 |   |  |
| 10. Clorofila a     | S   |   |  | F                 |   |  |
| 11. Cobre           | S   |   |  | F                 |   |  |

**Matriz**

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| Marina  | <input type="checkbox"/> |
| Limnica | <input type="checkbox"/> |

**Perfil térmico**

| Z (m) | Temp. (°C) |
|-------|------------|
| 0     |            |
| 1     |            |
| 2     |            |
| 3     |            |
| 4     |            |
| 5     |            |
| 6     |            |
| 7     |            |
| 8     |            |
| 9     |            |
| 10    |            |
| 11    |            |
| 12    |            |
| 13    |            |
| 14    |            |
| 15    |            |
| 16    |            |
| 17    |            |
| 18    |            |
| 19    |            |
| 20    |            |
| 25    | *          |
| 30    |            |
| 35    |            |
| 40    |            |
| 45    |            |
| 50    |            |

**Observaciones**

**RESPONSABLE**







**Datos de Identificación y Posición**

|             |                      |          |                      |             |                      |
|-------------|----------------------|----------|----------------------|-------------|----------------------|
| LOCALIDAD   | <input type="text"/> | CAMPAÑA  | <input type="text"/> | FECHA       | <input type="text"/> |
| HORA INICIO | <input type="text"/> | HORA FIN | <input type="text"/> | PROFUNDIDAD | <input type="text"/> |
| ESTACION    | <input type="text"/> | UTM ESTE | <input type="text"/> | UTM NORTE   | <input type="text"/> |



**Matriz biótica**

| Replica | Código | Confirmación |
|---------|--------|--------------|
| 1       |        |              |
| 2       |        |              |
| 3       |        |              |

**Descripción del sedimento**

Empty box for describing the sediment.

**Observaciones generales**

Empty box for general observations.

RESPONSABLE

## Procedimientos de Terreno

# LISTA DE VERIFICACION DE MATERIALES

▪ **General**

| Item  | Cantidad | Confirmación |
|---|----------|--------------|
| <input type="checkbox"/> CARPETA DE TERRENO (1)       |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> ANEMOMETRO PORTATIL          |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> TERMOMETRO                   |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> pHMETRO                      |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> CONDUCTIMETRO                |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> ECOSONDA PORTATIL (Opcional) |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> GPS                          |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> RELOJ                        |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> PIPETA Y DISPENSADOR         |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> HIELO QUIMICO (GELPACK)      |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> CABOS Y CUERDAS              |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> AGUA DESTILADA               |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> PLUMONES INDELEBLES          |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> LIBRETA DE APUNTES (2)       |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> LAPIZ GRAFITO                |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> PAPEL ALUMINIO               |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> CUCHILLO CARTONERO           |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> CINTA AUTOADHESIVA           |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> PILAS                        |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> GUANTES DESECHABLES          |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> NEVERAS                      |          | ○            |

(1) Ver tabla siguiente (2) Pequeña, para sostenerla en la palma de la mano en caso de lluvia

▪ **Carpeta de terreno**

| Item   | Cantidad | Confirmación |
|--|----------|--------------|
| <input type="checkbox"/> PLANILLAS DE MUESTREO       |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> FOTOCOPIA CARTA NAUTICA     |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> TABLA DE MAREA              |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> FICHAS DE ENVIO DE MUESTRAS |          | ○            |

▪ **Columna de agua**

| Item   | Cantidad | Confirmación |
|--|----------|--------------|
| <input type="checkbox"/> DISCO SECCHI          |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> MUERTO PARA PESO      |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> BOTELLA OCEANOGRAFICA |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> MENSAJEROS            |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> BOTELLAS ROTULADAS    |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> BIDONES ROTULADOS     |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> REACTIVOS DE FIJACION |          | ○            |

▪ **Sedimentos y Macroinfauna**

| Item  | Cantidad | Confirmación |
|---|----------|--------------|
| <input type="checkbox"/> SIFON O DRAGA <sup>(1)</sup> |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> BOLSAS PLASTICAS GRANDES     |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> BOLSAS PLASTICAS PEQUEÑAS    |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> ETIQUETAS IMPERMEABILIZADAS  |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> PALANGANA RECEPTORA          |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> ESPATULA                     |          | ○            |
| <input type="checkbox"/> FORMALINA COMERCIAL          |          | ○            |

(1) Para muestreo a profundidad >30 m

# PROCEDIMIENTO DE MANEJO DE MUESTRAS

## Agua

| Parámetro          | Envase                | Volumen | Preservación   | T máx  |
|--------------------|-----------------------|---------|--|--------|
| SALINIDAD          | V                     | 250 mL  | Refrigeración en oscuridad                               | 7 días |
| NITROGENO TOTAL    | P o V                 | 1 L     | 1 mL H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /1L muestra, refrig. | 7 días |
| FOSFORO TOTAL      | P o V                 | 1 L     | 1 mL H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /1L muestra, refrig. | 2 días |
| DBO <sub>5</sub>   | VA                    | 1 L     | Refrigeración en oscuridad                               | 48 hrs |
| COLIFORMES FECALES | V - BM <sup>(1)</sup> | 0,25 L  | Refrigeración  | 24 hrs |
| CLOROFILA a        | VA                    | 1 L     | Refrigeración en oscuridad                               | 2 días |
| OXIGENO DISUELTO   | BY                    | 150 mL  | Fijar con reacti. A y B. Oscuridad                       | 5 días |
| SOL. SUSPENDIDOS   | P                     | 3 L     | Refrigeración en oscuridad                               | 5 días |

(1) Previamente esterilizada

## Sedimentos

| Parámetro       | Envase | Volumen              | Preservación             | T máx   |
|-----------------|--------|----------------------|--------------------------|---------|
| GRANULOMETRIA   | P      | 150 g <sup>(1)</sup> | Refrigerar (4°C)         | 15 días |
| NITROGENO TOTAL | P      | 200 g <sup>(1)</sup> | Refrigerar (4°C)         | 7 días  |
| FOSFORO TOTAL   | P      | 200 g <sup>(1)</sup> | Refrigerar (4°C)         | 7 días  |
| SULFUROS        | P      | 200 g <sup>(1)</sup> | Refrigerar (4°C)         | 7 días  |
| COT             | Al     | 100 g <sup>(1)</sup> | Preferentemente congelar | 7 días  |
| ANTIBIOTICOS    | P      | 300 g <sup>(1)</sup> | Preferentemente congelar | 2 días  |

(1) Peso húmedo

## Macroinfauna sublitoral

| Muestras | Envase | Cantidad   | Preservación                      | T máx   |
|----------|--------|------------|-----------------------------------|---------|
| FAUNA    | P      | 3 réplicas | Fijar con formalina diluida al 5% | 15 días |


P: Plástico (polietileno o similar) V: Vidrio VA: Vidrio Ambar BM: Botella microbiológica Al: Papel aluminio BY: Botella yodométrica

Manual de Uso  
Procedimientos operativos mediante MapInfo®

---

Anexo

**4**



# Manejo de la Información Ambiental

*Programa de Monitoreo  
Ambiental de las  
Actividades Acuícolas*

## Manual de uso

---

Procedimientos operativos mediante MapInfo®

Abril 2002

# Contenidos

|   |      |
|---|------|
| Introducción                                | 4-1  |
| Conceptos básicos                           | 4-3  |
| Estructura SIG FIP 99-23                    | 4-8  |
| Estructura base de datos FIP 99-23          | 4-9  |
| Estructura cartografía FIP 99-23            | 4-10 |
| Manejo de imágenes y geometría              | 4-15 |
| Importación/Exportación de imágenes y datos | 4-20 |
| Nuevos campos y registros                   | 4-25 |
| Glosario                                    | 4-30 |
| Bibliografía                                | 4-33 |



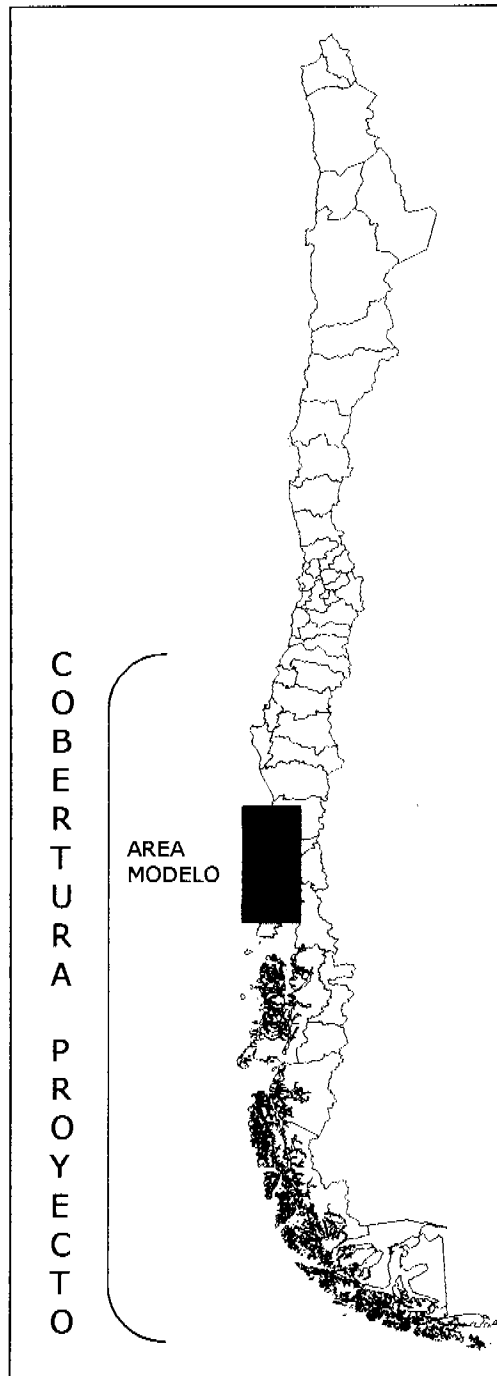
## INTRODUCCION

El presente documento tiene por finalidad el introducir al lector mediante un texto simple, en los fundamentos de un Sistema de Información Geográfica (SIG), y algunas operaciones en el manejo de la información, de modo que sirva como pauta de trabajo y/o como Manual de Usuario. Lo anterior enmarcado en el proyecto FIP 99-23.

Este proyecto se origina por necesidad de la Subsecretaría de Pesca en lo que concierne al proyecto "Diseño de Monitoreo Ambiental para las actividades de Acuicultura en la Zona Sur-Austral" dada su propuesta técnica.

Debido a las características inherentes de los datos a sistematizar, que consideran la espacialidad y la temporalidad de la información, entre otras variables, se ha optado por implementar un SIG, programa computacional, o software, que permite administrar de forma rápida y clara los datos sobre las variables ambientales.

Finalmente, este manual se complementa con anexos específicos para el proyecto, es decir, ejemplos y aplicaciones a partir de la información de los monitoreos realizados en el área modelo.



Zona estudiada en el Proyecto FIP 99-23

## ¿Qué es un SIG?

Un SIG es una herramienta computacional que permite administrar distintos tipos de datos, de modo que sea posible asociarlos de acuerdo a la forma en que éstos fueron ingresados, permitiendo determinar la distribución espacial o geográfica de un evento, o conjunto de eventos, que se analizan temáticamente, los cuales responden en su comportamiento a determinadas conjunciones de variables asociadas. Por lo que, lo que hace que un Software sea denominado como SIG es *la característica que los datos ingresados es georeferenciables*, permitiendo almacenar y manejar grandes volúmenes de información y análisis temáticos de la información, considerando la componente espacial y temporal de los datos.

Al existir diversos tipos de datos y variados requerimientos para su uso, existen distintos tipos de SIG. Dentro de la gama de SIG, encontramos aquellos que están especializados en el manejo de imágenes satelitales, modelamientos y simulación de variables físicas, manejo de recursos naturales, o planeamiento urbano, entre otras aplicaciones.

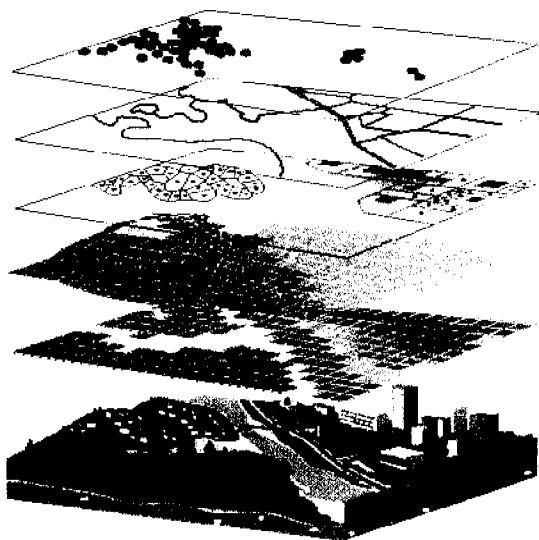
Enfocándose el FIP 99-23 en lograr un control ambiental en los cuerpos de agua de Chile lo que es, en estricto rigor, una forma de ordenamiento del territorio para mejorar la calidad ambiental de éstos, y facilitar la definición de los distintos usos posibles, o controlar los ya existentes.

## Manejo del SIG

El manejo del SIG considera la necesidad de que el usuario se familiarice con el manejo del Software, así como el 'aprender haciendo'. Es por esta condición que los archivos asociados al SIG son en sí una unidad funcional, en la cual se pueden realizar todo tipo de operaciones y consultas propias a un SIG, razón por la cual todos los datos requeridos han sido ya ingresados.

Con el fin de uniformar criterios, es necesario aclarar ciertos conceptos empleados de manera habitual en SIG, y, por consiguiente, en su Manual de Usuario.

## CONCEPTOS BASICOS



## Estructura de los Archivos

Un SIG, tal como lo presenta la figura anterior, permite la interrelación de información de distintos orígenes, para un análisis integral de parámetros con componentes espacial y temporal. Para ello, el SIG se estructura en tres bloques, los que permiten la interacción entre estas tres realidades de modo que sean asociables;

- Base de datos elaborada a partir de las estaciones de monitoreo
- Cartografía asociada a los cuerpos de agua
- Posición georreferenciada de imágenes ráster correspondientes a los cuerpos de agua (disponibles)

Es posible manejar de manera separada los tres bloques, es decir, la base de datos indistinta al uso de cartografía y la imagen ráster disociada del conjunto.



Con el fin de hacer de este **Manual de Uso del SIG** un documento de fácil consulta, se describirán las operaciones, comandos y tareas posibles de realizar en la plataforma con ejemplos aplicados a la utilización del proyecto.

A su vez, para un mejor uso, es necesario comprender en qué consisten estas tres unidades (base de datos, cartografía y ráster) antes de iniciarse el manejo de la información que éstos contienen.

## Abstracción de un SIG

## Base de Datos

Una base de datos es un conjunto de información organizada de manera que pueda ser accesible y leída a través de un programa. Las bases de datos en el SIG se denominarán usualmente Tablas.

Para comprender y trabajar es necesario conocer algunas nociones básicas sobre la organización de las bases de datos y en particular conocer tres conceptos fundamentales: registro, campo e índice.

Obsérvese la siguiente lista, es un conjunto típico de información sobre estaciones de muestreo.

Cada fila de la lista contiene información sobre un punto en particular. En terminología de bases de datos, cada fila es un registro. Cada registro contiene diferentes clases de información sobre la estación. Estas diferentes clases de información se denominan campos. Los campos corresponden a las columnas, de manera que la lista anterior contiene cuatro campos diferentes (Estación, UTM Este, UTM Norte y Fecha).

Los campos de las bases de datos están ordenados (primero, segundo, tercero, cuarto, etc.) y por convenio, el primer campo se muestra en la primera columna de la base de datos. El segundo campo es la columna situada a la derecha del primero, y así hasta el último campo, que es mostrado como última columna. Este orden puede ser modificado en el Menú Tablas.

| Estación | UTM Este | UTM Norte | Fecha      |
|----------|----------|-----------|------------|
| C        | 345.774  | 6.207.997 | 13/12/2000 |
| B        | 354.785  | 6.841.000 | 13/12/2000 |
| E        | 378.001  | 6.581.978 | 13/12/2000 |
| A        | 351.645  | 6.815.439 | 13/12/2000 |
| F        | 368.911  | 6.671.825 | 13/12/2000 |

Notar que esta tabla no está ordenada alfabéticamente en ninguno de sus campos, lo cual es bastante usual. Las bases de datos usan índices para agilizar el proceso de consulta. Sin índice sería muy tedioso buscar cualquier información en una base de datos con cientos de registros.

La función índice se puede ocupar en cada columna y la habilita para buscar información en ella o a partir de ella. A modo de ejemplo, uno de los campos indexados en el SIG es el de Cuerpos de Agua. Esto significa

que se puede buscar en la columna Cuerpos de Agua toda la información para aquellos campos cuyo valor sea igual a Maullín.

Un índice acelera el proceso de búsqueda de información en una base de datos, por lo cual el orden físico de los registros en una base de datos generalmente no es importante.

El SIG tiene la ventaja de incorporar nuevos datos a una misma base de datos.

## Cartografía

La cartografía es la representación de la Tierra, de forma geoide, en una superficie plana. El manejo de información cartográfica es un instrumento fundamental en el análisis de información, dado que permite al usuario visualizar datos atinentes al sector cartografiado y georreferenciarlos para identificarlos en su posición.

A su vez, la cartografía se compone de distintos tipos de objetos representados, como línea de costa, casco urbano, batimetría, muelle, marco; se pueden organizar en capas distintas (separadas) llamadas *layers*. A su vez, la base cartográfica consta de la capacidad de modificar el sistema de coordenadas con que se está trabajando. Debe entenderse una proyección como un sistema que permite reducir la distorsión que se produce cuando los objetos de una superficie esférica se despliegan sobre una superficie plana. Entre las proyecciones que cuenta el SIG están Mollweide, Uso de Longitud/Latitud, Acimut Equidistante, Sinusoidal, Robinson, Eckert, Lambert Acimut Equal-Area y UTM. Este dato es fundamental para poder georreferenciar adecuadamente las bases de datos, la cartografía y el ráster.

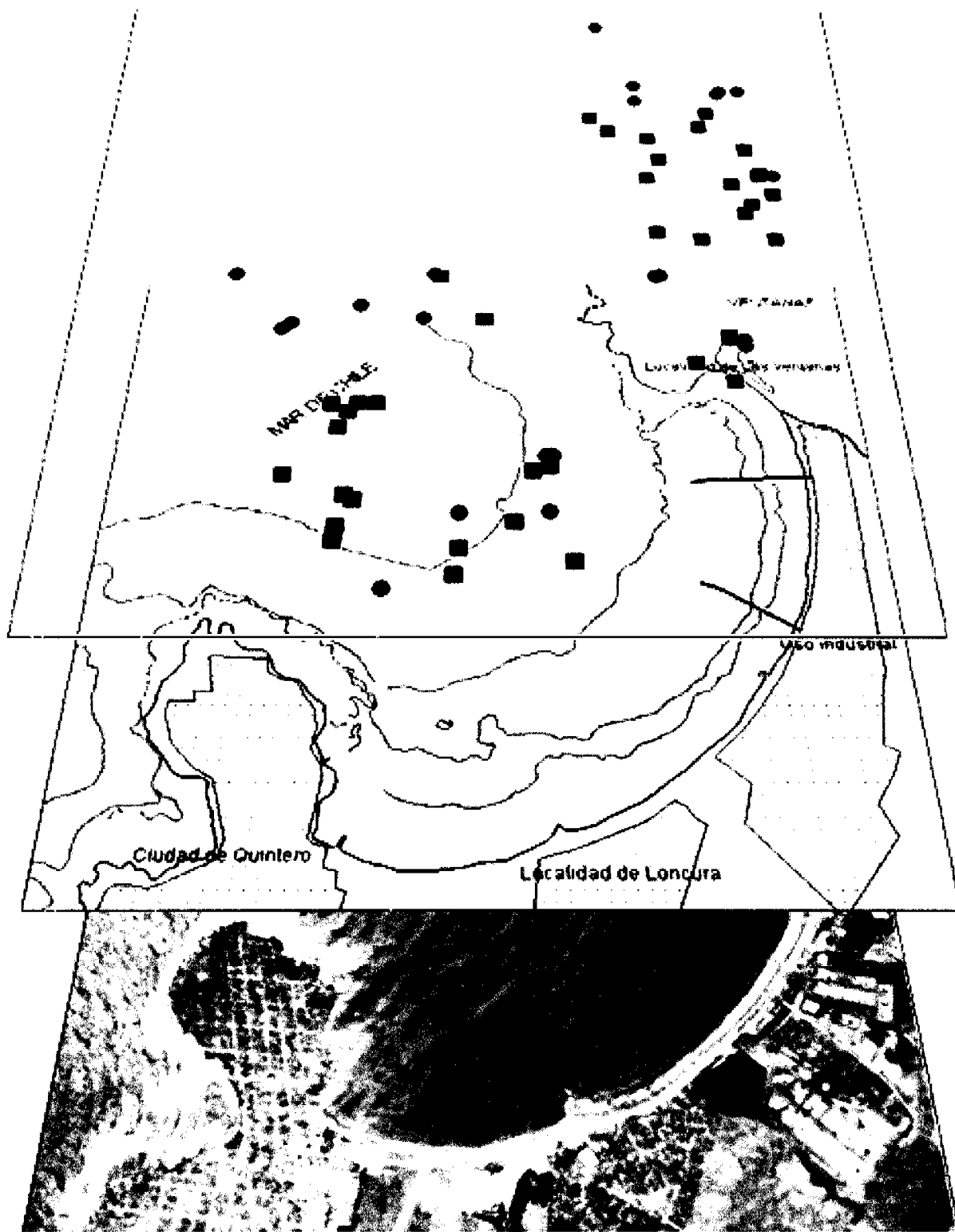
Es necesario tener claro que los Datum con los que se va a trabajar la cartografía del proyecto son el Sud Americano 1969, Provisional Sud Americano 1956 ó WGS-84.

Al analista científico, o una persona no perteneciente al departamento, el visualizar este tipo de información desplegada simultáneamente con datos puntuales le significa poder manejar un mayor número de variables, otorgándole una capacidad de visión y de decisión.



## Imagen Ráster

Un ráster es un tipo de imagen en formato digital. El área cubierta por un pixel variará según la escala de la fuente de origen y la calidad que se le defina al archivo al ser digitalizado. Las imágenes ráster también son conocidas a veces como *bitmaps* (mapa de bits). Las imágenes ráster contrastan con las imágenes vectoriales, donde los objetos mostrados contienen estructuras de datos basados en coordenadas x,y (la cartografía está en formato vectorial, la imagen ráster está asociada al archivo vectorial, y la base datos está georreferenciada). Es normal que la imagen georreferenciada ya procesada sufra una deformación, dado que la imagen ráster es llevada de un plano a una superficie curvada, esto se aplica con un margen mayor a medida que la escala en que se esté trabajando esté disminuyendo.



### ¿Qué realiza el SIG?

Como se mencionara anteriormente, el sistema empleado para el SIG tiene la característica que puede manejar bases de datos, asociándolas a cartografía georreferenciada, otorgando al usuario herramientas de acceso simple que le permite definir criterios de análisis. El siguiente SIG es totalmente compatible con el sistema de Plataforma Windows, esta condición facilita la importación y exportación de datos. Por lo tanto podrá trabajar con base de datos que disponga en Access, Lotus, Excel, dBase/FoxBase, u otros Softwares que sean capaces de importar y/o exportar archivos con estas extensiones. Además, permite asociar cartografía CAD, DXF, y estándar con otros SIG. También, los datos generados mediante el FIP 99-23 son compatibles con otros programas de Windows y/o con otros SIG.

Con esta herramienta, se podrá optar entre otras por las siguientes opciones;

A) Apertura directa de archivos preexistentes:

- a.1 ) dBase
- a.2 ) FoxBase
- a.3 ) delimitado ASCII
- a.4 ) Lotus 1-2-3
- a.5 ) Microsoft Excel
- a.6 ) *Graphics Interchange Format*
- a.7 ) *JPEG*
- a.8 ) *Tagged Image File*
- a.9 ) *Zsoft Paintbrush*
- a.10) *Windows bitmap*
- a.11) *Targa*
- a.12) *SPOT imágenes satelitales*

B) Vistas múltiples de los datos en cuatro formatos:

- b.1 ) ventanas de mapas
- b.2 ) tablas
- b.3 ) gráficos, y
- b.4 ) relaciones entre ellos.

La tecnología de actualización automática de las ventanas permite abrir simultáneamente diversas vistas de los mismos datos y actualizarlas automáticamente cuando se realiza un cambio en una de ellas.

C) Acceso a bases de datos remotas como Oracle y Sybase usando tablas de conexión. Capas de mapa continuas (layers) que le permitirán manejar varias capas como si fueran una sola.

D) Mapas temáticos para llevar a cabo análisis visual.

E) Capacidad de solapar imágenes ráster para dar continuidad al mapa.

F) Realizar consultas que van desde simples selecciones de datos de un archivo a complejas consultas SQL desde uno o más archivos.

### **ESTRUCTURA SIG FIP 99-23**

La base de datos del **SIG FIP 99-23**, se estructura en grupos de tablas principales separadas de la siguiente forma:

- Cartografía
- Concesiones
- Monitoreo

Las tablas se encuentran georreferenciadas en la proyección UTM correspondiente a la zona 18. En el caso de encontrarse información que se encuentre en otro huso, existe la posibilidad de trabajar en otro sistema de coordenadas, o bien elaborar una tabla correspondiente al nuevo huso. Esto último no presenta ningún impedimento para el trabajo en la base de datos ni en la representación gráfica en la cartografía.



## **ESTRUCTURA BASE DE DATOS FIP 99-23**

### **Concesiones**

Existen 2 tablas vinculadas para los datos y georreferenciación de las concesiones, una se llama Concesiones\_Areas; la que contiene un identificador (ID) que la vincula mediante su número de resolución con la tabla ID\_Concesiones a través de un mismo identificador.

La tabla Concesiones\_Areas posee los atributos de ser una tabla mapeable, donde sus objetos corresponden a los polígonos formados por los vértices de sus resoluciones aprobatorias.

La tabla ID\_Concesiones incluye Registros que describen:

- Secuencia
- Vértice
- Resolución (vinculo indexado)
- Fecha
- Año
- Tipo Concesión
- Especies
- Sector
- Localidad
- Comuna
- Provincia
- Región
- Superficie
- Observaciones
- Resolución Anterior
- Fecha Resolución Anterior

Cada uno de los Registro que se localiza de acuerdo a su columna posee información que caracteriza cada área de una concesión.

### **Monitoreo**

Existen 9 tablas relacionadas con los datos de los monitoreos efectuados en los distintos cuerpos de agua durante la aplicación del modelo de monitoreo. Estas nueve tablas poseen una vinculación con la una de ella, la tabla Metadata.

La Tabla Metadata da información respecto a los datos de observación del momento en que se realizaba la toma de muestra.

Existen tres tablas similares en sus objetivos que es controlar la toma de la muestra, codificándola y siguiendo su trayecto hasta el laboratorio. Se identifica a su vez la estación y el parámetro analizado. Estas tablas son Custodia\_Agua, Custodia\_Macrofauna y Custodia Sedimento.

Existen tres tablas similares en sus objetivos que es incluir los resultados de los parámetros medidos por estación. Las coordenadas de las estaciones aparecen en otra tabla, y están vinculadas

mediante el código de la estación. Estas tablas son Data\_Agua, Data\_Macrofauna y Data\_Sedimento.

Existe una octava tabla, tabla Hábitat, la que se relaciona con las transectas trazadas para realizar el modelo de monitoreo. Esta tabla incluye su código y antecedentes de los sectores en que se realizaron los monitoreos.

La novena tabla, tabla Localización, esta tabla posee las coordenadas de las estaciones, así como información relacionada con la estación y antecedentes de los GPS.

## **ESTRUCTURA CARTOGRAFÍA FIP 99-23**

### **Cartografía**

La información incorporada en la plataforma se puede desplegar como tabla o como mapa. En la tabla se puede incorporar información asociada al respectivo elemento del mapa que posteriormente es presentada como etiqueta.

Algunos cuerpos de agua poseen imágenes ráster y otros no, las imágenes ráster consisten en ortofotos georreferenciadas, debido a que se generan conflictos entre la realidad fotográfica y la cartografía utilizada para el proyecto.

En general, estas imperfecciones fueron subsanadas en aquellos casos que procede

En MapInfo, cada layer es un archivo diferente, es decir, Línea\_costa se encuentra en otro archivo que Batimetría. Por lo anterior se formaron 11 archivos.

Los archivos son los siguientes:

- Toponimia
- Océano
- Muelle
- Marco
- Línea de Costa
- Hidrografía
- Coordenadas FIP2
- Casco Urbano
- Batimetría
- Bancos de Arena
- A\_A\_A

Así como existe a su vez un archivo por cada imagen ráster.

## Consultas Tipo

### ¿Qué es una Consulta?

Algunos tipos de datos se encuentran disponibles para su consulta, lo que permite realizar búsquedas en la base de datos, utilizando como criterio la información presente en estos datos indexados para su selección. En el caso del FIP 99-23, se encuentran indexados la totalidad de los análisis realizados, así como datos referentes a la localización y temporalidad.

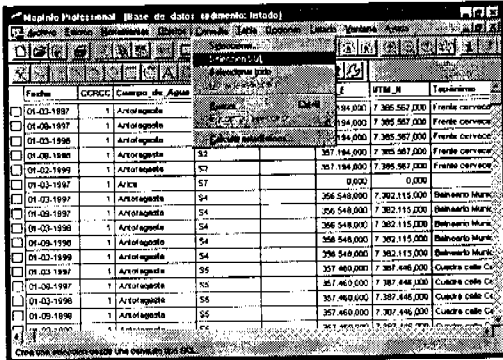
La búsqueda de los datos en las tablas se basa en la Teoría de Conjunto, donde existe un Universo que es la Tabla, y donde los comandos de búsqueda son los encargados de seleccionar los datos, por medio de operaciones de selección (subconjuntos que cumplen con cierta condición). También es posible, por ejemplo, buscar datos de dos subconjuntos creados y buscar los elementos comunes (intersección de conjuntos).

Los comandos que se usarán para la **selección mediante consulta** (creación de un subconjunto) serán Seleccionar y Selección SQL. Cuando se seleccionan datos o registros con cualquiera de estos dos métodos, se crea una expresión lógica que se utiliza para seleccionar los datos o registros. Los registros seleccionados se almacenan en una tabla de consulta. Por ejemplo, la expresión `Cobre_ppm > 0,023` significa que la FIP 99-23 seleccionará sólo los datos o registros donde el análisis fue mayor a 0,023 en Cobre.

La mayor parte de las veces con una única consulta no es posible recuperar sólo los registros de interés, ya que es posible que muchos otros registros presenten la misma condición. Por esta razón, en algunos casos, puede ser necesario realizar una consulta o selección a una selección previa. Por ejemplo en caso de tener una serie de tiempo, puede que se desee seleccionar las estaciones de Maullín y que corresponden a la segunda campaña del '03, para lograrlo, se puede en primer lugar seleccionar los datos que contengan Maullín y luego seleccionar los registros de la selección anterior que tengan por fecha el segundo semestre del '03. La plataforma permite, también, realizar una consulta múltiple, quedando el ejemplo como: seleccionar los registros que contengan Maullín 'y' que tengan por fecha el segundo semestre de '03.

Una vez que se haya realizado este comando selección, la selección de datos o registros pasará a llamarse "Selección", en la plataforma recibe el nombre de "Query1", y las siguientes selecciones que se realicen se llamarán "Query2", "Query3" y así sucesivamente, dependiendo de su orden en la sesión en curso.

Para el caso de la plataforma seleccionada para habilitar el FIP 99-23, al ejecutar el comando SQL, aparecerá una ventana en la que aparecerán distintos *menú o selectores*, Tabla, Columnas, Operador, Funciones, entre otros.



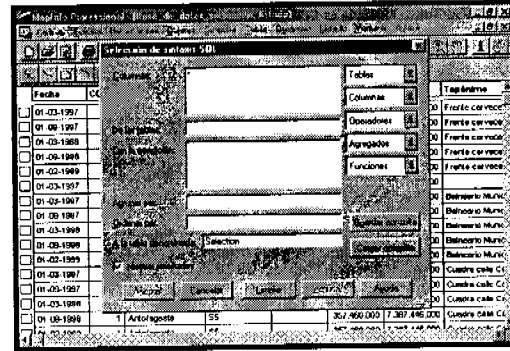
**Selección SQL**

**Tablas** es el sector desplegable que contiene la lista de la totalidad de las tablas que se encuentran abiertas. En caso de haber sido realizadas consultas previas, estas consultas también se encontrarán disponibles para realizar una consulta.

**Columnas** es el sector desplegable, lista cada columna de la tabla sobre la cual se está seleccionando. Si la tabla contiene columnas derivadas de otras consultas, estas columnas también listarán.

**Operadores** es el selector desplegable que contiene símbolos de operaciones matemáticas y lógicas. Los operadores de este selector despegable incluyen signos de suma, resta, multiplicación, división, mayor que, menor que e igual. Se pueden utilizar estos símbolos para crear fórmulas matemáticas.

**Funciones** es el selector que contiene funciones matemáticas que toman uno o más parámetros y devuelven un valor. Se utilizarán funciones para realizar funciones matemáticas básicas sobre los datos de una columna.



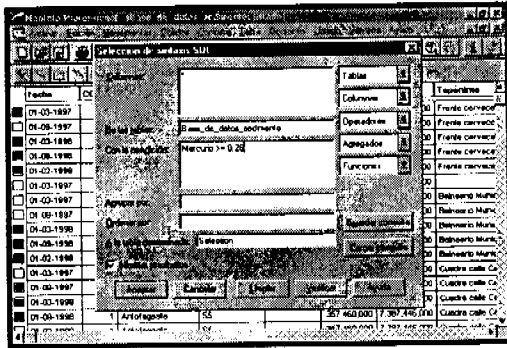
**Menú SQL**

### Selección de Datos desde el FIP 99-23

El proceso habitual para seleccionar objetos utilizando Seleccionar es:

1. Elija Seleccionar del menú Consulta.
2. Especifique la tabla o matriz en la cual se requieren seleccionar registros.
3. Cree una expresión lógica que se utilizará para seleccionar registros.
4. Elija una columna en la que tener la consulta ordenada (opcional). Normalmente, la consulta no está ordenada.
5. Para obtener una ventana de listado con la lista de registros que se han seleccionado active la casilla de activación **Mostrar resultado**.

Se crea un listado de la nueva tabla de selección.



**Consulta SQL**

### Seleccionar datos utilizando SQL

Una selección es un subconjunto de datos que han sido agrupados sobre la base de una o varias variables. Se crean selecciones formulando preguntas o consultas acerca de los datos.

Para ejecutar una instrucción de Selección SQL, que seleccione sólo aquellos objetos con una concentración de cobre sobre la norma en Sedimento, proceda de la siguiente manera:

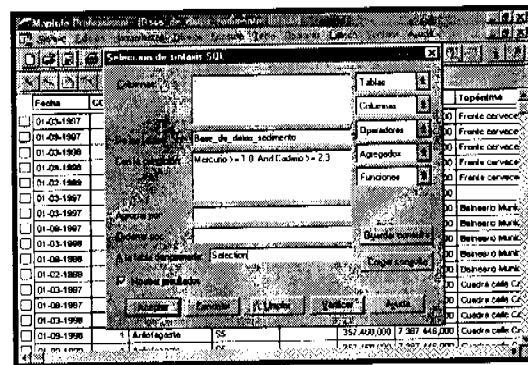
Elija Archivo > Abrir tabla y abra la tabla Matriz Sedimento en una ventana de Mapa.  
Elija Consulta > Selección SQL y complete el cuadro de diálogo Selección de sintaxis SQL como se muestra en la imagen.  
Esto originará una nueva tabla, que contendrá sólo aquellas estaciones con una concentración de cobre sobre la norma en Sedimento. El asterisco (\*) en el cuadro columnas transfiere todas las columnas de la tabla Matriz Sedimento a la nueva tabla.

Elija Archivo > Guardar copia como para guardar la tabla de Selección. Se puede guardar la tabla con cualquier nombre de archivo.

### Hacer una nueva tabla utilizando un subconjunto de un archivo

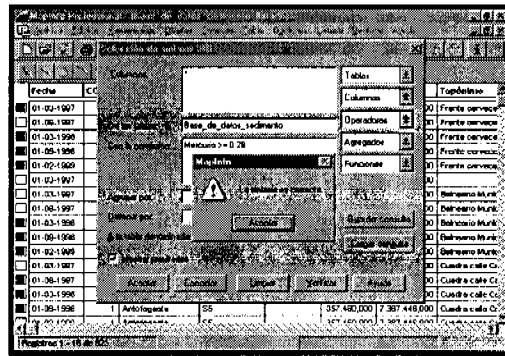
Muchos de los conjuntos de datos utilizados en el FIP 99-23 incluyen más información de lo necesario para algunos análisis o trabajos. En algunos casos es más fácil trabajar con un subconjunto de datos de una matriz.

Existen dos maneras para crear una nueva tabla que contenga un subconjunto de los registros de un archivo dado. Se pueden seleccionar interactivamente los objetos que representan los archivos que se quieren agregar en la nueva tabla, utilizando una de las herramientas seleccionadas. Se puede utilizar el comando de Selección SQL para seleccionar un subconjunto de objetos basados en una función SQL.



**Selección con dos variables**

Con la selección verificar u/o selección sintaxis SQL es un comando que permite verificar si la orden fue dada de manera correcta, así obtener lo que se está preguntando.





**Verificación de sintaxis**

## MANEJO DE IMAGENES Y GEOMETRIA

Tal como se hiciese mención en puntos anteriores, los sistemas de información geográficos administran y ejecutan operaciones con datos de diversos orígenes. Entre estos datos se encuentran datos geográficos que pueden tener una representación digital, datos vectoriales e imágenes.

Este manual tiene por finalidad la introducción en el uso de una aplicación específica de la plataforma utilizada para la habilitación del FIP 99-23. Las demás aplicaciones pueden ser consultadas en el manual suministrado junto con el software.

### Polígono

|   |  |
|---|--|
|  | <p>Este botón se encuentra disponible cuando se ha activado la opción editar un mapa. Permite el cálculo de superficies y perímetros, así como el centro de la figura (en coordenadas UTM).</p> <p>Con un doble clic sobre un polígono editado es posible cambiar su aspecto y/o su forma.</p>   |
|  | <p><b>Utilice el botón Polígono para:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· Tener acceso a la herramienta Polígono. Dibujar polígonos en una ventana de mapa o Presentación.</li></ul> <p><b>¿Cuándo está disponible el botón Polígono ?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· La ventana activa es una presentación o un mapa con una capa modificable.</li></ul> <p><b>Cómo tener acceso al comando</b></p> <p>_ Haga clic en el botón Polígono en la barra de herramientas Modelo.</p> <p><b>Dibujar polígonos</b></p> <p>Para dibujar un polígono:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Haga clic en el botón Polígono en la barra de herramientas Modelo. El cursor se convierte en una pequeña cruz.</li><li>2. Mueva el cursor hacia la posición donde quiere iniciar el dibujo y haga clic en el botón del <i>mouse</i> una vez. Desplace el cursor para formar la primera línea o lado.</li><li>3. Haga clic en el botón una vez cuando quiera terminar la línea y continuar dibujando otra línea desde ese punto. Continúe el proceso para cada lado adicional. Seleccione y haga clic para mostrar una nueva línea entre los extremos anteriores y el nuevo punto seleccionado.</li><li>4. Cuando se quiera terminar, haga doble clic en el último punto. MapInfo dibuja la última línea del polígono automáticamente, la conecta con el primer punto y aplica al Polígono los parámetros de estilo especificados predeterminado. Por ejemplo, cuando quiere dibujar un triángulo, dibuje dos líneas en forma de V y luego haga doble clic en el último punto. MapInfo dibuja una tercera línea para cerrar el triángulo. Cuando mantiene presionada la tecla &lt;Mayús&gt; mientras usa Polígono, los segmentos de línea serán horizontales, verticales o con una inclinación de 45 grados en la diagonal.</li></ol> |



#### Utilice el botón Polilínea para:

· Tener acceso a la herramienta Polilínea. Dibujar polilíneas: una secuencia conectada de líneas que no están cerradas. Estos segmentos se tratan como un objeto.

#### ¿Cuándo está disponible Polilínea?

· Hay activa una ventana de mapa con una capa modificable.

#### Cómo tener acceso al comando

\_ Haga clic en el botón Polilínea en la herramienta Modelo.

#### Dibujar una polilínea

Para dibujar una polilínea:

1. Haga clic en el botón Polilínea en la herramienta Modelo.
2. Coloque el cursor donde se pretende empezar a dibujar y haga clic una vez el botón del *mouse*. El cursor se muestra como una cruz sobre la capa o el mapa modificable. Haga clic una vez.
3. Mueva el cursor para dibujar el primer segmento o línea.
4. Haga clic una vez con el botón del *mouse* si desea terminar el segmento dibujado y seguir con otra línea a partir de su nodo final.
5. Repita los mismos pasos para cada segmento y punto adicional y haga clic: aparece una nueva línea entre el nodo final previo y el nuevo punto o nodo final seleccionado.
6. Para finalizar el dibujo de la polilínea haga doble clic en el último punto.

Cuando mantiene presionada la tecla <Mayús> mientras dibuja una polilínea, los segmentos de línea serán horizontales, verticales o con una inclinación de 45 grados en la diagonal.

#### Dibujar una línea curva

Para dibujar una línea curva:

1. Haga modificable la capa de mapa donde desea dibujar la línea. Elija la herramienta Polilínea y dibuje una figura.
2. Cuando se haya terminado, haga doble clic en el objeto con la herramienta selector, para abrir el cuadro de diálogo Objeto: polilínea.
3. Active la casilla de verificación Suavizar. o bien

Elija Objetos > Alisar.

MapInfo suaviza la polilínea en una curva.

Desalisar permite cambiar una línea curva o irregular a una curva con ángulos.

Para desalisar el objeto:

\_ Desactive la casilla

o bien

\_ seleccione la figura y elija Objetos > Desalisar.

La polilínea se convierte en una línea angular.





**Utilice el botón Rectángulo redondeado para:**

· Tener acceso a la herramienta Rectángulo redondeado. Dibujar rectángulos o cuadrados con los vértices redondeados.

**¿Cuándo está disponible Rectángulo redondeado?**

· Cuando está activa una ventana de mapa y una de sus capas está modificable.  
o bien  
· Cambiar zoom está disponible cuando una presentación es la ventana activa.

**Cómo tener acceso al comando**

\_ Haga clic en el botón Rectángulo redondeado en la barra de herramientas Modelo.

**Dibujar rectángulos redondeados y cuadrados**



Para dibujar rectángulos redondeados:


1. Haga clic en el botón Rectángulo redondeado en la barra de herramientas Modelo.
2. Coloque el cursor donde desea empezar a dibujar el rectángulo.
3. Haga clic y con el botón del *mouse* presionado, arrastre en diagonal el cursor hacia el ángulo opuesto del rectángulo. La forma aparece en la pantalla y cambia de tamaño y proporción según mueve el cursor.
4. Libere el botón del *mouse* cuando el rectángulo tenga el tamaño deseado.

Para dibujar cuadrados redondeados:

\_ Mantenga presionada la tecla <Mayús> mientras utiliza la herramienta Rectángulo redondeado.

Los rectángulos redondeados son figuras cerradas rellenas con el patrón de relleno y/o color. La apariencia de los nuevos objetos depende del Estilo de región. Para modificar o establecer el estilo, utilice el comando Opciones > Estilo de región.

|   |  |
|---|--|
|    | <p><b>Utilice Reformar para:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· Activar o desactivar el modo Reformar. Con reformar pueden modificarse regiones, polilíneas, líneas, arcos y puntos agregando, moviendo o borrando nodos que definen segmentos de línea. También puede copiar y pegar nodos seleccionados para crear nuevos puntos líneas y polilíneas.</li></ul> <p><b>¿Cuándo está disponible Reformar?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· Una región, polilínea, línea, arco o punto está seleccionado en una ventana de mapa en una capa modificable o en una ventana de presentación.</li></ul> <p><b>Cómo tener acceso al comando</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>_ Elija Edición &gt; Reformar. o bien</li><li>_ Haga clic en el botón Reformar en la barra de herramientas Modelo.</li></ul> <p><b>Cambiar la forma de objetos</b></p> <p>Las regiones y las polilíneas se crean uniendo líneas. Las líneas que forman estos objetos tienen nodos en sus puntos iniciales y finales. Puede modificar las formas de regiones y polilíneas, cambiando, agregando o borrando esos nodos. Seleccione tantos objetos nodo como se desee, sin embargo, los nodos deben ser contiguos, pertenecer a la misma región y residir en una capa de mapa modificable o presentación. El número máximo de nodos en regiones y polilíneas es de 1.048.572 nodos por región poligonal única o por polilínea. El límite pasa a siete nodos por cada dos polígonos adicionales. Si guarda un objeto con más de 32K nodos y se lee la tabla con una versión de MapInfo anterior a la versión 4.5, los objetos no estarán visibles. Los objetos de la tabla que no superan el límite de 32K serán visibles.</p> |
|  | <p><b>El botón Rectángulo permite:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· Tener acceso a la herramienta Rectángulo. Utilice esta herramienta para crear rectángulos y cuadrados en una capa modificable de mapa o presentación</li></ul> <p><b>¿Cuándo está disponible el botón rectángulo?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· Está activa una ventana de presentación o Mapa con una capa modificable.</li></ul> <p><b>Cómo tener acceso al comando</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>_ Elija barra de herramientas Modelo &gt; botón Rectángulo</li></ul> <p><b>Dibujar un rectángulo</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Haga clic en el botón Rectángulo en la barra de herramientas Modelo.</li><li>2. Coloque el cursor donde desea empezar a dibujar el rectángulo.</li><li>3. Mantenga presionado el botón del <i>mouse</i>. Arrastre el puntero hacia el ángulo opuesto al del inicio del rectángulo. Su forma aparece en la pantalla y cambia de tamaño y proporción según movemos el puntero.</li><li>4. Suelte el botón del <i>mouse</i> para acabar de crear la forma definitiva. Los rectángulos son figuras cerradas. Se rellenan con el patrón predeterminado y/o el color especificado en Opciones &gt; Estilo de región.</li></ol> <p><b>Dibujar un cuadrado</b></p> <p>Para dibujar un cuadrado:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>_ Presione la tecla &lt;Mayús&gt; mientras utiliza la herramienta Rectángulo.</li></ul>   |

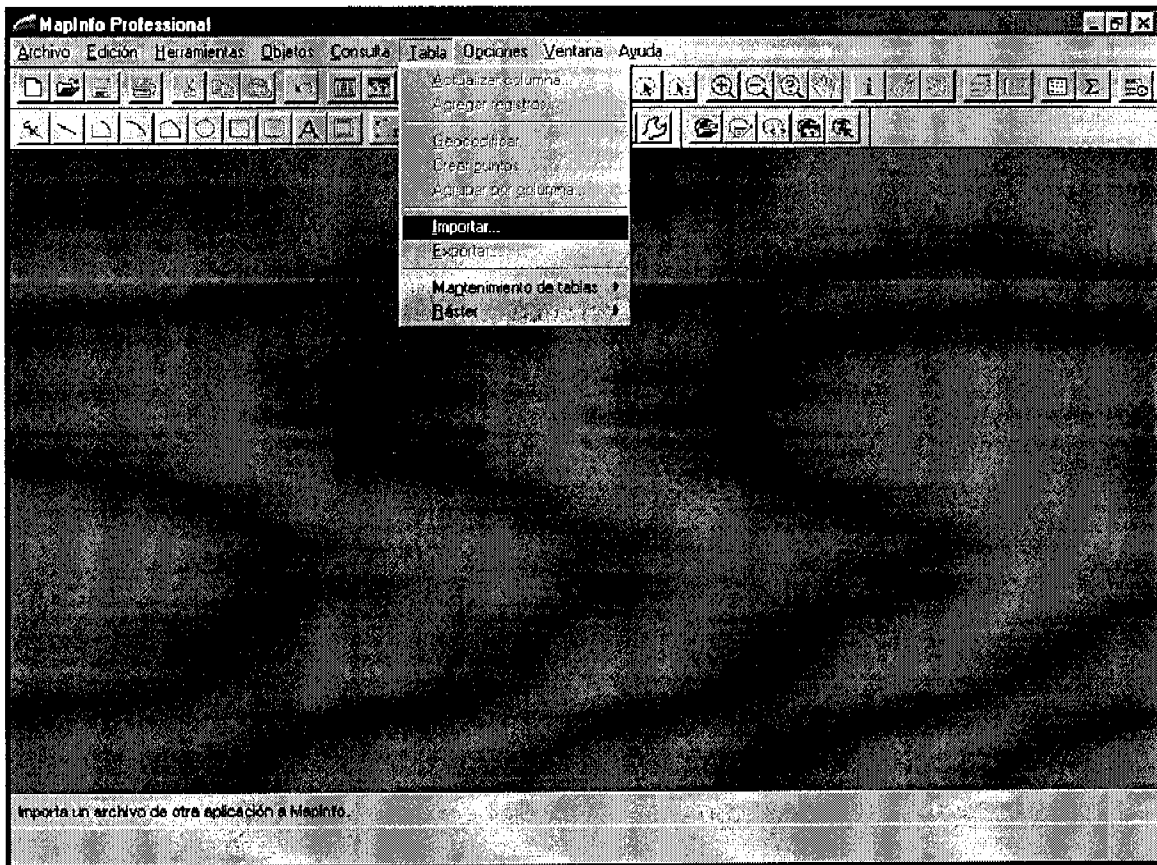
|   |  |
|---|--|
|  | <p><b>El botón Arco permite:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· Utilizar la herramienta Arco. Dibujar un arco con forma de un cuarto de elipse.</li></ul> <p><b>¿Cuándo está disponible el botón Arco?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>· El botón Arco está disponible cuando una presentación está activa, o bien</li><li>· Un mapa tiene una capa modificable.</li></ul> <p><b>Cómo tener acceso al comando</b></p> <p>_ Haga clic en el botón Arco en la barra de herramientas Modelo.</p> <p><b>Dibujar un arco</b></p> <p>La herramienta Arco de la barra de herramientas Modelo permite dibujar un arco en una capa modificable de un mapa o presentación. El arco tendrá el tamaño y la forma de la cuarta parte de una elipse. Los puntos finales están en: 0, 90, 180 o 270 grados en la elipse. Una vez que se ha dibujado un arco, es posible reformarlo.</p> <p>Para dibujar un arco:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Haga clic en el botón Arco en la barra de herramientas Modelo.</li><li>2. Lleve el cursor donde se desee empezar a dibujar el arco.</li></ol> <p>Para dibujar un arco que sea un cuarto de círculo, mantenga presionada la tecla &lt;Mayús&gt; mientras dibuja.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>3. Haga clic y mantenga presionando el botón del <i>mouse</i>.</li><li>4. Mueva el cursor gráfico con el <i>mouse</i> o con el instrumento digitalizador. Aparece el arco en la pantalla y cambia de forma, tamaño y proporción mientras se mueve el cursor.</li><li>5. Libere el botón del <i>mouse</i>. Cuando el arco no se curva en la dirección deseada, puede volverse a dibujar en el mismo sitio moviendo el <i>mouse</i> en la dirección opuesta.</li></ol> |
|---|--|

La activación de un mapa para su edición se realiza con un clic del botón derecho del mouse sobre la ventana de cartografía y la selección de una capa para editar.

## IMPORTACION/EXPORTACION DE IMAGENES Y DATOS

La importación y exportación de datos en un SIG es un método de trabajo que facilita el trabajo volviéndolo más rápido y ordenado.

En la Plataforma existen distintos tipos de datos y la forma en que estos se importan es variada según sus formatos.



### *Acceso a opción Importar*

Como aparece en la figura anterior, para acceder a la opción Importar se va la Barra Menú, en Tablas, y se hace un click en Importar.

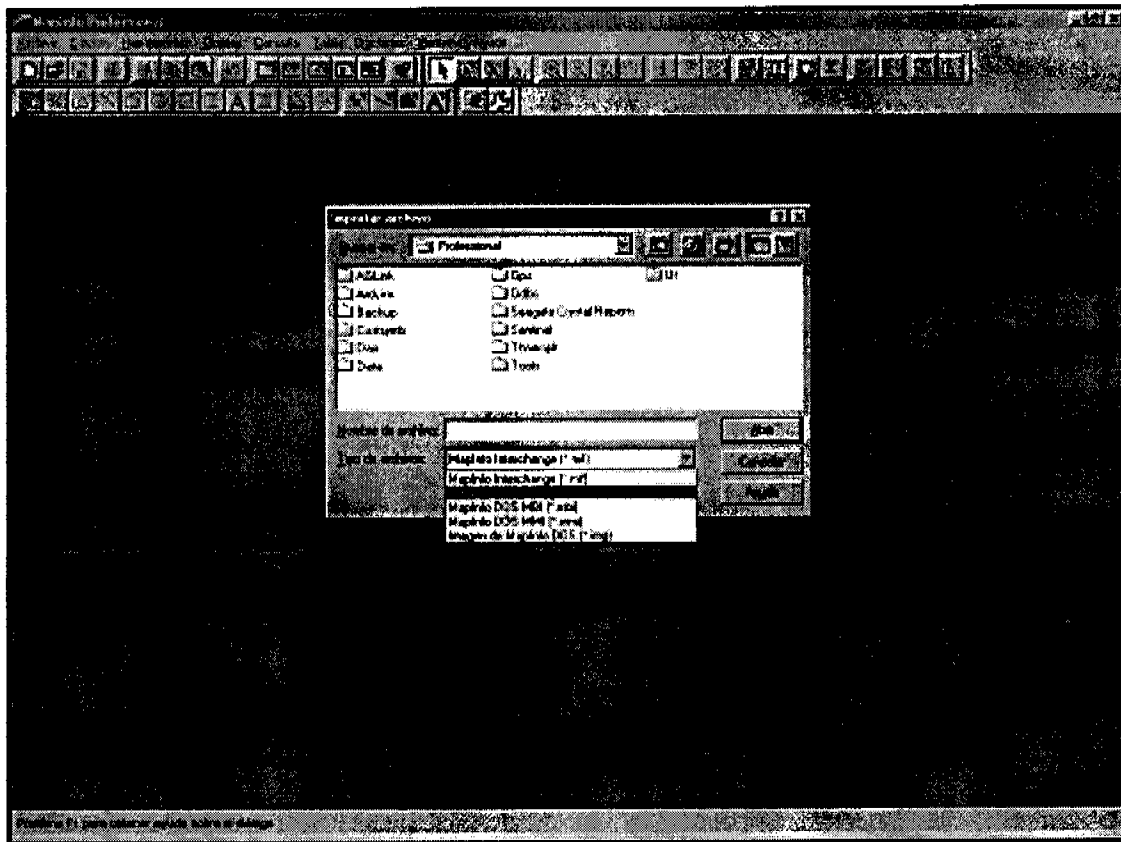


Figura 9: Selección del tipo de dato que se quiere importar.

Luego de ejecutar la orden de importar se selecciona el archivo que se quiere importar.

Para exportar los trabajos realizados en el FIP 99-23 es necesario tener claro qué archivos, tablas u otro objeto van a ser seleccionados.

| Código Formas                   | Código Estación | Alteplan | Elev      | Caudal  | SG      | pH      | AC      | pH | Carbono Organico | E | Fosforo Total | ppm | Nitrogeno Total | ppm |
|---------------------------------|-----------------|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|----|------------------|---|---------------|-----|-----------------|-----|
| <input type="checkbox"/> CA07-2 | CA07-2A         | 2        | 1771      |         | -0,0005 | -0,0002 | -0,0002 |    | -0,0002          |   | 537,0000      |     | 508,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> CA07-3 | CA07-3A         | 1        | 1789      |         | 0,0004  | 1,0024  | 0,0026  |    | 1,2000           |   | 130,0000      |     | 26,0000         |     |
| <input type="checkbox"/> CA07-1 | CA07-1A         | 2        | 1770      |         | -0,0006 | 0,0006  | 0,0006  |    | -0,0006          |   | 776,0000      |     | 816,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-2 | CB01-2A         | 2        | 1841      |         | -0,0008 | -0,0008 | -0,0007 |    | -0,0009          |   | 581,0000      |     | 1303,0000       |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-3 | CB01-3A         | 2        | 1841      |         | -0,0009 | -0,0008 | -0,0005 |    | -0,0005          |   | 524,0000      |     | 829,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-4 | CB01-4D         | 1        | 184720000 | 8,0000  | 0,0006  | 2,8826  | -0,0000 |    | 0,5720           |   | 1.280,0000    |     | 45,2000         |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-1 | CB01-1D         | 2        | 184120000 | -8,0000 | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005 |    | -0,0002          |   | 586,0000      |     | 768,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> CA07-2 | CA07-2A         | 1        | 177120000 | 8,0000  | 0,0006  | 1,2777  | -0,1880 |    | 0,1880           |   | 323,0000      |     | 1,1200          |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-2 | CB01-2A         | 1        | 184120000 | 3,0000  | 0,0006  | 0,4778  | -0,1880 |    | 0,0000           |   | 141,0000      |     | 26,0000         |     |
| <input type="checkbox"/> CA07-1 | CA07-1A         | 1        | 177020000 | 1,4000  | 0,0006  | 1,0358  | -0,1800 |    | 0,2000           |   | 220,0000      |     | 15,4000         |     |
| <input type="checkbox"/> CA07-2 | CA07-2C         | 2        | 177120000 | -8,0000 | -0,0005 | 0,0005  | -0,0005 |    | -0,0005          |   | 585,0000      |     | 776,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> CA07-1 | CA07-1B         | 2        | 177120000 | -8,0000 | -0,0005 | -0,0005 | -0,0002 |    | -0,0005          |   | 680,0000      |     | 850,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-1 | CB01-1A         | 1        | 184120000 | 3,0000  | 0,0006  | 1,2625  | 0,0000  |    | 1,0000           |   | 141,0000      |     | 36,0000         |     |
| <input type="checkbox"/> CA07-3 | CA07-3C         | 2        | 177120000 | 8,0000  | 0,0006  | 0,0006  | -0,0006 |    | -0,0006          |   | 885,0000      |     | 907,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> CA07-2 | CA07-2B         | 2        | 177120000 | -8,0000 | -0,0005 | 0,0005  | -0,0005 |    | -0,0005          |   | 584,0000      |     | 758,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-2 | CB01-2C         | 2        | 184120000 | -8,0000 | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005 |    | -0,0005          |   | 587,0000      |     | 1130,0000       |     |
| <input type="checkbox"/> CA07-1 | CA07-1D         | 2        | 177120000 | -8,0000 | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005 |    | -0,0005          |   | 522,0000      |     | 703,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> MA02-2 | MA02-2B         | 1        | 184040000 | 3,7300  | 0,0006  | 0,6838  | 0,0000  |    | 0,2000           |   | 86,2000       |     | 68,0000         |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-2 | CB01-2C         | 1        | 184120000 | 3,7000  | 0,0006  | 0,6798  | -0,4820 |    | 0,8700           |   | 161,0000      |     | 94,2000         |     |
| <input type="checkbox"/> MA02-1 | MA02-1D         | 1        | 184040000 | 2,7700  | 0,0006  | 0,6209  | 0,1320  |    | 0,5700           |   | 182,3000      |     | 109,1000        |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-2 | CB01-2B         | 2        | 184120000 | -8,0000 | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005 |    | -0,0005          |   | 557,0000      |     | 758,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-1 | CB01-1A         | 3        | 184120000 | -8,0000 | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005 |    | -0,0005          |   | 441,0000      |     | 803,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-2 | CB01-2B         | 3        | 184120000 | -8,0000 | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005 |    | -0,0005          |   | 586,0000      |     | 848,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> MA02-2 | MA02-2C         | 1        | 184040000 | 3,7000  | 0,0006  | 0,6838  | 0,0000  |    | 0,4000           |   | 86,2000       |     | 68,0000         |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-2 | CB01-2C         | 2        | 184120000 | -8,0000 | -0,0008 | -0,0008 | -0,0008 |    | -0,0008          |   | 580,0000      |     | 1127,0000       |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-2 | CB01-2D         | 2        | 184120000 | -8,0000 | -0,0008 | -0,0008 | -0,0008 |    | -0,0008          |   | 570,0000      |     | 829,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-1 | CB01-1C         | 2        | 184120000 | -8,0000 | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005 |    | -0,0005          |   | 483,0000      |     | 843,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-2 | CB01-2C         | 2        | 184120000 | -8,0000 | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005 |    | -0,0005          |   | 807,0000      |     | 258,0000        |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-2 | CB01-2B         | 1        | 184120000 | 3,7000  | 0,0006  | 0,6838  | -0,4880 |    | 0,4880           |   | 176,0000      |     | 96,0000         |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-2 | CB01-2D         | 1        | 184120000 | 3,8500  | 0,0006  | 0,6808  | -0,2620 |    | 0,3600           |   | 183,0000      |     | 14,0000         |     |
| <input type="checkbox"/> MA02-1 | MA02-1A         | 1        | 184040000 | 2,8400  | 0,0006  | 0,7488  | 0,3800  |    | 0,6800           |   | 179,8000      |     | 108,2000        |     |
| <input type="checkbox"/> CB01-2 | CB01-2C         | 1        | 184120000 | 3,7400  | 0,0006  | 0,6838  | -0,4400 |    | 0,4800           |   | 171,0000      |     | 28,7000         |     |

**Selección de exportación**

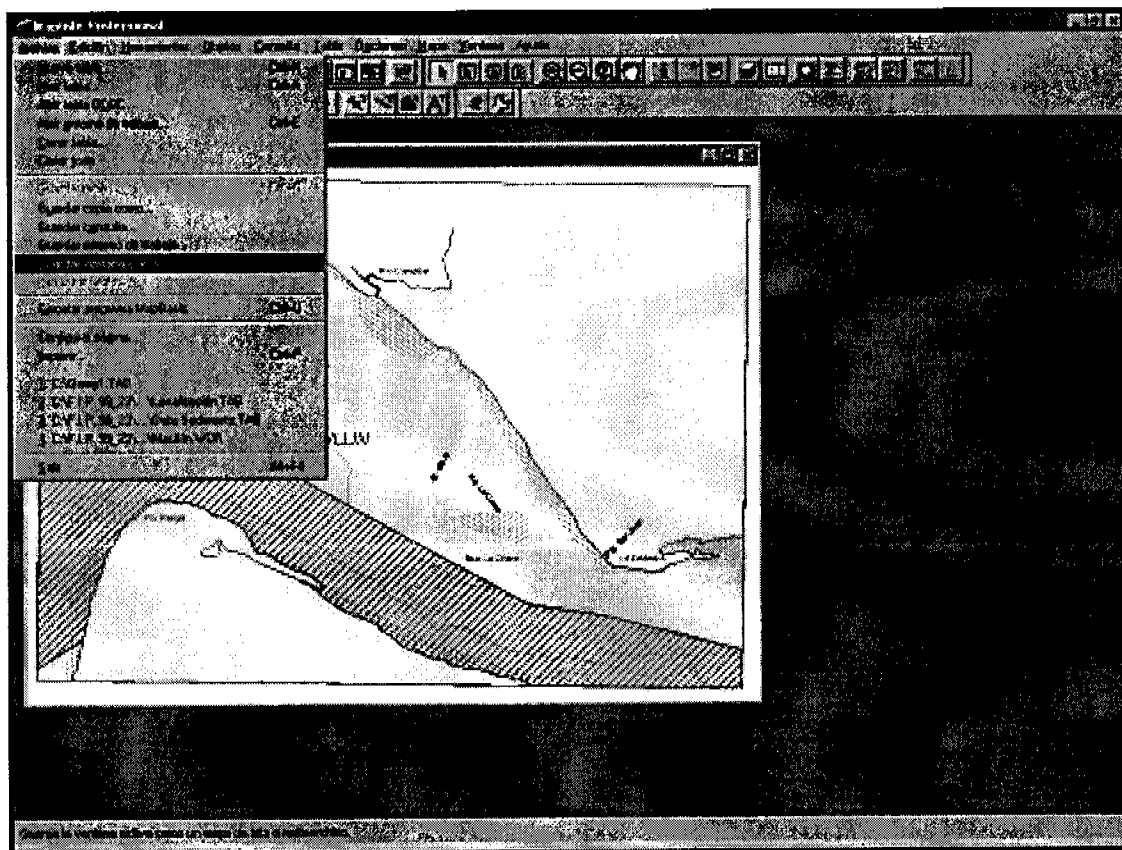
En esta acción se da la orden de exportar, puede ser una tabla o un "layer".

| Código Tronco | Código Función | Diploma | Fecha    | AG_ppt  | Clasificación | AG_ppt  | AG_ppt  | Carbono Orgánico It | Factores Total ppt | Módulos Total ppt |
|---------------|----------------|---------|----------|---------|---------------|---------|---------|---------------------|--------------------|-------------------|
| CA001-2       | CA001-2A       | 2       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005             | 587,0005           | 588,0005          |
| CA001-3       | CA001-3A       | 1       | 1/1/2000 | 2,0000  | 0,0000        | 1,0000  | 0,0000  | 1,2000              | 130,0000           | 28,0000           |
| CA001-1       | CA001-1A       | 2       | 1/1/2000 | 8,0005  | 0,0005        | 0,0005  | -0,0005 | 0,0005              | 718,0005           | 818,0005          |
| CA001-2       | CA001-2A       | 2       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | 0,0005              | 587,0005           | 590,0005          |
| CA001-3       | CA001-3A       | 2       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | 0,0005              | 587,0005           | 590,0005          |
| CA001-4       | CA001-4D       | 1       | 1/1/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 1,2000              | 1,200,0000         | 45,0000           |
| CA001-1       | CA001-1D       | 2       | 1/1/2000 | 8,0005  | 0,0005        | 0,0005  | -0,0005 | 0,0005              | 718,0005           | 768,0005          |
| CA001-2       | CA001-2A       | 1       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | 0,0005              | 587,0005           | 588,0005          |
| CA001-3       | CA001-3A       | 2       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | 0,0005              | 587,0005           | 590,0005          |
| CA001-1       | CA001-1A       | 1       | 1/1/2000 | 8,0005  | 0,0005        | 0,0005  | -0,0005 | 0,0005              | 718,0005           | 719,0005          |
| CA001-2       | CA001-2A       | 2       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | 0,0005              | 587,0005           | 590,0005          |
| CA001-1       | CA001-1A       | 2       | 1/1/2000 | 8,0005  | 0,0005        | 0,0005  | -0,0005 | 0,0005              | 718,0005           | 719,0005          |
| CA001-2       | CA001-2A       | 2       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | 0,0005              | 587,0005           | 590,0005          |
| CA001-1       | CA001-1A       | 2       | 1/1/2000 | 8,0005  | 0,0005        | 0,0005  | -0,0005 | 0,0005              | 718,0005           | 719,0005          |
| MA001-2-2     | MA001-2-2D     | 1       | 1/1/2000 | 2,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000              | 80,0000            | 48,0000           |
| MA001-2-2     | MA001-2-2C     | 1       | 1/1/2000 | 2,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000              | 80,0000            | 34,0000           |
| MA001-2-1     | MA001-2-1D     | 1       | 1/1/2000 | 2,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000              | 80,0000            | 108,0000          |
| CA001-3       | CA001-3B       | 2       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005             | 587,0005           | 758,0005          |
| CA001-4       | CA001-4A       | 2       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005             | 441,0005           | 882,0005          |
| CA001-3       | CA001-3B       | 2       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005             | 587,0005           | 848,0005          |
| MA001-2-2     | MA001-2-2C     | 1       | 1/1/2000 | 2,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000              | 80,0000            | 48,0000           |
| CA001-3       | CA001-3C       | 2       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005             | 587,0005           | 590,0005          |
| CA001-3       | CA001-3D       | 2       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005             | 587,0005           | 829,0005          |
| CA001-1       | CA001-1C       | 2       | 1/1/2000 | 8,0005  | 0,0005        | 0,0005  | -0,0005 | -0,0005             | 482,0005           | 843,0005          |
| CA001-2       | CA001-2C       | 2       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005             | 587,0005           | 854,0005          |
| CA001-3       | CA001-3B       | 1       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | 0,0005              | 718,0005           | 86,0005           |
| CA001-3       | CA001-3D       | 1       | 1/1/2000 | -8,0005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,2000 | 0,0000              | 183,0005           | 14,0005           |
| MA001-2-1     | MA001-2-1A     | 1       | 1/1/2000 | 2,0000  | 0,0000        | 0,7000  | 0,0000  | 0,0000              | 170,0000           | 108,0000          |
| CA001-3       | CA001-3C       | 1       | 1/1/2000 | 2,7000  | 0,0000        | 0,5000  | -0,4000 | 0,4000              | 171,0000           | 28,7000           |

**Selección del formato del archivo a exportar**

Como se visualiza en la ventana, es en este paso donde se le asigna al dato el formato de archivo en que se quiere representar.

Otro tipo de formato al exportar es como imagen.



***Se guarda la imagen como se visualiza en la Ventana Mapa***

La visualización que se realiza a partir de la representación puede ser exportada como imagen. Representación de gráficos, representación de Mapas Temáticos, y las representaciones que el usuario estime conveniente.



### NUEVOS CAMPOS Y REGISTROS

Para ingresar un nuevo registro en una tabla, es necesario tener abierta la tabla que se quiere modificar para agregar o eliminar un campo.

| Código Transacc | Código Casación | Réplicas | Fecha    | Saldo   | Saldo_gro | PLC_gro | Costos_Organiza | Costos_Totales | Margenes_Totales |
|-----------------|-----------------|----------|----------|---------|-----------|---------|-----------------|----------------|------------------|
| CAB01-2         | CAB01-2A        | 2        | 1/1/1999 | -0,0000 | -0,0000   | -0,0000 | -0,0000         | 557,0000       | 558,0000         |
| CAB01-3         | CAB01-3A        | 1        | 1/1/1999 | 0,0000  | 1,0000    | 0,0000  | 1,0000          | 130,0000       | 28,0000          |
| CAB01-7         | CAB01-7A        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 715,0000       | 918,0000         |
| CAB01-2         | CAB01-2A        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 501,0000       | 1.303,0000       |
| CAB01-3         | CAB01-3A        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 524,0000       | 525,0000         |
| CAB01-1         | CAB01-1D        | 1        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 1.280,0000     | 45,0000          |
| CAB01-1         | CAB01-1D        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 204,0000       | 704,0000         |
| CAB01-2         | CAB01-2A        | 1        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 23,0000        | 1,1000           |
| CAB01-2         | CAB01-2A        | 1        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 140,0000       | 25,0000          |
| CAB01-1         | CAB01-1A        | 1        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 13,0000          |
| CAB01-2         | CAB01-2D        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 1,0000           |
| CAB01-1         | CAB01-1A        | 1        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 400,0000       | 20,0000          |
| CAB01-2         | CAB01-2C        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 294,0000       | 720,0000         |
| CAB01-2         | CAB01-2B        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 501,0000       | 1.130,0000       |
| CAB01-3         | CAB01-3D        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 522,0000       | 703,0000         |
| CAB01-1         | CAB01-1A        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| MAR01-3         | MAR01-3B        | 1        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| MAR01-2         | MAR01-2C        | 1        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| MAR01-1         | MAR01-1D        | 1        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| CAB01-3         | CAB01-3D        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| CAB01-1         | CAB01-1A        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| CAB01-3         | CAB01-3D        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| MAR01-2         | MAR01-2C        | 1        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| CAB01-3         | CAB01-3C        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| CAB01-2         | CAB01-2D        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| CAB01-1         | CAB01-1A        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| CAB01-3         | CAB01-3D        | 2        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| CAB01-3         | CAB01-3C        | 3        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| CAB01-3         | CAB01-3D        | 1        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| CAB01-2         | CAB01-2D        | 1        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| MAR01-1         | MAR01-1A        | 1        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |
| CAB01-3         | CAB01-3C        | 1        | 1/1/1999 | 0,0000  | 0,0000    | 0,0000  | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000           |

### Paso 1 para agregar Nuevo Campo

Luego es necesario hacer un "click" en Modificar estructura.

| Código_Termino | Código_Estación | Nivel | Fecha     | PC_ph   | Clasificación | SG_ph   | PC_ph   | Carbono_Dióxido_D | Fosforo_Total_pp | Nitrogeno_Total_pp |
|----------------|-----------------|-------|-----------|---------|---------------|---------|---------|-------------------|------------------|--------------------|
| CA001-2        | CA001-2A        | 2     | 1/11/2000 | -8,3005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005           | 557,0000         | 508,0000           |
| CB001-3        | CB001-3A        | 1     | 1/11/2000 | 2,0000  | 0,0000        | 1,0000  | 0,0000  | 1,0000            | 130,0000         | 38,0000            |
| CA001-1        | CA001-1A        | 2     | 1/11/2000 | 8,8000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 114,0000         | 818,0000           |
| CB001-2        | CB001-2A        | 2     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 281,0000         | 1,000,0000         |
| CB001-3        | CB001-3A        | 2     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 624,0000         | 679,0000           |
| CB001-4        | CB001-4A        | 1     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 1,280,0000       | 45,0000            |
| CB001-5        | CB001-5A        | 2     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 369,0000         | 764,0000           |
| CB001-6        | CB001-6A        | 1     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 23,0000          | 3,2000             |
| CB001-7        | CB001-7A        | 2     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 140,0000         | 29,0000            |
| CB001-8        | CB001-8A        | 1     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 220,0000         | 19,0000            |
| CB001-9        | CB001-9A        | 1     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 680,0000         | 735,0000           |
| CA001-1        | CA001-1A        | 1     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 0,0000           | 1,500,0000         |
| CA001-2        | CA001-2A        | 2     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 741,0000         | 26,0000            |
| CA001-3        | CA001-3A        | 1     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 488,0000         | 802,0000           |
| CA001-4        | CA001-4A        | 1     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 584,0000         | 738,0000           |
| CA001-5        | CA001-5A        | 2     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 587,0000         | 1,130,0000         |
| CA001-6        | CA001-6A        | 2     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 622,0000         | 763,0000           |
| MA001-2-1      | MA001-2-1A      | 1     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 80,0000          | 48,0000            |
| MA001-2-2      | MA001-2-2A      | 1     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 187,0000         | 34,0000            |
| MA001-2-3      | MA001-2-3A      | 1     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 182,0000         | 108,0000           |
| MA001-2-4      | MA001-2-4A      | 1     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 557,0000         | 756,0000           |
| CB001-1        | CB001-1A        | 2     | 1/11/2000 | -8,3005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005           | 441,0000         | 803,0000           |
| CB001-2        | CB001-2A        | 2     | 1/11/2000 | -8,3005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005           | 546,0000         | 948,0000           |
| MA001-2-1      | MA001-2-1A      | 1     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 85,0000          | 56,0000            |
| MA001-2-2      | MA001-2-2A      | 1     | 1/11/2000 | 1,0000  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 680,0000         | 1,150,0000         |
| CB001-3        | CB001-3A        | 2     | 1/11/2000 | -8,3005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005           | 570,0000         | 878,0000           |
| CB001-4        | CB001-4A        | 2     | 1/11/2000 | -8,3005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005           | 482,0000         | 843,0000           |
| CB001-5        | CB001-5A        | 2     | 1/11/2000 | -8,3005 | -0,0005       | -0,0005 | -0,0005 | -0,0005           | 687,0000         | 820,0000           |
| CB001-6        | CB001-6A        | 1     | 1/11/2000 | 3,7500  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 175,0000         | 66,0000            |
| CB001-7        | CB001-7A        | 1     | 1/11/2000 | 3,8500  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 183,0000         | 14,0000            |
| MA001-2-1      | MA001-2-1A      | 1     | 1/11/2000 | 2,8400  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 178,0000         | 108,0000           |
| CB001-3        | CB001-3A        | 1     | 1/11/2000 | 2,7400  | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000            | 171,0000         | 24,0000            |

**Agregar nuevo Campo**

Luego de desplegar la ventana para *Modificar la Estructura de una Tabla* se hace un click en el botón *Agregar Campo* para agregar una columna para un nuevo campo. De esta misma forma se puede eliminar un campo que no se quiera utilizar.

| Código_Trasname | Código_Instancia | Alpina | Fecha      | pH     | Clasificación | SC_pH  | AC_pH  | Carbono Orgánico | Fe     | Fosforo Total | Nitrogeno Total |
|-----------------|------------------|--------|------------|--------|---------------|--------|--------|------------------|--------|---------------|-----------------|
| CB001-2         | CB001-2A         | 2      | 17/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 587,0000      | 590,0000        |
| CB001-3         | CB001-3A         | 1      | 14/11/2003 | 7,8000 | 0,0000        | 1,0000 | 0,0000 | 1,3000           | 1,3000 | 130,0000      | 38,0000         |
| CB001-1         | CB001-1A         | 3      | 17/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 376,0000      | 618,0000        |
| CB001-2         | CB001-2A         | 2      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 591,0000      | 1,800,0000      |
| CB001-3         | CB001-3A         | 2      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 524,0000      | 420,0000        |
| CB001-1         | CB001-1B         | 1      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 1,280,0000    | 48,0000         |
| CB001-1         | CB001-1D         | 3      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 380,0000      | 768,0000        |
| CB001-2         | CB001-2A         | 1      | 17/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 322,0000      | 3,2000          |
| CB001-2         | CB001-2A         | 1      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 1,403,0000    | 29,0000         |
| CB001-1         | CB001-1A         | 1      | 17/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 220,0000      | 18,0000         |
| CB001-2         | CB001-2C         | 3      | 17/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 590,0000      | 736,0000        |
| CB001-1         | CB001-1B         | 2      | 17/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 684,0000      | 1,503,0000      |
| CB001-1         | CB001-1A         | 1      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 1,41,0000     | 38,0000         |
| CB001-3         | CB001-3C         | 2      | 17/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 448,0000      | 937,0000        |
| CB001-2         | CB001-2B         | 2      | 17/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 594,0000      | 178,0000        |
| CB001-2         | CB001-2D         | 2      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 587,0000      | 1,130,0000      |
| CB001-1         | CB001-1D         | 2      | 17/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 522,0000      | 760,0000        |
| MA001-2         | MA001-2B         | 1      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 80,0000       | 48,0000         |
| CB001-2         | CB001-2C         | 1      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 1,67,0000     | 34,0000         |
| MA001-1         | MA001-1D         | 1      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 182,0000      | 108,0000        |
| CB001-3         | CB001-3B         | 2      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 587,0000      | 756,0000        |
| CB001-1         | CB001-1A         | 2      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 4,41,0000     | 660,0000        |
| CB001-3         | CB001-3B         | 3      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 586,0000      | 6,60,0000       |
| MA001-2         | MA001-2C         | 1      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 84,0000       | 84,0000         |
| CB001-2         | CB001-2C         | 2      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 580,0000      | 1,100,0000      |
| CB001-3         | CB001-3D         | 2      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 570,0000      | 628,0000        |
| CB001-1         | CB001-1C         | 2      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 482,0000      | 8,3,0000        |
| CB001-2         | CB001-2C         | 3      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 847,0000      | 358,0000        |
| CB001-2         | CB001-2B         | 1      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 175,0000      | 66,0000         |
| CB001-2         | CB001-2B         | 1      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 583,0000      | 1,4,0000        |
| MA001-1         | MA001-1A         | 1      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 170,0000      | 108,0000        |
| CB001-1         | CB001-1C         | 1      | 14/11/2003 | 8,3000 | 0,0000        | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0000 | 171,0000      | 28,0000         |

**Asignación de las Características a un Nuevo Campo**

Para agregar un nuevo cuerpo de agua o una estación a una tabla, es necesario ampliar el número de Registros de la tabla. Como requisito, es necesario tener los datos ordenados y con las coordenadas correspondientes al sistema de proyección para georreferenciar el nuevo registro.

El orden a seguir es el siguiente:

Usar **Tabla > Agregar registros** cuando se quieren vincular los registros de una tabla con otra. Las dos tablas deben tener el mismo conjunto de columnas en el mismo orden.

1. Elegir **Tabla > Agregar Registros**. El cuadro de diálogo Agregar registros a tabla se muestra.
2. Especificar la tabla que contiene los registros que se quieren agregar (Agregar la tabla).
3. Especificar la tabla en la que serán agregados los registros (a la tabla) y hacer "click" en Aceptar.

Si las columnas correspondientes no tienen el mismo tipo de datos, se hará la mejor adecuación para convertir los datos al tipo apropiado. Si el orden de la columna no es el mismo en las dos tablas, usar **Tabla > Mantenimiento de tablas > Modificar estructura** para reordenar las columnas antes de usar **Agregar registros**.

## **GLOSARIO**

### **Archivo**

Es una colección de información, asignada un nombre y se guarda en un medio electrónico como, por ejemplo, una cinta magnética o un disquette. Un archivo puede ser un documento o una aplicación.

### **ASCII**

Acrónimo de American Standard Code for Information Interchange. ASCII es un código estándar usado por la mayoría de los microordenadores, terminales de ordenador e impresoras, para representar caracteres como números. No sólo incluye caracteres imprimibles, sino también códigos de control que indican retorno de carro, espacio atrás, y otros más.

### **Base de datos**

Cualquier conjunto organizado de datos. El término es a menudo utilizado para referirse a un archivo o una tabla de información en la plataforma.

### **Campo**

Un campo en una tabla corresponde a una columna en un listado. Un campo contiene un tipo de información específica sobre un objeto, ya sea un nombre, abreviatura, extensión, topónimo, análisis, u otros. El registro para cada objeto consiste en los valores de los objetos para cada uno de los campos en la base de datos.

### **Capa (Layer)**

Es la estructura básica de los mapas en un SIG. Un mapa en la plataforma consiste típicamente en varias capas superpuestas (ejemplo: batimetría, línea de costa, casco urbano, mapa temático). Cuando una tabla aparece en una ventana de mapa, ocupará una capa de esta. Normalmente, cada capa de mapa corresponde a una tabla abierta; también existe una capa descriptiva que contiene objetos que representan anotaciones temporales en el mapa.

### **Consulta SQL**

Es la selección de información de una base de datos sobre la base de los atributos textuales y a las relaciones entre los elementos. En la plataforma, las consultas son creadas con los comandos SQL, selección y seleccionar.

### **Coordenadas**

Es una localización x/y en el sistema de coordenadas cartesiano, o una localización de latitud/longitud en un sistema de coordenadas terrestres. Las coordenadas representan localizaciones relativas sobre un mapa respecto a otras localizaciones. Los sistemas de coordenadas terrestres pueden utilizar el Ecuador y el meridiano de Greenwich como puntos de referencia. Los sistemas de coordenadas planas describen una localización x/y en dos dimensiones en términos de distancia, desde una referencia fijada y localizadas generalmente en su primer cuadrante de manera que todas las coordenadas tengan números positivos.

### **Exportar**

Proceso por el que un programa guarda información en un archivo que será usado en otro programa.

### **Imagen Ráster**

Es la modalidad de imagen digital que consiste en filas consecutivas de pequeños puntos (pixels). Las imágenes ráster son a veces conocidas como bitmaps. Las fotografías aéreas e imágenes satelitales son ejemplos de datos ráster utilizados en SIG.

### **Imagen Vectorial**

Es la estructura de datos basada en coordenadas usadas comúnmente para representar elementos de mapa. Cada objeto es representado como una lista de coordenadas x, y secuenciales. Se pueden asociar atributos con los objetos.

### **Importar**

Es el proceso que permite a un programa cargar un archivo que es el resultado de otro programa.

### **Índice**

Un índice en una base de datos se basa en el mismo principio que un índice de términos de libro. Los índices son apuntadores (como un dedo usado para señalar). Un índice de libro relaciona los temas que aparecen en el libro. Las entradas están organizadas en orden alfabético lo que facilita la búsqueda de un tema determinado. Cuando se localiza el tema, también se localiza un número de página (o varios números) y se buscan estas páginas para leer sobre el tema. El número de página es el apuntador, significa "vaya hacia donde estoy señalando". Un índice acelera el proceso de búsqueda de información en una base de datos. De hecho, la Plataforma requiere que un campo esté indizado para usar **Consulta > Buscar**. Los índices son también usados para mejorar las operaciones con Selección **SQL** y **Unir**.

### **Pixel**

Acronimo de Pixel Element. Es el punto menor que puede ser mostrado en una pantalla de ordenador. Cuando decimos que una pantalla tiene una resolución 1024x768, esta muestra 1024 pixel de derecha a izquierda y 768 de arriba abajo. Cada carácter, objeto o línea de la pantalla está compuesta por numerosos pixeles.

### **Plataforma**

En este manual se hace uso del término plataforma para denominar el software para el cual se han diseñado y creado las bases de datos que conforman el FIP 99-23.

### **Proyección**

Es el modelo matemático que transforma las localizaciones de elementos de la superficie terrestre en localizaciones para una superficie dimensional, por ejemplo, un mapa en papel. Debido a que el mapa es un intento de representar un objeto esférico (la Tierra) sobre una superficie plana, todas las proyecciones tienen un cierto grado de distorsión. Una proyección puede preservar superficie, distancia, forma o dirección, pero sólo un globo puede preservar todos estos atributos. Algunas proyecciones producen mapas adecuados para la navegación, otras producen mapas adecuados para el análisis visual.

### **Registro**

Es toda la información sobre un objeto en una base de datos o tabla. Un registro de una tabla corresponde a una fila de una tabla.

### **Tabla**

Las bases de datos de la plataforma están organizadas en tablas. Las tablas están formadas por filas y columnas. Cada fila contiene información sobre un elemento geográfico particular, evento, etc. Cada columna tiene un tipo particular de información de los elementos de la tabla. La plataforma puede contener objetos gráficos que representen objetos geográficos. Estas tablas pueden ser mostradas como mapas.

### **Ventana**

En la plataforma los principales tipos de ventanas son: ventanas de mapas, ventanas de listado, ventanas de gráficos y ventanas de presentación. Muestran los datos almacenados en tablas. Las barras de herramientas con botones, leyendas de mapa y la herramienta información, son otro tipo de ventana.

## BIBLIOGRAFIA

- Expert Systems for Environmental Screening. Kurt fedra And Lothar Winkelbauer. International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Austria. 1991.
- Functional Classification of Space. René F. Reistsma. International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Austria. 1991.
- Manifold System. User Manual Release 4.50. 1999.
- MapInfo Professional. Guía del Usuario. MapInfo Corporation. Troy , New York, Estados Unidos de América. 1998.
- Mapping and Evaluation of Coastal Areas for Planning. Antonio Cendrero. División de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Cantabria, Santander, España. 1989.
- Surfer. User's Guide. Contouring and 3D Surface Mapping for Scientist and Engineers. Golden, Colorado, Estados Unidos de América. 1999.



| Código Trámite | Código Emisión | Alphab | Fecha      | Ac_ppt  | Clasificación | SG_ppt  | Ac_ppt  | Carbono Orgánico | Fechas_Tend_pp | Muestreo_Totol_p |
|----------------|----------------|--------|------------|---------|---------------|---------|---------|------------------|----------------|------------------|
| CA001-2        | CA001-2A       | 2      | 17/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 557,0000       | 568,0000         |
| CA001-1        | CA001-1A       | 1      | 14/11/2000 | 3,7460  | 0,0000        | 1,0000  | 0,0000  | 1,7000           | 130,0000       | 34,0000          |
| CA001-1        | CA001-1A       | 2      | 17/11/2000 | -8,3085 | 0,0000        | 0,0000  | 0,0000  | 0,0000           | 756,0000       | 814,0000         |
| CA001-2        | CA001-2A       | 2      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | 0,0000  | -0,0000 | 0,0000           | 881,0000       | 893,0000         |
| CA001-2        | CA001-2A       | 2      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 524,0000       | 535,0000         |
| CA001-1        | CA001-1D       | 1      | 14/11/2000 | 8,3080  | 0,0000        | 2,6420  | -0,0000 | 0,5700           | 1,280,0000     | 45,0000          |
| CA001-2        | CA001-2D       | 2      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 369,0000       | 764,0000         |
| CA001-2        | CA001-2A       | 1      | 17/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 313,0000       | 1,2000           |
| CA001-1        | CA001-1A       | 1      | 17/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 149,0000       | 28,0000          |
| CA001-2        | CA001-2A       | 2      | 17/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 230,0000       | 18,0000          |
| CA001-1        | CA001-1B       | 1      | 17/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 589,0000       | 730,0000         |
| CA001-1        | CA001-1A       | 2      | 17/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 680,0000       | 800,0000         |
| CA001-1        | CA001-1A       | 1      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 141,0000       | 26,0000          |
| CA001-2        | CA001-2C       | 2      | 17/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 680,0000       | 800,0000         |
| CA001-2        | CA001-2D       | 2      | 17/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 680,0000       | 800,0000         |
| CA001-2        | CA001-2D       | 2      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 584,0000       | 738,0000         |
| CA001-1        | CA001-1D       | 2      | 17/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 587,0000       | 1,130,0000       |
| MA001-2        | MA001-2B       | 1      | 14/04/2000 | 3,7460  | 0,0000        | 0,2000  | 0,0000  | 0,2000           | 187,0000       | 780,0000         |
| MA001-2        | MA001-2C       | 1      | 17/11/2000 | 3,7460  | 0,0000        | 0,2000  | -0,4000 | 0,5000           | 187,0000       | 34,0000          |
| MA001-2-1      | MA001-2-1D     | 1      | 14/04/2000 | 3,7460  | 0,0000        | 0,2000  | 0,1000  | 0,3000           | 187,0000       | 108,0000         |
| CA001-2        | CA001-2B       | 2      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 557,0000       | 758,0000         |
| CA001-2        | CA001-1A       | 2      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 441,0000       | 883,0000         |
| CA001-3        | CA001-3D       | 3      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 586,0000       | 848,0000         |
| MA001-2-1      | MA001-2-1C     | 1      | 14/04/2000 | 3,7460  | 0,0000        | 0,4000  | 0,0000  | 0,4000           | 85,0000        | 58,0000          |
| CA001-2        | CA001-2C       | 2      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 580,0000       | 810,0000         |
| CA001-2        | CA001-2D       | 2      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 570,0000       | 828,0000         |
| CA001-2        | CA001-2C       | 3      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 487,0000       | 843,0000         |
| CA001-2        | CA001-2B       | 1      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 507,0000       | 858,0000         |
| CA001-2        | CA001-2D       | 1      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000          | 570,0000       | 86,0000          |
| MA001-2-1      | MA001-2-1A     | 1      | 14/04/2000 | 3,7460  | 0,0000        | 0,7400  | 0,2000  | 0,2000           | 183,0000       | 14,0000          |
| CA001-3        | CA001-3C       | 1      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,4400 | -0,4400 | 0,4000           | 178,0000       | 104,0000         |
| CA001-3        | CA001-3C       | 1      | 14/11/2000 | -8,3085 | -0,0000       | -0,4400 | -0,4400 | 0,4000           | 171,0000       | 28,0000          |

**Selección de la tabla a Modificar**

Luego se selecciona la tabla a la que se le quiere agregar un nuevo campo y se hace un "click" en aceptar.