



## **INFORME FINAL**

Determinación y evaluación de los componentes presentes en las pinturas anti-incrustantes utilizadas en la acuicultura, sus efectos y la acumulación en sedimentos marinos de la región de Los Lagos (Primera etapa)

**SUBPESCA PROYECTO 4728-46-LP12 / Febrero 2013**



## **INFORME FINAL**

Determinación y evaluación de los componentes presentes en las pinturas anti-incrustantes utilizadas en la acuicultura, sus efectos y la acumulación en sedimentos marinos de la región de Los Lagos (Primera etapa)

**SUBPESCA PROYECTO 4728-46-LP12 / Febrero 2013**

### **REQUIRENTE**

**SUBSECRETARIA DE PESCA Y ACUICULTURA**

Subsecretario de Pesca y Acuicultura

Pablo Galilea Carrillo

### **EJECUTOR**

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP**

Jefe División Investigación en Acuicultura:

**Leonardo Guzmán Méndez**

Director Ejecutivo

**Jorge Antonio Toro Da' Ponte**

### **JEFE DE PROYECTO**

Vladimir Murillo Haro

### **AUTORES**

Vladimir Murillo Haro

Gesica Aroca Sánchez

Cristian Duarte Valenzuela

Carolina Oyarzo Rosner

Marina Oyarzún Vera

Elias Pinilla Matamala

Rodrigo Vera Sepúlveda

### **COLABORADORES**

Marcela Arriagada Ortega

Heraldo Contreras Cifuentes

Andrea Martínez Junge

Gabriel Soto Soto



---

## RESUMEN EJECUTIVO

---

El propósito de este estudio es “Determinar y evaluar los diferentes componentes presentes en las pinturas antiincrustantes utilizadas en la acuicultura, sus efectos y acumulación en sedimentos marinos, en los sectores seleccionados de la X Región de Los Lagos”.

Para lograr este objetivo, en primera instancia, se realizó un diagnóstico de la situación actual del uso de anti-incrustante. Para ello se recopiló información científico-técnica especializada (a nivel nacional e internacional) y se aplicaron encuestas a los diferentes actores involucrados (talleres de impregnación y salmoneras). Como resultado de este análisis se identificaron 20 pinturas antiincrustantes que se están comercializando en la industria salmonicultora, todas en base a compuestos biocidas. El 85% de las pinturas antiincrustantes tienen como principal compuesto activo el óxido cuproso, y el 15% restante, óxido de zinc y compuestos biocidas biodegradables no especificados. Las marcas más utilizadas son Aquanet base agua (Bayer) y A/F base solvente (Sherwin Williams), predominando aquellas pinturas base agua por sobre la base solvente. Dentro de los tratamientos de limpieza de redes peceras y loberas en centros de cultivo se destacan: impregnación con A/F y los lavados en talleres, no impregnación con pintura A/F y lavado en talleres, no impregnación con pintura A/F y lavado *in situ*. De las 23 empresas salmoneras encuestadas, se encontró que éstas adoptaron distintos tratamientos de limpieza, los cuales variaron según época del año. En invierno, mayoritariamente las empresas sólo impregnan sus redes (68%) tanto loberas como peceras. En tanto, en primavera la situación cambia considerablemente, aumentando el lavado *in situ* de un 16% a un 28%. Por otro lado, los encargados de talleres de redes y de las empresas salmoneras, coincidieron en que las pinturas antiincrustantes debieran tener como atributos: un efecto prolongado, *i.e.*, que duren en la red un ciclo productivo completo; ser amigable con el medio ambiente (ausencia de cobre y metales pesados); y mantener las propiedades anti-incrustantes (calidad) en el tiempo.

Complementariamente, se identificaron los instrumentos regulatorios y disposiciones legales internacionales con implicancias en las actividades de acuicultura. Adicionalmente, se realizó una recopilación y revisión bibliográfica de literatura especializada y de las recomendaciones emanadas de organismos internacionales sobre el uso de pinturas antiincrustantes en acuicultura. A nivel nacional, se realizó un análisis exhaustivo de los aspectos generales de carácter jurídico y de la normativa vigente a nivel sectorial. De estos se han encontrado cuerpos legales relacionados al ámbito de la acuicultura, emanados del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (MINECON), del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES), del Ministerio de Defensa Nacional (MINDEFNAC), del Ministerio de Agricultura (MINAGRI), del Ministerio de Medio Ambiente (MMA) y del Ministerio de Salud (MINSAL). El análisis de esta información estableció que en Chile a diferencia de países como Noruega, Canadá y la Unión Europea, el uso del óxido cuproso, como agente anti-incrustante no está reglamentado en cuanto a sus tasas de lixiviación o de liberación al medio ambiente. La inexistencia de un registro de pinturas anti-incrustantes (como medidas de control), permite la comercialización de pinturas dañinas (con



presencia de TBT, uso desmedido de biocidas y/o pesticidas). Además, los antecedentes indican que concentraciones de biocidas que superan los parámetros normales pueden causar alteraciones físicas y conductuales en los organismos marinos y también a las tramas tróficas.

Paralelamente, se realizaron muestreos de las condiciones ambientales de los sedimentos marinos en los centros de cultivo que utilizan redes impregnadas con anti-incrustantes de la X Región de los Lagos, considerando parámetros como materia orgánica total, granulometría, pH y potencial redox, (basado en la metodología del RAMA). Los resultados de este estudio muestran que en general, las concentraciones más altas de metales pesados se registran, en todos los sectores de muestreo, en los sedimentos asociados a las estaciones más cercanas a las balsas-jaulas. Por otra parte, en Curaco de Vélez y Linlín, a diferencia de Llingua (1100 µg/g), no se sobrepasaron las concentraciones de cobre en sedimentos descritas en la literatura para calificar a una zona como ambientalmente impactada (108 µg/g). Además, en el sector de Curaco de Vélez se puede apreciar que la distribución de los metales estuvo estrechamente relacionada con las corrientes predominantes del área. En los sectores Linlín y Llingua la concentración de metales también mostró una marcada orientación hacia ciertas estaciones (asimetría). A pesar de que no se contó con un registro con una definición apropiada de corrientes, se puede hipotetizar que en estos sectores también jugarían un rol relevante en el transporte y la depositación final de los metales pesados. En el futuro los muestreos deberían incluir una mayor resolución batimétrica y de correntometría para recoger de mejor forma la variabilidad espacial del área que se pretende estudiar, insumo último, que permitirá una mejor comprensión de los procesos locales que interfieren en la detección de relaciones entre la macrofauna y los parámetros físico-químicos del entorno.

También mediante un modelo la dispersión el comportamiento de las partículas provenientes de los compuestos presentes en las pinturas antiincrustantes se estableció que el área de influencia de partículas de cobre no debiese superar los 300 m y que la mayor concentración se produce bajo las balsas-jaulas. Adicionalmente, se realizaron experimentos de transporte de partículas a través de un modelo numérico abordando los aspectos físicos de la dispersión de cobre a través de parámetros conocidos de tasas de sedimentación de la materia orgánica.

Dado que la socialización es una actividad relevante en el marco de este proyecto, y otros similares, el desarrollo de un mecanismo adecuado para la apropiación de los resultados y/o productos del proyecto por parte del grupo objetivo (requerentes) y demás actores involucrados se considera un aspecto clave. En este contexto, se estableció un plan de acción cuya estrategia de transferencia involucró: reuniones de coordinación e intercambio técnico, talleres y difusión general del proyecto. Complementariamente, se habilitó un repositorio virtual de información vinculada al proyecto, al que se puede acceder via <https://docs.google.com/folder/d/0B3vKAkrOPyweZ1VBRm1Tcmxhb0E/edit>.





## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO.....	i
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE DOCUMENTOS.....	xv
ÍNDICE DE PERSONAL PARTICIPANTE.....	xv
BASE DE DATOS.....	xv
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. METODOLOGÍA.....	4
3.1. <b>Objetivo Específico 2.2.1.</b> Recopilación y sistematización de información sobre la utilización de antiincrustantes en acuicultura a nivel mundial.....	4
3.2. <b>Objetivo Específico 2.2.2.</b> Recopilar la información disponible, bibliográfica y/o de proyectos, internacional, referentes a la normativa en acuicultura especificada para el uso de compuestos de los anti-incrustantes.....	6
3.3. <b>Objetivo Específico 2.2.3.</b> Realizar muestreos de sedimentos marinos para determinar la presencia o ausencia, distribución y concentración de compuestos de los anti-incrustantes provenientes de las pinturas antifouling.....	7
3.4. <b>Objetivo Específico 2.2.4.</b> Realizar muestreos de las condiciones ambientales de los sedimentos marinos, en centros de cultivo que utilizan redes impregnadas con anti-incrustantes, de la X Región de Los Lagos, considerando los parámetros físico-químicos como materia orgánica total, granulometría, pH y potencial redox.....	9
3.5. <b>Objetivo Específico 2.2.5.</b> Determinar mediante un modelo la dispersión el comportamiento de las partículas provenientes de los compuestos presentes en las pinturas anti-incrustantes.....	11
3.6. <b>Objetivo Específico 2.2.6.</b> Difundir esta información a través de un taller y/o seminario.....	13
4. RESULTADOS.....	14
4.1. <b>Objetivo Específico 2.2.1.</b> Recopilación y sistematización de información sobre la utilización de anti-incrustantes en acuicultura a nivel mundial.....	14



4.1.1. Recopilación y sistematización de información sobre la utilización de anti-incrustantes en acuicultura a nivel mundial. ....	14
4.1.2. Estado de situación en Chile del uso de anti-incrustantes en acuicultura. ....	17
4.1.3. Análisis crítico de los efectos del uso de anti-incrustantes sobre los organismos marinos y su entorno. ....	21
<b>4.2. Objetivo Específico 2.2.2.</b> Recopilar la información disponible, bibliográfica y/o de proyectos, internacional, referentes a la normativa en acuicultura especificada para el uso de compuestos de los anti-incrustantes. ....	26
4.2.1. Identificación de instrumentos regulatorios y disposiciones legales internacionales sobre la utilización de anti-incrustantes en acuicultura. ....	26
4.2.2. Recopilación y sistematización de la normativa nacional vigente sobre el uso de anti-incrustantes en acuicultura. ....	32
4.2.3. Análisis crítico del marco regulatorio actual. ....	36
<b>4.3. Objetivo Específico 2.2.3.</b> Realizar muestreos de sedimentos marinos para determinar la presencia o ausencia, distribución y concentración de compuestos de los anti-incrustantes provenientes de las pinturas antifouling. ....	38
4.3.1. Selección de las áreas de muestreo. ....	38
4.3.2. Preparación de campañas de muestreo. ....	38
4.3.3. Campañas de muestreo de compuestos anti-incrustantes en áreas selectas. ....	38
4.3.4. Análisis de las muestras de anti-incrustantes en laboratorio. ....	38
4.3.5. Procesamiento, análisis de datos y representación espacial de compuestos anti-incrustantes. ....	38
<b>4.4. Objetivo Específico 2.2.4.</b> Realizar muestreos de las condiciones ambientales de los sedimentos marinos, en centros de cultivo que utilizan redes impregnadas con anti-incrustantes, de la X Región de Los Lagos, considerando los parámetros físico-químicos como materia orgánica total, granulometría, pH y potencial redox. ....	42
4.4.1. Selección de las áreas de muestreo. ....	42
4.4.2. Recopilación de información ambiental existente. ....	42
4.4.3. Preparación de campañas de muestreo. ....	44
4.4.4. Campañas de muestreo de parámetros físico-químicos en áreas selectas. ....	44
4.4.5. Análisis de muestras en laboratorio. ....	44
4.4.6. Procesamiento, análisis de datos y representación espacial de parámetros físico-químicos en áreas selectas. ....	44
4.4.7. Determinación del estado ambiental de las áreas. ....	49
<b>4.5. Objetivo Específico 2.2.5.</b> Determinar mediante un modelo la dispersión el comportamiento de las partículas provenientes de los compuestos presentes en las pinturas anti-incrustantes. ....	51
4.5.1. Selección de dominio de alta resolución. ....	51
4.5.2. Evaluación modelo hidrodinámico. ....	55
4.5.3. Modelación numérica del transporte de partículas. ....	55



<b>4.6. Objetivo Específico 2.2.6.</b>	Difundir esta información a través de un taller y/o seminario. ....	57
4.6.1.	Reuniones de coordinación e intercambio técnico.....	57
4.6.2.	Taller y difusión general del proyecto. ....	59
<b>5. DISCUSIÓN.....</b>		<b>61</b>
<b>5.1. Objetivo Específico 2.2.1.</b>	Recopilación y sistematización de información sobre la utilización de anti-incrustantes en acuicultura a nivel mundial. ....	61
<b>5.2. Objetivo Específico 2.2.2.</b>	Recopilar la información disponible, bibliográfica y/o de proyectos, internacional, referentes a la normativa en acuicultura especificada para el uso de compuestos de los anti-incrustantes .....	66
<b>5.3. Objetivo Específico 2.2.3.</b>	Realizar muestreos de sedimentos marinos para determinar la presencia o ausencia, distribución y concentración de compuestos de los anti-incrustantes provenientes de las pinturas antifouling .....	69
<b>5.4. Objetivo Específico 2.2.4.</b>	Realizar muestreos de las condiciones ambientales de los sedimentos marinos, en centros de cultivo que utilizan redes impregnadas con anti-incrustantes, de la X Región de Los Lagos, considerando los parámetros físico-químicos como materia orgánica total, granulometría, pH y potencial redox .....	73
<b>5.5. Objetivo Específico 2.2.5.</b>	Determinar mediante un modelo la dispersión el comportamiento de las partículas provenientes de los compuestos presentes en las pinturas anti-incrustantes. ....	76
<b>5.6. Objetivo Específico 2.2.6.</b>	Difundir esta información a través de un taller y/o seminario .....	78
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>		<b>79</b>
<b>7. CARTA GANTT .....</b>		<b>84</b>
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>86</b>

**ANEXOS:**

<b>ANEXO 1:</b>	Tablas.
<b>ANEXO 2:</b>	Figuras.
<b>ANEXO 3:</b>	Documentos.
<b>ANEXO 4:</b>	Personal Participante.
<b>ANEXO 5:</b>	Base de Datos (CD).



## **ANEXO 1: ÍNDICE DE TABLAS**

---

- Tabla 1.1.** Principales características de pinturas anti-incrustantes. Basado en Dafforn *et al.* (2011) y Yebra *et al.* (2004).
- Tabla 1.2.** Principales características de las pinturas anti-incrustantes comercializadas en Chile en base a las fichas de seguridad de los productos. N.d.: No disponible.
- Tabla 1.3.** Disponibilidad de información en las fichas técnicas y/o de seguridad de las pinturas anti-incrustantes comercializadas en Chile para su uso en acuicultura. n.d.= no disponible.
- Tabla 1.4.** Cantidad, tipo y marca de pinturas anti-incrustantes por taller.
- Tabla 1.5.** Uso de pintura anti-incrustante por ciclo productivo coho y trucha (10 a 12 meses de cultivo) L: Litros.
- Tabla 1.6.** Uso de pintura anti-incrustante por ciclo productivo de salar (14 a 18 meses de cultivo). L: Litros.
- Tabla 1.7.** Respuestas fisiológicas, poblacionales y comunitarias según especie y exposición a concentraciones de cobre.
- Tabla 1.8.** Concentraciones máximas de principales biocidas reportadas en el ambiente y rangos con efectos negativos en organismos y comunidades acuáticas. Concentraciones máximas extraídas de Dafforn *et al.*, 2011. (LC50)\*: Concentración letal en que el 50% del total de individuos muere en un tiempo determinado. N.d.= No disponible.
- Tabla 1.9.** Principales biocidas potenciados utilizados en pinturas AF para acuicultura y ejemplificación de efectos en organismos acuáticos a concentraciones letales y subletales (modificado de Dafforn *et al.*, 2011 y Guardiola *et al.*, 2012).
- Tabla 1.10.** Instrumentos regulatorios internacionales aplicables al uso de pinturas anti-incrustantes.
- Tabla 1.11.** Normativa ambiental y sanitaria vigente en Chile aplicable al uso de pinturas anti-incrustantes en acuicultura.
- Tabla 1.12.** Normativa chilena vigente señalada en la ficha de seguridad de los productos comerciales.
- Tabla 1.13.** Comparación de la legislación de pinturas AF en Comunidad Europea y los contenidos de la actual legislación en Chile.



- Tabla 1.14.** Concentración de metales pesados registrados en las 15 estaciones de muestreo del sector Curaco de Vélez. Se entrega el promedio y la desviación estándar entre paréntesis. < indica bajo el límite de detección del análisis.
- Tabla 1.15.** Disimilitud entre estaciones de muestreo del sector Curaco de Vélez: resultado del análisis SIMPER basado en los contenidos de metales pesados (Cu, Zn, Al). Valores en negrita muestran diferencias significativas de acuerdo al análisis ANOSIM.
- Tabla 1.16.** Concentración de metales pesados registrados en las 15 estaciones de muestreo del sector Linlín. Se entrega el promedio y la desviación estándar entre paréntesis. < indica bajo el límite de detección del análisis.
- Tabla 1.17.** Disimilitud entre estaciones de muestreo del sector Linlín: resultado del análisis SIMPER basado en los contenidos de metales pesados (Cu, Zn, Sn, Al, Pb). Valores en negrita muestran diferencias significativas de acuerdo al análisis ANOSIM.
- Tabla 1.18.** Concentración de metales pesados registrados en las 15 estaciones de muestreo del sector Llingua. Se entrega el promedio y la desviación estándar entre paréntesis. < indica bajo el límite de detección del análisis.
- Tabla 1.19.** Disimilitud entre estaciones de muestreo de la localidad de Llingua: resultado del análisis SIMPER basado en los contenidos de metales pesados (Cu, Zn, Al). Valores en negrita muestran diferencias significativas de acuerdo al análisis ANOSIM.
- Tabla 1.20.** Comparación interanual de Informes Ambientales (INFA) en concesiones muestreada.
- Tabla 1.21.** Frecuencia de la información contenida en las declaraciones de impacto ambiental (DIAs) sometidas al sistema de evaluación ambiental (<http://www.sea.gob.cl/>).
- Tabla 1.22.** Variables físico-químicas medidas en 15 estaciones en el sector Curaco de Vélez. \*Indica estación cercana al módulo de cultivo y <sup>c</sup> control.
- Tabla 1.23.** Variables biológicas medidas en 15 estaciones en el sector Curaco de Vélez.
- Tabla 1.24.** Resultados del análisis de BIO-ENV para el sector Curaco de Vélez.
- Tabla 1.25.** Variables físico-químicas medidas en 15 estaciones en el sector Linlín. \*Indica estación cercana al módulo de cultivo y <sup>c</sup> control.
- Tabla 1.26.** Variables biológicas medidas en 15 estaciones en el sector Linlín.
- Tabla 1.27.** Resultados del análisis de BIO-ENV para el sector Linlín.



- Tabla 1.28.** Variables físico-químicas medidas en 15 estaciones en el sector Llingua. \*Indica estación cercana al módulo de cultivo y <sup>c</sup> control.
- Tabla 1.29.** Variables biológicas medidas en 15 estaciones en el sector Llingua.
- Tabla 1.30.** Resultados del análisis de BIO-ENV para el sector Llingua.
- Tabla 1.31.** Matriz fondo marino, indicando los rangos aceptables para cada variable y parámetro técnico a utilizar en la evaluación del estado ambiental, según normativa y literatura internacional. BAT=Batimetría; Cd=Cadmio; Cu=Cobre; GRA=Granulometría; MOT=Materia orgánica Pb=Plomo; Zn=Zinc. 148
- Tabla 1.32.** Matriz columna de agua, indicando los valores máximos permisibles o rangos aceptables para cada variable y parámetro técnico a utilizar en la evaluación de impacto ambiental, según la normativa nacional y literatura internacional. Simbología ídem Tabla 1.31. COR=Correntometría; OD=Oxígeno disuelto; S=Salinidad; T=Temperatura.
- Tabla 1.33.** Incidencia de la corriente en la capa de 3 m sector Curaco de Vélez.
- Tabla 1.34.** Incidencia de la corriente en la capa de 5 m sector Curaco de Vélez.
- Tabla 1.35.** Incidencia de la corriente en la capa de 8 m sector Curaco de Vélez.
- Tabla 1.36.** Índices estadísticos de calidad del modelo hidrodinámico.
- Tabla 1.37.** Concentración de metales pesados en pinturas anti-incrustantes expresadas en %. Valores en base natural son sin aplicación de factor de corrección por humedad y ceniza. ND= Bajo el límite de detección de la técnica.





## ANEXO 2: ÍNDICE DE FIGURAS

---

- Figura 2.1.** Mapa de las áreas de muestreo en la zona de canales interiores de Chiloé Central. M1: Curaco de Vélez (42° 26' 3.216" S - 73° 37' 31.836" W), M2: Bahía Linlín (42° 25' 40.992" S - 73° 27' 42.984" W) y M3: Llingua-Punta Lonhui (42° 27' 42.984" S - 73° 26' 33.000).
- Figura 2.2.** Diagrama esquemático de la disposición espacial de las estaciones de muestreo en áreas piloto de Chiloé Central.
- Figura 2.3.** Secuencia fotográfica del muestreo de sedimentos y su posterior embalamiento para su envío a Cesmec.
- Figura 2.4.** Estructura de asentamiento temporal de "biofouling" (Tomado de Yebra *et al.*, 2004). Existe un asentamiento primario, secundario y terciario que abarca de microorganismos ("microfouling") a macroorganismos ("macrofouling").
- Figura 2.5.** Especies "fouling" asociadas a estructuras de cultivo en acuicultura (Tomado de Fitrige *et al.*, 2012). A. *Ciona intestinalis* (Chordata: Ascidiaceae). B. *Ectopleura crocea* (Cnidaria: Hidrozoo). C. *Mytilus edulis* (Mollusca: Bivalvia). D. *Ectopleura larynx* (Cnidaria: Hidrozoo).
- Figura 2.6.** Tipos de matriz de pintura anti-incrustantes desarrolladas para cascos de embarcaciones marítimas, adoptados por la industria de la acuicultura. a). Matriz soluble. b). Lixiviación de contacto. c). Copolímeros de autopulido. d). "Foul release".
- Figura 2.7.** Desembarque total nacional de especies de salmónidos, en el periodo 2001-2011 (Fuente: Semapesca, 2012).
- Figura 2.8.** Contribución porcentual mensual de uso de pintura anti-incrustante por taller de impregnación.
- Figura 2.9.** Contribución porcentual de uso de pinturas anti-incrustantes en talleres de impregnación, desglosadas por marca.
- Figura 2.10.** Contribución porcentual de uso de pinturas anti-incrustantes en talleres de impregnación, desglosadas por tipo de base.
- Figura 2.11.** Tipo de tratamiento efectuado por las empresas salmoneras a sus redes. **a).** invierno. **b).** primavera.



- Figura 2.12.** Contribución porcentual de uso de pintura anti-incrustante en empresas salmoneras.
- Figura 2.13.** Contribución porcentual de uso de pinturas anti-incrustantes en empresas salmoneras, desglosadas por tipo de base.
- Figura 2.14.** Contribución porcentual de uso de pinturas anti-incrustantes en empresas salmoneras, desglosadas por marca.
- Figura 2.15.** Especiación del cobre en el ambiente acuático a partir del óxido cuproso (Kiaune & Singhasemanon, 2011). POM=materia orgánica particulada.
- Figura 2.16.** Promedios ( $\pm 1$  desviación estándar) del contenido de metales pesados (Cu, Zn y Al) en los sedimentos del sector Curaco de Vélez. Las líneas unen promedios que no difieren significativamente entre sí ( $P > 0,05$ ).
- Figura 2.17.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de los contenidos de metales pesados en el sector Curaco de Vélez.
- Figura 2.18.** Análisis de Escalamiento Multidimensional no métrico (EMDNM) para metales pesados (Cu, Zn y Al) en sedimentos de Curaco de Vélez. Los círculos representan la concentración relativa en las estaciones de muestreo.
- Figura 2.19.** Promedios ( $\pm 1$  desviación estándar) de los contenidos de metales pesados (Cu, Zn, Sn y Al) en los sedimentos del sector Linlín. Las líneas unen promedios que no difieren significativamente entre sí ( $P > 0,05$ ).
- Figura 2.20.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de los contenidos de metales pesados en el sector Linlín.
- Figura 2.21.** Representación gráfica del Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de los contenidos de metales pesados (Cu, Zn, Sn, Al y Pb) en el sector Linlín. Los círculos representan la concentración relativa en las estaciones de muestreo.
- Figura 2.22.** Promedios ( $\pm 1$  desviación estándar) de los contenidos de metales pesados (Cu, Zn y Al) en los sedimentos del sector Llingua. Las líneas unen promedios que no difieren significativamente entre sí ( $P > 0,05$ ).



- Figura 2.23.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de los contenidos de metales pesados en el sector Llingua.
- Figura 2.24.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de los contenidos de metales pesados (Cu, Zn y Al) en el sector Llingua. Los círculos representan la concentración relativa en las estaciones de muestreo.
- Figura 2.25.** Distribución en Chiloé central de concesiones de acuicultura, según grupo de especies cultivadas.
- Figura 2.26.** Posición de las estaciones donde se realizaron mediciones con CTD durante el crucero del 22 de octubre de 2012.
- Figura 2.27.** Perfiles característicos de la distribución vertical de salinidad (psu) para las los CTD. El número del CTD indica el número de la estación de muestreo.
- Figura 2.28.** Secciones verticales de salinidad (psu). a) Sección E1 a E3 (isla Quinchao-isla Caguach). b) Sección correspondiente desde E21-E18 (canal Dalcahue) hasta E9-E5 (isla Quenac).
- Figura 2.29.** Perfiles característicos de la distribución vertical de temperatura (°C) para las los CTD. El número del ctd indica el número de la estación de muestreo.
- Figura 2.30.** Secciones verticales de temperatura (°C). a) Sección E1 a E3 (isla Quinchao-isla Caguach). b) Sección correspondiente desde E21-E18 (canal Dalcahue) hasta E9-E5 (isla Quenac).
- Figura 2.31.** Perfiles característicos de la distribución vertical de la concentración de oxígeno disuelto (mg/L) para las los CTD. El número del CTD indica el número de la estación de muestreo.
- Figura 2.32.** Secciones verticales de oxígeno disuelto (mg/L). a) sección E1 a E3 (isla Quinchao-isla Caguach). b) Sección correspondiente desde E21-E18 (canal Dalcahue) hasta E9-E5 (isla Quenac).
- Figura 2.33.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de las características físico-químicas de los sedimentos en el sector Curaco de Vélez.
- Figura 2.34.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de la macrofauna en el sector Curaco de Vélez.



- Figura 2.35.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de las características físico-químicas de los sedimentos en el sector Linlín.
- Figura 2.36.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de la macrofauna en el sector Linlín.
- Figura 2.37.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de las características físico-químicas de los sedimentos en el sector Llingua.
- Figura 2.38.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de la macrofauna en el sector Llingua.
- Figura 2.39.** Distribución de arena, materia orgánica (%) y potencial redox en sedimentos del sector Curaco de Vélez.
- Figura 2.40.** Distribución de arena, materia orgánica (%) y potencial redox en sedimentos del sector Linlín.
- Figura 2.41.** Distribución de arena, materia orgánica (%) y potencial redox en sedimentos del sector Llingua.
- Figura 2.42.** Dominio regional del modelo hidrodinámico.
- Figura 2.43.** Sondas y puntos con información batimétrica utilizada en la generación del modelo topográfico.
- Figura 2.44.** Dominio de alta resolución en la zona de Chiloé central.
- Figura 2.45.** Dominio del modelo de alta resolución en la zona de interés, canal Dalcahue.
- Figura 2.46.** Resolución vertical del modelo de alta resolución discretizado en 25 capas sigma.
- Figura 2.47.** Ubicación del anclaje de ADCP (esfera roja) en Sector Curaco de Vélez, Canal Dalcahue.
- Figura 2.48.** Componentes ortogonales de la corriente (U, V) en las capas de 3, 5 y 8 m en Curaco de Vélez Octubre/2012.
- Figura 2.49.** Histogramas de magnitud y dirección de la corriente a 3 m de profundidad en Curaco de Vélez.



- Figura 2.50.** Histogramas de magnitud y dirección de la corriente a 5 m de profundidad en Curaco de Vélez.
- Figura 2.51.** Histogramas de magnitud y dirección de la corriente a 8 m de profundidad en Curaco de Vélez.
- Figura 2.52.** Corrientes residuales en las capas de 3, 5 y 8 m de profundidad en Curaco de Vélez.
- Figura 2.53.** Elipse de máxima varianza en las capas de 3, 5 y 8 m en Canal Dalcahue, Chiloé.
- Figura 2.54.** Componentes u-este y v-norte de ADCP vs. Modelo capa 10 m en Curaco de Vélez.
- Figura 2.55.** Rosa de corrientes observada y simulada a 5 m en Curaco de Vélez.
- Figura 2.56.** Área de acumulación para el día 1, 10 y 20 de fecas de salmón con tasa de sedimentación de 0,0133 m/s.
- Figura 2.57.** Área de acumulación para el día 1, 10 y 20 de fecas de salmón con tasa de sedimentación de 0,04 m/s.
- Figura 2.58.** Área de acumulación para el día 1, 10 y 20 de fecas de salmón con tasa de sedimentación de 0,1 m/s.
- Figura 2.59.** Reunión inicial de coordinación interinstitucional del proyecto vía videoconferencia, en dependencias de Subpesca-Puerto Montt.
- Figura 2.60.** Reunión inicial de coordinación interinstitucional del proyecto vía videoconferencia, en dependencias de Subpesca-Puerto Montt.
- Figura 2.61.** Taller de redes Badinotti, Puerto Montt-Chile.
- Figura 2.62.** Instalaciones de empresa Badinotti, Puerto Montt-Chile.
- Figura 2.63.** Presentación de la empresa Marmau a investigadores IFOP, Castro.
- Figura 2.64.** VI Feria Internacional Aquasur 2012, Puerto Varas. A) Apertura con Subsecretario de Pesca, Pablo Galilea. Exposición Aquasur (Ruta 5 Sur, Puerto Montt): B) Empresa pinturas AF Sherwin-Williams Chile S.A., C) Empresa pinturas AF Hempel A/S Chile Ltda. D) Empresa Redes Badinotti Chile S.A., E) Empresa Redes Marmau, F) Empresa de Redes Fimar Chile, G) Empresa Garware-Wall Ropes Ltd., H) Empresa Aquaglobal Solution.



- Figura 2.65.** Presentación inicial y reunión de trabajo en dependencias Atared A.G., Puerto Montt-Chile.
- Figura 2.66.** .Secuencia fotografica taller de presentación de resultados del proyecto, en Puerto Montt-Chile.
- Figura 2.67.** Ordenamiento sistemático del marco normativo asociado al uso de pinturas AF en Chile.
- Figura 2.68.** Distribución de cobre, zinc y materia orgánica (%) en sedimentos y estaciones de muestreo de Curaco de Vélez. En línea puntuada emplazamiento anterior a febrero de 2009 del tren de cultivo y la ubicación actual en línea continua (2012).





### **ANEXO 3: DOCUMENTOS**

---

- Anexo 3.1.** Encuesta tipo para el establecimiento del uso de pinturas anti-incrustantes en talleres de redes.
- Anexo 3.2.** Encuesta tipo para el establecimiento del uso de pinturas anti-incrustantes en empresas salmoneras.
- Anexo 3.3.** Sistematización de las encuestas aplicadas a los talleres de impregnación para establecer el grado de uso de pinturas anti-incrustantes en sus procesos productivos.
- Anexo 3.4.** Sistematización de las encuestas aplicadas a la industria salmonera para establecer el grado de uso de pinturas anti-incrustantes en sus procesos del cultivo.
- Anexo 3.5.** Acta de inspección vigilancia ambiental y sanitaria.
- Anexo 3.6.** Oficio remitido por Senapesca X Región de Los Lagos, Chile.
- Anexo 3.7.** Oficio Unidad de Registros y Control de Medicamentos Veterinarios del SAG.
- Anexo 3.8.** Informe de análisis de macrofauna bentónica diciembre de 2012. **a).** Curaco de Vélez, **b).** Linlín y **c).** Llingua.
- Anexo 3.9.** Lista de asistentes al Taller de Presentación de Resultados, realizado en Puerto Montt el 20 de diciembre de 2012.
- Anexo 3.10.** Oficio remitido por Sercotec X Región de Los Lagos, Chile.
- Anexo 3.11.** Informe de análisis de metales metales (mg/kg) en alimento de peces para la fase marina (Metodología AOAC 968.08, Laboratorio CESMEC).

### **ANEXO 4: PERSONAL PARTICIPANTE**

---

- Anexo 4.1.** Reuniones de coordinación e intercambio técnico.

### **ANEXO 5: BASE DE DATOS (CD)**

---

- Anexo 5.1.** Mediciones de CTD registradas el 22 de octubre de 2012 en 22 estaciones de Chiloé Central.





## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

---

Las pinturas anti-incrustantes o antifouling, se utilizaban ya en la década de los sesenta mayoritariamente en el ámbito de la navegación, para impedir que pequeños crustáceos y algas se adhirieran al casco de los buques, evitando con esto que aumentara la resistencia del buque y por consiguiente, el gasto en combustible.

La acuicultura, al igual que la industria naviera, ha presentado una gran problemática asociada con la adherencia de fouling o incrustación biológica en las estructuras de cultivo (redes de cultivo y redes loberas), lo que ocasiona, entre otros problemas, un aumento de la superficie de contacto de la red, provocando una disminución en el flujo de agua que pasa a través de esta, con la consecuente baja de oxígeno disponible para los peces en cultivo. Actuando, por otro lado, como reservorio de patógenos. Aumenta también, el peso de la red, cabos, boyas, entre otros componentes del sistema, lo que hace que éste pierda la flotabilidad y cambien las condiciones técnicas de fondeo con que fue diseñado.

Por esa razón, las estructuras sumergidas en todo el mundo, se han visto obligadas a utilizar pinturas anti-incrustantes, las que con el paso del tiempo han sufridos cambios en su componente activo, debido a sus efectos adversos. Chile ha utilizado principalmente pinturas de este tipo, ya sea en base acuosa o en base solvente, en las redes contenedoras de peces.

Diversos estudios demuestran que los organismos marinos varían en su acumulación y tolerancia a los metales trazas, debido en parte a las vías de captación, asimilación y capacidad de regulación. No obstante, la toxicidad de los metales en estos organismos también se ve influenciada por factores bióticos como la edad, el sexo y el tamaño del organismo afectado (Sneddon & Tremblay, 2011).

El estudio de McLusky *et al.* (1986) sugiere que los anélidos son más sensibles que los crustáceos y los moluscos a la contaminación por metales. Debido a que una alta concentración de metales es generalmente asociada a sedimentos finos, aquellos organismos que se alimentan de partículas en suspensión enfrentan un mayor grado de riesgo que las especies pelágicas y las que viven adheridas al sustrato rocoso.

### **Justificación**

La industria salmonera en Chile ha incrementado sus volúmenes de producción en los últimos años, lo que ha traído como consecuencia el aumento de la cantidad de redes impregnadas. Así por ejemplo, en el año 2004 se estimó que existían entre 70 y 80 millones metros cuadrados de redes para la salmonicultura, cosechándose alrededor de 560.000 toneladas. En tanto para el año 2008 se cosecharon 630.000 toneladas, lo que evidentemente debió aumentar la cantidad de redes y pinturas utilizadas.



La práctica de la impregnación de redes se inició en Chile casi en forma paralela con los inicios de la industria, como una forma de mantener las redes libres del fouling. Esta operación, realizada inicialmente al interior de las propias empresas salmoneras, permitió mantener las redes por más tiempo en el agua y mantener un ambiente adecuado para el bienestar de los peces. A partir de 1986, se establecen los primeros talleres de redes cuyo objetivo fue dar servicios de construcción, reparación e impregnación con pinturas anti-incrustantes (en inglés “antifouling” o AF) (Atared, 2008).

Si bien existe información sobre anti-incrustantes utilizados en la acuicultura nacional, esta información no se encuentra actualizada y sólo representa un catastro de las empresas que comercializan el producto y de los componentes de estas pinturas. Bravo *et al.* (2005) mencionan que en el año 2003 existían en Chile 7 empresas distribuidoras de pinturas anti-incrustantes para la industria acuicultora, ubicadas en su totalidad en la X Región de Los Lagos. Sin embargo, esta información no es suficiente para determinar si existe interacción ambiental entre los componentes de estas pinturas con el sedimento marino bajo las balsas-jaulas y en los alrededores de esta. Por consiguiente, dado que se desconoce el número de empresas que comercializan este tipo de productos, como también el volumen de anti-incrustantes que se utiliza y la composición de estas pinturas hoy en día (principio activo del compuesto principal), junto con la falta de antecedentes de cómo interactúan estos componentes en el medio marino, entre otras interrogantes, surge la necesidad de generar esta información a través del presente proyecto.

Por lo antes expuesto, se requiere determinar y evaluar los diferentes compuestos que están presentes en las pinturas anti-incrustantes que hoy en día se utilizan en las actividades de acuicultura, determinando cuales contienen productos tóxicos no degradables o bio-acumulables y, tal como lo señala el RAMA en su Artículo 14°, se necesita determinar sus potenciales efectos, la acumulación en sedimentos e interacción con los organismos marinos presentes en el ambiente y sus alrededores y además se requiere definir el principio activo de las pinturas antifouling.



## **2. OBJETIVOS**

---

### **2.1. Objetivo general**

Determinar y evaluar los diferentes componentes presentes en las pinturas anti-incrustantes utilizadas en la acuicultura, sus efectos y acumulación en sedimentos marinos, en los sectores seleccionados de la X Región de Los Lagos.

### **2.2. Objetivos específicos**

- 2.2.1. Recopilar la información disponible, bibliográfica y/o de proyectos, nacional e internacional, que aporte con antecedentes referentes a los compuestos de las pinturas anti-incrustantes, su interacción con los organismos marinos presentes en el sedimento, sus alrededores y principio activo del producto, entre otros aspectos.
- 2.2.2. Recopilar la información disponible, bibliográfica y/o de proyectos, internacional, referentes a la normativa en acuicultura especificada para el uso de compuestos de los anti-incrustantes.
- 2.2.3. Realizar muestreos de sedimentos marinos para determinar la presencia o ausencia, distribución y concentración de compuestos de los anti-incrustantes provenientes de las pinturas antifouling.
- 2.2.4. Realizar muestreos de las condiciones ambientales de los sedimentos marinos, en centros de cultivo que utilizan redes impregnadas con anti-incrustantes, de la X Región de Los Lagos, considerando los parámetros físico-químicos como materia orgánica total, granulometría, pH y potencial redox.
- 2.2.5. Determinar mediante un modelo la dispersión el comportamiento de las partículas provenientes de los compuestos presentes en las pinturas anti-incrustantes.
- 2.2.6. Difundir esta información a través de un taller y/o seminario.



### 3. METODOLOGÍA

---

A continuación se describen las metodologías utilizadas para dar cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos y se mencionan los conceptos e ideas que las fundamentan. La presentación está organizada por objetivo específico.

**3.1. Objetivo Específico 2.2.1.** Recopilar la información disponible, bibliográfica y/o de proyectos, nacional e internacional, que aporte con antecedentes referentes a los compuestos de las pinturas anti-incrustantes, su interacción con los organismos marinos presentes en el sedimento, sus alrededores y principio activo del producto, entre otros aspectos.

El cumplimiento de este objetivo se realizó en base a las tres siguientes etapas.

**3.1.1. Recopilación y sistematización de información sobre la utilización de anti-incrustantes en acuicultura a nivel mundial.** Esta actividad se llevó a cabo por medio de la revisión y análisis de diversas fuentes bibliográficas físicas o virtuales (e.g., tesis de pre y post-grado, informes técnicos INNOVA-Chile, FONDEF o FIP y publicaciones en revistas científicas), tanto nacionales como internacionales, que aportaron antecedentes sobre el uso en actividades de acuicultura de pinturas anti-incrustantes, componentes presentes en estos productos y su principio activo, grado de interacción con los organismos marinos y su entorno (e.g., persistencia y toxicidad) y con la especie de cultivo, entre otros aspectos.

**3.1.2. Estado de situación en Chile del uso de anti-incrustantes en acuicultura.** Para establecer el estado del arte respecto a los compuestos de los anti-incrustantes utilizados por la industria acuícola, se realizó una búsqueda exhaustiva de bases de datos de acceso público de las empresas nacionales que fabrican o importan pinturas anti-incrustantes para su uso en acuicultura, de los talleres de impregnación de redes y de los productores de salmón (e.g., [www.pez.cl](http://www.pez.cl); [www.seia.cl](http://www.seia.cl); [www.atared.cl](http://www.atared.cl)). Con estos antecedentes se generó una lista preliminar de los actores involucrados a los que posteriormente se les aplicó una encuesta según tipo de actividad (Anexos 3.1 y 3.2). El diseño de estas encuestas, se centró en recopilar información de carácter no experimental (i.e., no existe manipulación de ningún tipo de variable ni se generan intervenciones entre los actores). El diseño fue transversal (medición en un sólo periodo) y descriptivo (caracterización del estado situación del uso de los anti-incrustantes). Con esta información se confeccionaron tablas y gráficas que contienen el número de empresas, el tipo de anti-incrustante utilizado, el volumen, el principio activo del compuesto principal, dosis de impregnación, el número de recambios de redes por ciclo productivo, el periodo útil de la impregnación, etc.





- 3.1.3. Análisis crítico de los efectos del uso de anti-incrustantes sobre los organismos marinos y su entorno.** La información se enfocó principalmente en productos utilizados en cultivos de salmones, estableciéndose el grado de interacción (bajo, moderado, alto o elevado) entre los distintos tipos de anti-incrustantes, los organismos marinos y su entorno, considerando aspectos tales como: i) respuestas a nivel individual (*e.g.*, respuestas fisiológicas), poblacional (*e.g.*, crecimiento) y comunitario (*e.g.*, diversidad de especies). La información se enfocó en el riesgo de uso de pinturas AF en base a cobre, principal biocida utilizado actualmente en las pinturas comercializadas en Chile. Este análisis consideró la especiación del cobre, concentraciones mundiales y biodisponibilidad en el ambiente (columna de agua y sedimento), biodegradabilidad y sus efectos a nivel individual (*e.g.* respuestas fisiológicas), poblacional (*e.g.* crecimiento) y comunitario (*e.g.* diversidad de especies). También se incluyeron otros biocidas utilizados a nivel mundial y que se aparecen explícitos o no en la formulación de las pinturas AF comercializadas actualmente en Chile.



**3.2. Objetivo Específico 2.2.2.** Recopilar la información disponible, bibliográfica y/o de proyectos, internacional, referentes a la normativa en acuicultura especificada para el uso de compuestos de los anti-incrustantes.

El desarrollo de este objetivo se realizó en base a las tres siguientes etapas.

**3.2.1. Identificación de instrumentos regulatorios y disposiciones legales internacionales sobre la utilización de anti-incrustantes en acuicultura.** En materia de instrumentos regulatorios internacionales se consideraron en la revisión bibliográfica las recomendaciones emanadas de los siguientes organismos: Health and Safety Executive (HSE), International Maritime Organization (IMO), Collective Research in Aquaculture Biofouling (CRABPROJECT), European Environment Agency (EEA) y Chemical Safety Information from Intergovernmental Organizations (INCHEM), entre otros. También se revisó la legislación comunitaria (<http://europa.eu/>; <http://eur-lex.europa.eu/>). Adicionalmente, se realizó una búsqueda exhaustiva de la literatura especializada en el tema, tanto a nivel nacional como internacional, utilizando para esto las distintas bases y buscadores de artículos científicos existentes en la actualidad, como por ejemplo: ASFA and Oceanic abstract, National Library of Medicine de los Estados Unidos (PubMed) y la Scientific Electronic Library Online (SCIELO), entre otros.

**3.2.2. Recopilación y sistematización de la normativa nacional vigente sobre el uso de anti-incrustantes en acuicultura.** A nivel nacional se realizó un análisis acabado de los aspectos de carácter jurídico y de la normativa vigente a nivel sectorial en el país, a partir de una revisión completa de esta, que para el caso de las actividades de acuicultura emanan del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (MINECOM), del Ministerio Secretaria General de la Presidencia (MINSEGPRES), del Ministerio de Defensa Nacional (MINDEF), Ministerio de Agricultura (MINAGRI), Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y del Ministerio de Salud (MINSAL).

**3.2.3. Análisis crítico del marco regulatorio actual.** Esta fase del estudio involucra un análisis integral de la legislación vigente y de los instrumentos regulatorios internacionales, en particular respecto del uso de anti-incrustante, con el fin de establecer un estándar mínimo que debieran reunir los anti-incrustantes para su uso en actividades de acuicultura. O bien, determinar sobre cual o cuales aspectos jurídicos se requeriría proponer recomendaciones sectoriales.



**3.3. Objetivo Específico 2.2.3.** Realizar muestreos de sedimentos marinos para determinar la presencia o ausencia, distribución y concentración de compuestos de los anti-incrustantes provenientes de las pinturas antifouling.

El desarrollo de este objetivo se realizó en base a las cinco siguientes etapas.

- 3.3.1. Selección de las áreas de muestreo.** Se establecieron tres áreas de muestreo de acuerdo a criterios logísticos (e.g., accesibilidad durante todo el año) y pragmáticos (e.g., centro de cultivo de salmones que use redes impregnadas y que esté en operaciones para la época de muestreo). La selección final fue realizada en conjunto con la contraparte técnica del proyecto, definiéndose la primera área en Curaco de Vélez (42° 26' 3.216" S - 73° 37' 31.836" W), la segunda en Bahía Linlín (42° 25' 40.992" S - 73° 27' 42.984" W) y la tercera en Llingua-Punta Lonhui (42° 27' 42.984" S - 73° 26' 33.000" W) (Figura 2.1). Para cada área se establecieron 15 estaciones de muestreo. En cada una de estas se obtuvieron cinco muestras independientes de sedimentos, cuatro para análisis de metales pesados (cobre, zinc, estaño, aluminio, plomo, cadmio) y una quinta para análisis físico-químico en sedimento y de macrofauna bentónica. Un total de 14 estaciones se distribuyeron, a diferentes distancias una de otras, en una grilla alrededor del módulo de cultivo (referencial de análisis) para poder establecer un eventual gradiente de concentración de los elementos analizados (Figura 2.2a,b yc). En tanto, que la estación número 15 se usó como control, localizándose fuera del área de influencia teórica de los compuestos liberados por las pinturas anti-incrustantes (aprox. 300 m desde las balsas-jaulas), según literatura (Dean *et al.*, 2007). De acuerdo a este esquema, se obtuvieron 180 muestras de sedimentos para análisis de metales pesados y 45 muestras para análisis físico-químico del sedimento y de la macrofauna bentónica, respectivamente.
- 3.3.2. Preparación de campañas de muestreo.** Se realizó la compra de todos materiales necesarios para llevar a cabo los muestreos (e.g., neveras resistentes, Icepack). Por otra parte, se procedió a ajustar los protocolos de muestreo y de envío de las muestras.



**3.3.3. Campañas de muestreo de compuestos anti-incrustantes en áreas seleccionadas.**

Para el muestreo en sedimento se utilizó una draga de 0,1 m<sup>2</sup> de mascada. En cada estación de muestreo las cuatro submuestras destinadas al análisis de metales pesados se extrajeron, desde el estrato superficial central de la draga, por medio de un core de polietileno de aprox. 200 cc. Las submuestras fueron almacenadas en bolsas de polietileno con cierre hermético (Ziploc), etiquetadas y mantenidas en neveras debidamente refrigeradas para su traslado al laboratorio. Posteriormente, las muestras fueron congeladas (-18 °C) previo a su envío al laboratorio.

**3.3.4. Análisis de las muestras de anti-incrustantes en laboratorio.** El análisis de las muestras, tanto de sedimentos como de pinturas antiincrustantes, se realizó en el laboratorio de ensayos de Cesmec S.A. de Santiago.

**3.3.5. Procesamiento, análisis de datos y representación espacial de compuestos anti-incrustantes en áreas selectas.** Para comparar las concentraciones del (los) elemento (s) antiincrustantes entre las distintas estaciones de muestreo para cada área (localidad) se utilizó el Análisis de Varianza (ANDEVA) de una vía, previo cumplimiento de todos los supuestos del análisis (*e.g.* normalidad de los datos). Además, como se encontró más un elemento anti-incrustante en los sedimentos se realizaron los siguientes análisis multivariados: i) Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM). Este análisis permitió visualizar la similitud en la concentración y composición de los elementos anti-incrustantes entre las distintas estaciones de muestreo (en cada localidad). Para esto se calculó una matriz de similitud mediante la distancia Euclidiana, previa normalización de los datos. Los resultados de los análisis de EMDNM se graficaron en dos dimensiones. En este tipo de gráficos, las estaciones que muestran mayor similitud (*i.e.*, mayor parecido en la concentración y tipo de elemento anti-incrustante) aparecen menos distanciadas entre sí. La representación adecuada del agrupamiento de esas estaciones puede ser evaluada mediante el denominado “stress”. Valores de “stress” menores a 0,1 indican una buena representación gráfica del ordenamiento de las estaciones mientras que valores de “stress” mayores a 0,2 indican lo contrario (Clarke, 1993). ii) Prueba de SIMPER (“SIMilarity PERcentages-species contribution”). A pesar de su nombre, este análisis permitió saber cual o cuales de los elementos anti-incrustantes son los más importantes en definir las diferencias entre las distintas estaciones de muestreo. Como una manera de ver en forma gráfica el o los metales que más aportaron a las diferencias entre estaciones se realizaron gráficos de burbujas. En estos gráficos el tamaño de las burbujas indica la concentración relativa del elemento para cada estación de muestreo. Finalmente se realizó la prueba de ANOSIM (Analysis of Similarities). Este análisis es similar al análisis de varianza, pero ha sido desarrollado para datos multivariados, y permitió evaluar si las diferencias observadas en los gráficos de los análisis de EMDNM fueron significativas o no. La metodología de cálculo del SIMPER fue similar a aquella utilizada en el EMDNM. Los análisis multivariados se realizarán con el programa PRIMER (“Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research”) (Carr, 1997).



**3.4. Objetivo Específico 2.2.4.** Realizar muestreos de las condiciones ambientales de los sedimentos marinos, en centros de cultivo que utilizan redes impregnadas con anti-incrustantes, de la X Región de Los Lagos, considerando los parámetros físico-químicos como materia orgánica total, granulometría, pH y potencial redox.

El desarrollo de este objetivo se realizó en base a las siete siguientes etapas.

**3.4.1. Selección de las áreas de muestreo.** Idem Punto 3.3.1.

**3.4.2. Recopilación de información ambiental existente.** La información relacionada con las variables y parámetros ambientales y sanitarios fue obtenido de organismos como Subpesca y Sernapesca. Así como, de publicaciones científicas e informes de cruceros científicos elaborados por el IFOP, universidades o instituciones públicas y privadas. La información fue filtrada, en términos de seleccionar los registros más idóneos.

**3.4.3. Preparación de campañas de muestreo.** Se realizó la compra de todos materiales necesarios para llevar a cabo los muestreos y el análisis de las muestras. Por otra parte, se procedió a ajustar los protocolos de muestreo, preparar los reactivos necesarios para la fijación y el análisis de muestras. Así como, calibrar e instalar todos los equipos que se utilizaron en las campañas de muestreo.

**3.4.4. Campañas de muestreo de parámetros físico-químicos en áreas selectas.** Para el muestreo se utilizó una draga de 0,1 m<sup>2</sup> de mascada. Las muestras de sedimento fueron almacenadas en bolsas de polietileno con cierre hermético (Ziploc), etiquetadas y mantenidas en neveras debidamente refrigeradas para su traslado al laboratorio. En tanto que, las muestras de macrofauna fueron depositadas en bolsas de polietileno con cierre hermético (Ziploc), etiquetadas y fijadas en formalina. Se realizaron mediciones *in situ* de pH, temperatura, potencial redox (medido con multiparamétrico marca Orión) y de oxígeno (CTD).

**3.4.5. Análisis de muestras en laboratorio.** El análisis de las muestras en el laboratorio se realizó conforme a las metodologías señaladas en la Resolución (Subpesca) N° 3.612 de 2009, acompañante del Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA).

**3.4.6. Procesamiento, análisis de datos y representación espacial de parámetros físico-químicos en áreas.** Se realizó una descripción de los parámetros físico-químicos y faunísticos registrados en las estaciones de muestreo para cada área, agrupando las estaciones de acuerdo a su cercanía con las balsas-jaulas (vértices, 100 m y control). Las eventuales diferencias en las características físico-químicas y faunísticas entre las diferentes áreas de muestreo fueron evaluadas a través de análisis de EMDNM. En el caso de los parámetros físico-químicos la distancia utilizada fue la Euclideana, previa normalización de los datos, mientras que para la fauna se utilizó la distancia de Bray



Curtis, previa transformación de los datos con doble raíz cuadrada. Los resultados de los análisis de EMDNM se graficaron en dos dimensiones (ver Punto 3.3.5 para más detalles). Con el fin de evaluar si las características del sedimento y/o el contenido de elementos anti-incrustantes presentes en los mismos tienen algún rol significativo para explicar la abundancia, composición y distribución de la macrofauna, se realizaron los análisis estadísticos de regresión lineal simple, de regresión múltiple y BIO-ENV. Las variables físicas serán sucesivamente agregadas al modelo predicho en el BIO-ENV para mejorar el coeficiente de correlación. Para evaluar si existe colinealidad entre algunas variables ( $r > 0.95$ ) se realizó el análisis de correlación de Pearson antes de realizar el test de BIO-ENV. Esta aproximación metodológica permitió evaluar si el (los) elemento (s) anti-incrustante están relacionados con las abundancias poblacionales y estructura comunitaria de la fauna asociadas a estos fondos, el cual es uno de los principales objetivos de este Proyecto. Finalmente se realizó la prueba estadística RELATE, que permitió determinar si las matrices de similitud de las características físicas y biológicas están relacionadas significativamente.

- 3.4.7. Determinación del estado ambiental de las áreas.** Finalmente, la evaluación del estado ambiental de las áreas se realizó en el marco de las disposiciones legales vigentes (e.g., Norma 2<sup>a</sup> Calidad Aguas Marinas). Para el caso de aquellas variables y/o parámetros no regulados, se consideran en la matriz los valores de referencia descritos en la literatura científica o utilizados por organismos internacionales (e.g., Dosdat *et al.*, 1996).





**3.5. Objetivo Específico 2.2.5.** Determinar mediante un modelo la dispersión el comportamiento de las partículas provenientes de los compuestos presentes en las pinturas anti-incrustantes.

El desarrollo de este objetivo se realizó en base a las dos siguientes etapas.

**3.5.1. Selección de dominio de alta resolución.** Para definir la topografía del fondo marino se utilizaron datos batimétricos del Servicio Hidrográfico de la Armada (SHOA) lo que permitió definir de la mejor forma posible las características del fondo marino de esta área. El dominio fue discretizado usando una malla flexible en elementos finitos triangulares según el método de Delaunay (DHI, 2011). Se generaron condiciones de borde de marea a lo largo de los contornos abiertos de los dominios con series de tiempo cada 1 hora de las variaciones del nivel del mar basados en modelo regional. La condición inicial es denominada "arranque en frío" la cual es un campo de flujo nulo al comenzar la simulación, la que se estabiliza luego de ciertos pasos de tiempo hasta alcanzar un equilibrio asociado a los forzantes. En cuanto a temperatura y salinidad es necesario especificar valores en todos los nodos del dominio en el estado inicial, esos datos se obtendrán del modelo regional. Para el forzamiento atmosférico se utiliza el modelo GFS (Global Forecast System), que considera: campos de viento, presión atmosférica, temperatura, cobertura nubosa, precipitación y humedad relativa. Todos estos varían espacial y temporalmente, una vez que las matrices de datos del modelo GFS son ingresadas al modelo MIKE 3 este las interpola a cada nodo usando un método de ajuste lineal.

**3.5.2. Evaluación modelo hidrodinámico.** Cuando el resultado de la predicción es una estimación del valor de una variable continua, la calidad se mide con relativa facilidad mediante medidas de precisión (funciones de error) y de habilidad. Estas funciones son medidas globales de precisión, en el sentido de que solo consideran la distribución conjunta, calculando la distancia entre los datos previstos y los observados. Por lo tanto resultan mejor representados los eventos frecuentes (Stanski *et al.*, 1989). Los índices de verificación más habituales son:

○ Desviación Media (BIAS)

Indica la dirección media de las diferencias entre la observación y el pronóstico, pero no refleja la magnitud del error. Un error positivo indica que el valor simulado excede el valor observado. Mientras un error negativo corresponde a una subestimación del valor observado.

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)$$



- Error Medio Cuadrático (RMSE)

Es una medida cuadrática que mide la media de la magnitud del error, no muestra la dirección de las desviaciones.

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

En donde,

$x$  = dato observado

$y$  = dato simulado

$n$  = número de datos.

- Coeficiente de Correlación

Es una medida estadística que trata de medir la relación entre dos variables, oscila entre -1 y 1, siendo el signo, la dirección de la relación (proporcional o inversamente proporcional) y la cifra, la magnitud de la relación.

$$R = \frac{Cov_{xy}}{S_x S_y}$$

$Cov_{xy}$  = covarianza entre el modelo y la observación,

$S_x$  = desviación estándar del modelo

$S_y$  = desviación estándar de la observación.

**3.5.3. Modelación numérica del transporte de partículas.** Acoplado a la implementación del modelo hidrodinámico MIKE 3D en alta resolución se generará un modelo de transporte de partículas considerando advección y dispersión. Esto último permitirá estimar el transporte de una partícula pasiva, las áreas más probables de acumulación, el área de influencia de una determinada partícula en función del transporte difusivo y advectivo. Las simulaciones se realizarán por períodos mínimos correspondientes a 20 días, de los cuales, se extraerán los resultados del periodo completo y en la capa de fondo. Estos experimentos se realizarán en estación de invierno, en el mismo período de medición de correntometría.



**3.6. Objetivo Específico 2.2.6.** Difundir esta información a través de un taller y/o seminario.

El desarrollo de este objetivo se realizó en base a las dos siguientes etapas.

- 3.6.1. Reuniones de coordinación e intercambio técnico.** Estas reuniones, entre el ejecutor de la propuesta (IFOP) y la contraparte técnica (Departamento de Acuicultura de la Subpesca), tienen como propósito reforzar y conducir el desarrollo del proyecto hacia los temas más relevantes y que dieron origen a la licitación (e.g., metodologías y grado de avance de las principales actividades asociadas al proyecto). Por otra parte, para un mejor desarrollo de las actividades comprometidas y para lograr una mayor cobertura participativa, se utilizaron los distintos medios al alcance (correo electrónico, telefonía y rondas de trabajo en las empresas) para informar del propósito del proyecto y acceder a información disponible en dichas empresas. La aplicación de esta modalidad de trabajo facilita la posterior colaboración ante requerimientos específicos que se generen en el desarrollo del proyecto.
- 3.6.2. Taller y difusión general del proyecto.** Como mecanismo para facilitar la difusión se habilitó un repositorio virtual de información vinculada al proyecto, al que se puede acceder via <https://docs.google.com/folder/d/0B3vKAkrOPyweZ1VBRm1Tcmxhb0E/edit>. El taller de difusión, consignado en los TBR, se considera como una instancia válida para difundir de mejor forma los productos alcanzados. Así como también, un espacio apropiado para generar una fructífera discusión e intercambio técnico.



## 4. RESULTADOS

---

A fin de facilitar el ordenamiento y presentación de la información, los resultados se presentan por objetivo específico.

**4.1. Objetivo Específico 2.2.1.** Recopilar la información disponible, bibliográfica y/o de proyectos, nacional e internacional, que aporte con antecedentes referentes a los compuestos de las pinturas anti-incrustantes, su interacción con los organismos marinos presentes en el sedimento, sus alrededores y principio activo del producto, entre otros aspectos.

### 4.1.1. Recopilación y sistematización de información sobre la utilización de anti-incrustantes en acuicultura a nivel mundial.

Las tecnologías anti-incrustantes de las pinturas utilizadas actualmente para cubrir las necesidades en acuicultura han sido derivadas desde los avances alcanzados en las pinturas aplicadas para proteger los cascos de las embarcaciones en el transporte marítimo mundial, que tiene sus comienzos entre los siglos XVIII y XIX (Dafforn *et al.*, 2011). Producto de esto, existe una amplia fuente bibliográfica en revistas científicas generales como “Marine Pollution Bulletin”, “Environmental Pollution”, “Aquaculture”, “Journal of Coastal Development”, entre otras. Así como, en revistas científicas más especializadas en la temática como “Biofouling”, “Progress in Organic Coatings” y “Applied Organometallic Chemistry”.

En este mismo contexto, cabe aclarar que las pinturas anti-incrustantes utilizadas en embarcaciones marítimas no se pueden aplicar directamente en la industria de la acuicultura porque están específicamente diseñadas para trabajar en una superficie dura, existiendo una clara división dentro de las empresas que venden pinturas anti-incrustantes, incluso con marcas distintas. Las pinturas anti-incrustantes utilizadas en acuicultura se basan típicamente en una emulsión cerosa (“waxy emulsion”) que les proporciona la flexibilidad que se requiere en las redes (Braithwaite & McEvoy, 2005 *vide* Wells, 2007).

La acuicultura en general y la industria del salmón en particular sufren significativamente de los efectos de la adherencia de incrustaciones biológicas (“fouling”) en instalaciones de cultivo sumergidas, especialmente en redes de balsas-jaulas y loberas. La composición, abundancia y estacionalidad del “fouling” dependen de factores oceanográficos tales como temperatura del agua, salinidad, luminosidad, mareas y turbidez, entre otros (Lovegrove, 1979). El “fouling” está constituido principalmente por algas y animales que colonizan las instalaciones de cultivo en sus primeras etapas de vida o estadios larvales (junto con otros colonizadores como bacterias y microalgas) y que posteriormente forma comunidades que comienzan a desarrollarse, incrementando su peso y talla (Yebra *et al.*, 2004; Guardiola *et al.*, 2012) (Figura 2.4). Para el caso de la acuicultura en Chile no se



encontró un estudio base de las especies que componen el “fouling”, tanto a nivel microscópico como macroscópico. Estudios internacionales indican que los principales grupos de especies corresponden a Chordata- Ascidiaceae (e.g., *Ciona intestinalis* y *Asciella aspersa*), Turbellaria-Polychadida (e.g., *Stylochus* spp.), Annelida-Polychaeta (e.g., *Polydora* spp.), Algae (e.g., *Antithamnion* sp, *Ectocarpus* spp. y *Ulva* sp), Porifera (e.g., *Cliona* spp), Mollusca-Bivalvia (e.g., *Mytilus edulis* y *Crassostrea* spp.) y Cnidaria-Hidrozoa (e.g., *Ectopleura crocea* y *E. larynx*) (Fitridge *et al.*, 2012) (Figura 2.5). Entre las principales consecuencias del “fouling”, Braithwaite *et al.* (2007) señalan: 1) obstrucción de las redes y disminución de la disponibilidad de oxígeno para los peces, 2) aumento de los costos por mantención y remoción de “fouling” en las redes, y 3) reservorio de patógenos, con perjuicios económicos serios, influyendo en los resultados finales del proyecto.

Para disminuir el efecto del “fouling” en las instalaciones de cultivo de salmonídeos se han formulado pinturas conocidas como anti-incrustantes, cuyo principio activo se basa en el uso de uno o más biocidas, tóxicos para las fases tempranas de los organismos que componen el “fouling”, ya que los individuos adultos son mucho más resistentes a estos productos (Dafforn *et al.*, 2011). Además del compuesto activo, estas pinturas anti-incrustantes están constituidas por un cuerpo aglutinante o matriz, solventes y compuestos auxiliares. En cuanto a la matriz de las pinturas se han descrito al menos cuatro: matriz soluble (“soluble matrix”), lixiviación de contacto (“contact leaching”), copolímero de autopulido (“self polishing copolymer o SFC”) y “foul release” (Lewis, 1998 *vide* Dafforn *et al.*, 2011) (Figura 2.6, Tabla 1.1). En general, el objetivo primordial de la composición de las pinturas es que las cargas tóxicas del biocida se liberen lentamente por lixiviación, de manera de crear una atmósfera letal alrededor de la superficie protegida, impidiendo el asentamiento de organismos incrustantes (Lewis, 1998, Yebra *et al.*, 2004). De este modo se mantienen las redes limpias por más tiempo. En regiones templadas, se ha estimado una protección por uso de pinturas AF de 6 meses, considerando el periodo de verano cuando el “fouling” es más agresivo (Fitridge *et al.*, 2012). Desde el punto de vista de la acuicultura, las principales características que debe cumplir una pintura AF corresponden a: (1) ser efectiva contra un amplio rango de *taxa* de “fouling”, (2) ser medioambientalmente benigna, (3) no tener un efecto negativo en la especie objetivo (“target specie”), (4) no dejar residuos en la especie cultivada, y (5) ser económicamente viable (Lewis, 1994 *vide* Fitridge *et al.*, 2012). En este último punto, se ha estimado un costo directo del control del biofouling entre 5-10% del costo de producción, lo cual equivale entre US\$ 0,03 y US\$0,12 por kg de salmón producido (Fitridge *et al.*, 2012).

Los biocidas son clasificados dentro de 23 diferentes tipos de productos y son usados debido a su potencial para destruir un amplio rango de múltiples subgrupos de organismos (Guardiola *et al.*, 2012). Debido a la rápida expansión de la acuicultura, junto con el endurecimiento de la legislación en el uso de anti-incrustantes, los problemas de incrustaciones biológicas en la industria de la acuicultura se han incrementado (Fusetani, 2004; Bazes *et al.*, 2006). Por muchos años, la tributilina (en su sigla en inglés “TBT”) fue el compuesto activo más utilizado en las pinturas AF como biocida, luego que la comunidad científica alertara sobre los severos impactos en el ecosistema acuático (Fent, 1996). La legislación en muchos países prohibió la aplicación de pinturas AF basadas en TBT (UE, 1989; Konstantinou & Albanis, 2004). La gradual eliminación de formulaciones basadas en



triorganoestaño, ha convertido al cobre en el principal componente biocida de muchas pinturas AF, sencillamente denominadas como pinturas anti-incrustantes libres de estaño (en inglés “tin-free antifouling paints”) (Omae, 2003), encontrándose el cobre en estas como óxido de cobre ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) (Yebra *et al.*, 2004). El zinc inorgánico es frecuentemente usado en combinación con cobre para incrementar la toxicidad global de la formulación o para facilitar el proceso de lixiviación (Watermann *et al.*, 2005). Biocidas orgánicos potenciados (en inglés “Organic booster biocides”) o co-biocidas tales como: Irgarol®, Sea Nine 211®, Diclofluanida, Clorotalonil, Piritiona de Zinc, Zineb, Diuron, TCMS, entre otros, son también adheridos a la pintura para mejorar su efectividad (Parks *et al.*, 2010). Esto luego que especies de algas (*e.g.*, *Enteromorpha* spp, *Ectocarpus* spp, entre otras) mostraron una marcada tolerancia fisiológica al cobre (Omae, 2003). Sin embargo, estas alternativas a la tributilina también serían tóxicas en el ambiente acuático (Konstantinou & Albanis, 2004). En este sentido, varios estudios han evaluado la toxicidad de biocidas en especies no objetivo (*i.e.*, especies presentes en el ambiente, pero no consideradas como incrustaciones biológicas) y han encontrado que la mayor parte de éstos inhiben el crecimiento de autótrofos marinos y de agua dulce (Okamura *et al.*, 2003), influyendo también en especies claves como pastos marinos (Chesworth *et al.*, 2004) y corales (Owen *et al.*, 2002). Para aumentar la eficiencia de las pinturas en base a cobre, en Chile se ha propuesto el uso del polímero natural “quitosano”, el cual ayuda a una descarga más lenta del biocida (Cárdenas, 2004). Sin embargo, esta tecnología aún se encuentra a un nivel experimental-piloto.

Con el inicio del segundo milenio se ha comenzado a buscar nuevas alternativas de antifouling no tóxicas (Dafforn *et al.*, 2011). Una alternativa que ha surgido en Chile, corresponde al uso de redes con aleaciones de cobre (UR30, 65% de cobre reciclado, 35% de zinc y otros elementos trazas), que además de tener características AF, son: bactericidas, tienen gran resistencia mecánica (evitando el ataque de depredadores y la fuga de peces) y son anticorrosivas y 100% reciclables ([www.ecosea.cl](http://www.ecosea.cl) y [www.aquaglobal.cl](http://www.aquaglobal.cl)). Estas redes se han incorporado a la industria salmonicultora desde el año 2008 en la X Región de Los Lagos. Otra alternativa nacional, desde el año 2009, ha sido el uso de redes de fibras especiales como polietileno (línea EuroGold 2,5 mm para redes peceras y Euroline 5 mm para redes loberas), el cual es un monofilamento de fácil remoción del biofouling (<http://www.euronetesud.com>). Además de tener una mayor boyantes y mejorar la gestión de costo al reducir la tasa de recambio de las redes ([www.marmau.cl](http://www.marmau.cl)). En esta última línea, programas de investigación europeos como Collective Research in Aquaculture Biofouling (“CRAB”) y Advanced Nanostructured Surfaces for the Control of Biofouling (“AMBIO”) apuntan al desarrollo de una nueva generación de recubrimientos marinos ecológicos no biocidas con el uso de nanotecnología en contra del “biofouling”. La tecnología del proyecto AMBIO está basada únicamente en las propiedades fisicoquímicas de los materiales de recubrimiento (Callow & Callow, 2011), como es el caso, de las siliconas no tóxicas (en inglés “foul release coatings”) que no previenen la adhesión de los organismos sino más bien reducen la fuerza de adhesión, siendo fácilmente limpiables (Dafforn *et al.*, 2011). El impacto del proyecto AMBIO puede ser dimensionado por el número de solicitudes de patente presentadas por sus socios industriales AKZO (“Dutch Multinational Organization”), Teer Ltd., Nanocyl, TNO (“Dutch Organization for Applied Scientific Research”) y BASF (Badische Anilin und Soda Fabrik) (Callow, 2010). Es así, que al menos tres productos ya se encuentran patentados



para su utilización comercial: a) Las dispersiones CNT (carbon nanotube)-siloxane (=resina de silicona) comercializados como Biocyl™ por la empresa Nanocyl, b) Los recubrimientos de SiOx, comercializados por Teer, que pueden ser depositados sobre ventanas ópticas, y, c) La tecnología sol-gel, comercializada por TNO, que está disponible para su uso directo en equipos de propulsión (Callow, 2010). Por otra parte, se ha estimado que a partir del 2020, el 30% de las ventas de la industria de la pintura en Europa se basará sobre aplicaciones de la nanotecnología en los llamados revestimientos "inteligentes" (Callow, 2010). Otra estrategia no tóxica incluye la incorporación de compuestos AF naturales desde organismos marinos (en inglés "biomimetics") (Dafforn *et al.*, 2011). En este campo, Chile igualmente ha impulsado investigaciones, con el uso de productos de origen bacteriano que minimizan la colonización y desarrollo de biofouling (Clarke, 2001, 2004). Sin embargo, estas tecnologías surgidas en el último milenio, si bien tienen distintos grados de avance, aún no tienen un uso masivo.

#### 4.1.2. Estado de situación en Chile del uso de anti-incrustantes en acuicultura.

##### Caracterización de industria del salmón

En nuestro país la acuicultura se inició comercialmente en la década de los 80 con diferentes cultivos (peces, moluscos y algas) y niveles de producción, siendo orientada principalmente a mercados internacionales. En la última década, aun cuando la industria acuícola nacional ha sufrido un fuerte deterioro, provocado ya sea por la crisis económica mundial, por efectos sanitarios y de capacidad de carga de los sistemas, el cultivo de peces (representado principalmente por salmónidos) ha sido reconocido como una de las actividades económicas de mayor crecimiento y proyección en el país. Es así, que en el año 2011 alcanzó un volumen de 649.492 toneladas, concentrado en un 97% en dos zonas administrativas del país, las regiones de Los Lagos y de Aysén (Sernapesca, 2012). Las tres principales especies cultivadas corresponden a *Salmo salar* (salmón salar), *Oncorhynchus kisutch* (salmón coho) y *O. mykiss* (trucha arcoiris) (Figura 2.7). A nivel internacional, Chile es el segundo productor mundial de salmónidos, luego de Noruega (FAO, 2010).

El cultivo intensivo de salmónidos se efectúa principalmente en sistemas suspendidos (balsas-jaulas) localizados en ambientes marinos y estuarinos, y secundariamente en ambientes dulceacuícolas. Actualmente, el diseño de las unidades productivas más utilizado es el rectangular, y en menor proporción circulares, disponiéndose en un número determinado en trenes o módulos, dependiendo del área concesionada (Murillo *et al.*, 2006).

##### Descripción del sistema de cultivo de salmones en el mar.

- Ciclo productivo

El cultivo se compone de dos fases: agua dulce y agua de mar. La primera etapa que abarca de ova a smolt, se desarrolla en tierra en instalaciones compuestas de incubadoras, estanques y piletas que son alimentados con aguas dulces provenientes de ríos o pozos. En estado de alevín, previo a la



esmoltificación, en algunos casos, son cultivados en lagos, mediante sistemas suspendidos llamadas balsas-jaulas. En tanto, la segunda etapa (de smolt a adulto) se lleva a cabo exclusivamente en balsas-jaulas dispuestas en el mar. Esta fase el ciclo productivo (de smolt a adulto) varía entre 10 a 18 meses, dependiendo de la especie en cultivo, de las condiciones ambientales y técnicas aplicadas. Sin embargo, el factor especie es la que más afecta a la duración del ciclo productivo. Los salares por ejemplo, son cosechados entre los 14 y 18 meses, en cambio, las truchas y coho, entre los 10 y 12 meses (Murillo *et al.*, 2006).

- Unidades productivas

Los sistemas para cultivo de salmones en agua de mar y en aguas dulces (lagos) son las balsas-jaulas, las cuales consisten en una estructura semirígida (circulares o cuadradas), con boyantes y estabilidad propia, compuestas además, de un sistema de redes para diferentes fines (contenedora de peces o peceras; anti-depredadores marinos: redes loberas; y anti-depredadores aéreos: redes pajareras). Este tipo de estructura, ha tenido cambios significativos en cuanto a tamaño, forma y tipo de material utilizado para su construcción como consecuencia de los mayores volúmenes de producción alcanzados y de la localización de los nuevos centros de cultivo en otras zonas del país que requieren de mayor tecnología (Murillo *et al.*, 2006). Es así como, redes peceras hace 20 años atrás, no superaban los 340 m<sup>2</sup> cada una, en cambio, hoy existen de hasta 4.280 m<sup>2</sup> (Murillo *et al.*, 2006). El problema no radica en los aumentos de m<sup>2</sup> de estas redes sino en la mantención de ellas contra el fouling. Manejos como el lavado y/o impregnación son prácticas habituales en las empresas salmoneras, las que ocasionan daño al medio ambiente.

### **Análisis descriptivo del uso de anti-incrustantes en Chile**

- Productos anti-incrustantes comercializados a nivel nacional

Actualmente existen disponibles en Chile 20 pinturas AF, todas con acción biocida, comercializadas por 9 empresas distribuidoras, de la cuales 12 son en base a agua y 8 en base a solvente, como aguarrás mineral y xileno (Tabla 1.2). Entre otros componentes secundarios, se destaca la matriz aglutinante de resina acrílica o colofonia, y los compuestos auxiliares como pigmentos (que dan el color a las pinturas), constituido de óxido de hierro (Tabla 1.2).

Cada producto AF está asociado a una ficha técnica y otra de seguridad. Estos documentos contienen información clave sobre las especificaciones técnicas y de manejo de la pintura AF, incluyendo indicaciones de los cuidados personales del usuario y del medioambiente. Nueve pinturas AF tuvieron esta información disponible en un portal internet, de las cuales sólo seis tuvieron ambas fichas (A/F Base Solvente, A/F Base Agua, Biodeg® A/F sin cobre, Reall WS, Reall SS y Norim 1500) y las tres restantes (Econet 1500, Econet RF y Hempanet 7150 A), con sólo una de las dos fichas (Tabla 1.3). Para otras pinturas AF, la obtención de las fichas fue a través del contacto con el profesional a cargo de la venta del producto en cada empresa. Sólo dos productos (Aguasafe base agua y solvente) no tienen fichas disponible.





En un análisis pormenorizado de las fichas de cada producto (Tabla 1.3), se destaca la poca uniformidad y en algunos casos, la omisión de sus contenidos, dificultando su comparación. En cuanto a la información entregada en las fichas, se encontró que el biocida más recurrente como ingrediente activo principal es el óxido cuproso, encontrado en 17 pinturas AF en Chile (Tablas 1.2 y 1.3). De estas pinturas, algunas presentan biocidas secundarios como óxido de zinc (e.g., Flexgard XI-C y Hempanet 7150 A). Luego se encuentran tres pinturas que no utilizan al cobre como principal biocida sino óxido de zinc (e.g., Solignum 7C1-2 y Solignum 7C1-6) y como biocida secundario piritionato de zinc (Solignum 7C1-2). En este grupo también se encuentra una pintura AF que no especifica el biocida principal o secundario, sólo menciona la presencia de biocidas orgánicos biodegradables (e.g., A/F Base solvente) (Tabla 1.2). Por otra parte, cuatro pinturas AF (A/F Base solvente, A/F Base agua, Reall WS y Reall SS) señalan que no contienen otros metales pesados como estaño (Sn) y plomo (Pb). Además, se encontró una pintura (Hempanet 7150 A) que aún presenta compuestos triorganoestánicos (Tabla 1.3).

En general, para las pinturas AF que cuenta con la ficha de seguridad (Tabla 1.3), la mayoría no disponen de información sobre bioacumulación en el ítem de información ecológica. Dos de estas pinturas (“Reall WS” y “Reall SS”) indican que no producen bioacumulación. Sin embargo, no existe respaldo científico (e.g., referencia bibliográfica) de esta afirmación. Lo mismo ocurre con la pintura “A/F Base agua”, la cual presenta información específica de no bioacumulación en el salmón del Pacífico (Tabla 1.3).

- Pinturas anti-incrustantes utilizadas en la X Región de Los Lagos

A continuación se detallan los resultados más relevantes (tratamientos de las redes, volúmenes, tipos de pintura utilizadas y atributos de las pinturas anti-incrustantes) obtenidos de las encuestas aplicadas, tanto en las empresas productoras de salmónidos como en los talleres de redes (Anexos 3.3 y 3.4).

#### Talleres de redes

La información recopilada en las distintas fuentes de acceso público para conocer y cuantificar los talleres de impregnación de redes en funcionamiento, arrojó un universo de 13 talleres, encuestándose 12, lo que representó un 92% del total (ver Anexo 4.1). El volumen consumido entre enero y agosto del 2012 correspondió a 679.445 litros.

En la Tabla 1.4 se aprecia una lista de las marcas, volúmenes utilizados y tipo de base utilizada en las pinturas anti-incrustantes, obtenidos mediante la aplicación de encuestas a talleres de impregnación en la X Región de Los Lagos.

La Figura 2.8 muestra el uso de pinturas anti-incrustantes por taller, apreciándose que los talleres con mayor cantidad de litros utilizados de pintura anti-incrustantes por mes son: Redes Quellón con un 16%, Kaweshkar y Marmau con 15%, cada uno, y Badinotti con un 12%.



La Figura 2.9 muestra el uso por marca de pintura anti-incrustante y se aprecia que las marcas más usadas en Chile son Aquanet CC80-100 base agua (Bayer) con un 18,3%, A/F Base solvente (Sherwin Williams) con un 18,0% y A/F Base agua (Sherwin Williams) con un 15,6%.

La Figura 2.10 muestra las pinturas anti-incrustantes por tipo de base usada, apreciándose claramente el predominio de la pintura anti-incrustante base agua (58%) por sobre la base solvente (41%).

Cabe señalar, que la elección y compra de las pinturas que se utilizan en la impregnación de las redes en los talleres, son efectuadas por sus clientes (empresas salmoneras), principalmente basados en criterios de calidad y económicos. Con respecto a los atributos que debiera tener una pintura adecuada para sus requerimientos sugirieron:

- Que el efecto del antifouling sea prolongado.
- Que sea amigable con el medio ambiente.
- Que mantenga las propiedades (calidad) en el tiempo.
- Que la matriz acrílica de la pintura sea de buena calidad, esto es, que actúe en la red con una tasa de lixiviación de cobre que permita mantenerla el mayor tiempo posible libre de anti-incrustantes.
- El tiempo de secado de la pintura en la red sea más breve para disponer de ella lo antes posible.
- Tenga un mayor poder de adhesión de la pintura a la tela.

### Empresas salmoneras

La información recopilada por las distintas fuentes de acceso público para conocer y cuantificar las empresas salmoneras en funcionamiento, arrojó un universo de 26 empresas, encuestándose 23, lo que representó un 88,5% del total (ver Anexo 4.1).

Si analizamos los resultados obtenidos mediante las encuestas aplicadas a las empresas salmoneras, en invierno, el 68% de estas sólo impregnan sus redes, tanto loberas como peceras. En tanto, el 16% de las empresas aplican dos modalidades a sus centros de cultivo, en unos centros sólo impregnan sus redes y tienen otros en donde sólo las lavan *in situ*. Finalmente un 12% del total sólo lavan *in situ* y no impregnan y un 4% lavan en tierra y no impregnan (Figura 2.11a). En tanto, en primavera la situación cambia considerablemente, aumentando los lavados *in situ* de un 16% a un 28% (Figura 2.11b).

De las empresas 19 empresas que sólo impregnan 14 de ellas entregaron información respecto a los volúmenes utilizados (ver Anexo 3.3), siendo en total 29.845.308 L totales. Estos volúmenes consumidos corresponden al último ciclo productivo por centro operando al 2012.



AquaChile es la empresa salmonera que más pintura antifouling utiliza en su proceso productivo, con un 39% del total de la industria, la sigue Mainstream con un 21%. El resto de las empresas que usan pinturas anti-incrustantes incluyen a Cupquelán, Ventisqueros, Cultivos Marinos, etc. (Figura 2.12).

Un 69% de las empresas salmoneras usan pinturas anti-incrustantes con base agua y sólo un 31% usa con base solvente (Figura 2.13), siendo las marcas más usadas Aquanet CC80-100 (Bayer) con base agua y A/F (Sherwin Williams) con base solvente. Otras marcas con un porcentaje significativo de uso fueron Reall SW con un 13% y Econet 1500 SB con un 11% (Figura 2.14).

En las Tablas 1.5 y 1.6 se muestra la cantidad de pinturas antifouling utilizadas por parte de las empresas salmoneras tiene directa relación con el número y tamaño de balsas-jaulas, los niveles de producción por centro y la especie en cultivo. Con respecto a los atributos que debiera tener una pintura adecuada para sus requerimientos sugirieron:

- Que el efecto del antifouling dure el ciclo completo.
- Que sea amigable con el medio ambiente (ausencia de cobre y metales pesados).
- Que mantenga las propiedades (calidad) en el tiempo.
- La cantidad de óxido cuproso sea el que se indica en la ficha técnica.
- De alto rendimiento.
- Que no se resquebraje.
- Que minimice la pérdida de resistencia de las redes.
- Ofrezca un buen servicio de post venta, lo que implica supervisión a la impregnación de las redes en los talleres, como también, visitas regulares a los centros de cultivo para llevar un seguimiento del comportamiento de éstas en el mar.

#### **4.1.3. Análisis crítico de los efectos del uso de anti-incrustantes sobre los organismos marinos y su entorno.**

En este análisis se incluyó al cobre como principal biocida utilizado en las pinturas comercializadas actualmente en Chile y otros biocidas que pudieran estar presentes en la marca comercial Biodeg® A/F sin cobre o tuvieran el rol de potenciar el efecto biocida de las pinturas AF en base a cobre u óxido de zinc. Entre ellos se destaca el Clorotanolin, Dcoit (Sea Nine 211®), Diuron, Irgarol 1051®, Tcms piridina, Piritona de Zinc (ZnPT) y Zineb. No se encontró información respecto del óxido de zinc, constituyente de cuatro pinturas AF como biocida principal y secundario (Tabla 1.3).

#### **Oxido de cobre**

El cobre es un metal esencial, necesario en cantidades ínfimas para el crecimiento, desarrollo y fisiología de un organismo (Lewis & Cave, 1982), pudiendo ser tóxico a altas concentraciones. El cobre se encuentra en forma natural en el agua de mar en concentraciones entre 0,5 a 3 µg/L (Scelzo, 1997; Brooks & Waldock, 2009). Según US. EPA (2009), la concentración más alta de cobre



en el agua de mar a la que una comunidad acuática puede estar expuesta brevemente y sin causar un efecto dañino es de 4,8  $\mu\text{g/L}$ , siendo generalmente tóxico en una concentración letal al 50% (o LC50, entendida como la concentración de un producto que es capaz de provocar la muerte del 50% de los individuos de una muestra, en un período de tiempo) mayores a 100  $\mu\text{g/L}$  (Bechmann, 1994; Scelzo, 1997, Burridge & Zitko, 2002). Sin embargo, los organismos tienen diferentes mecanismos por los cuales ellos enfrentan y procesan el cobre. El cobre es regulado activamente en peces, crustáceos decápodos y algas, siendo almacenado en bivalvos, cirripedios e insectos acuáticos (Kiaune & Singhasemanon, 2011).

En el ambiente acuático, el cobre muestra un complejo ciclo biogeoquímico (Figura 2.13) (Kiaune & Singhasemanon, 2011). La toxicidad del cobre en el agua es muy influenciado por la forma química o especiación del cobre y en qué grado se encuentre ligado a distintos ligandos presentes en el agua, lo cual influye en la biodisponibilidad por parte de organismos acuáticos (Burridge *et al.*, 2010). El óxido de cobre lixivia desde la superficie y entra al agua como un ión libre ( $\text{Cu}^+$ ), el cual es inmediatamente oxidado a  $\text{Cu}^{+2}$  y formas complejas con ligandos inorgánicos y orgánicos (Thomas & Brooks, 2010). El  $\text{Cu}^{+2}$  es también la forma principalmente responsable de los efectos biocidas del cobre (Kiaune & Singhasemanon, 2011).

En cuanto a los sedimentos, éstos tienden a acumular metales pesados (Burridge *et al.*, 2010). Estimaciones de balance de masa sugieren que su re-movilización podría ser una fuente importante de algunos metales tóxicos en la columna de agua (Beck & Sanudo-Wilhelmy, 2007). Por lo tanto, es importante entender la especiación de cobre en agua intersticial del sedimento (entendiéndose como los espacios rellenos de agua entre los granos de sedimento). Procesos (físicos, químicos y biológicos) que provocan cambios en el sedimento (después de su deposición) se conocen como diagénesis. La especiación de cobre en el agua intersticial es influenciada por procesos diagenéticos y depende de factores tales como los niveles de oxígeno, temperatura y tipo de sedimento (Kiaune & Singhasemanon, 2011). La biodisponibilidad del cobre es dramáticamente influenciada por la química del agua, por tanto, el pH del agua, la dureza, el contenido orgánico y la salinidad (Burridge *et al.*, 2010; Kiaune & Singhasemanon, 2011), juegan un importante rol en la toxicidad del cobre. Así, el incremento del pH acentúa la toxicidad del cobre debido a la reducción de la competencia entre el cobre y los iones hidrógeno en la superficie celular. En una manera similar, los cationes que están implicados en la dureza del agua también compiten con el  $\text{Cu}^{+2}$  para sitios de unión biológicas (Kiaune & Singhasemanon, 2011). Por otro lado, el cobre ligado a materia orgánica es ampliamente considerado no tóxico por ser no biodisponible (Arnold *et al.*, 2005; Brooks *et al.*, 2007; Thomas & Brooks, 2010). Una investigación de complejación de metales realizada por Mantoura *et al.* (1978) concluyó que aproximadamente el 10% del total del cobre en aguas oceánicas estaba complejo con materia orgánica. Debido a los avances analíticos, se dice comúnmente que el 99% o más del cobre total en agua de mar está en forma de complejos orgánicos (Campos *et al.*, 1994; Coale & Bruland, 1990). El contenido de carbono orgánico disuelto (COD) está también entre los más importantes factores en reducir la toxicidad del cobre tanto en especies de agua dulce como saladas. El COD forma complejos orgánicos con cobre, reduciendo así, la biodisponibilidad del cobre (Kiaune & Singhasemanon, 2011). La salinidad del agua influencia la bioacumulación del cobre, afectando su



toxicidad. En *Crassostrea gigas*, la acumulación fue inversamente relacionada a la salinidad (Amiard-Triquet *et al.*, 1991).

El cobre es aplicado a las formulaciones de pinturas AF por su efecto como alguicida (Dafforn *et al.*, 2011). Sin embargo, también se le conoce por sus propiedades como bactericida, molusquicida y fungicida (Omae, 2003). Causa toxicidad en especies de algas marinas, a través de su alteración en la fotosíntesis (Rijstenbil *et al.*, 1994; Cid *et al.*, 1995), desarrollo de esporas (Contreras *et al.*, 2007), crecimiento (Martin *et al.*, 1990; Rijstenbil *et al.*, 1994; Cid *et al.*, 1995; Frankling *et al.*, 2001; Lage *et al.*, 2001) y actividad enzimática (Franklin *et al.*, 2001). Sin embargo, también se han encontrado antecedentes de toxicidad en especies animales como crustáceos, moluscos y tunicados. En crustáceos, modifica la actividad enzimática (Hansen *et al.*, 1992); el comportamiento (nado y fototactismo) (Lang *et al.*, 1980), el crecimiento (Ahsanullah & Williams, 1991) y la sobrevivencia de individuos (Ahsanullah & Williams, 1991; Beckmann, 1994). En tanto, en moluscos y tunicados, afecta al desarrollo normal embrionario (Coglianese & Martin, 1981). En tunicados, también reduce la fertilización y adhesión larval (Bellas *et al.*, 2001) (Tabla 1.7).

Las concentraciones máximas reportadas para el cobre en distintos países del mundo se encuentran en un rango de 5,7 a 20,7  $\mu\text{g/L}$  en la columna de agua, mientras que en el sedimento, el rango varía entre 18 a 169  $\mu\text{g/g}$  (Dafforn *et al.*, 2011) (Tabla 1.8). Los resultados de bioensayos muestran un amplio rango subletal de toxicidad, entre 3,7  $\mu\text{g/L}$  a 50  $\mu\text{g/L}$  (Lang *et al.*, 1980; Coglianese & Martin, 1981; Martin *et al.*, 1990; Ahsanullah & Williams, 1991; Franklin *et al.*, 2001) siendo los anfípodos, los más sensibles a este metal (Ahsanullah & Williams, 1991) (Tabla 1.8). Concentraciones letales (LC50) variaron entre 178 a 400  $\mu\text{g/L}$  (Beckmann, 1994; Burridge & Zilko, 2002). Efectos negativos a nivel comunitario se encontraron a concentraciones de 30  $\mu\text{g/g}$  en sedimentos marinos, con pérdida de diversidad de especies de la infauna Antártica (Stark *et al.*, 2003) (Tabla 1.8).

El cobre tiene una tasa de liberación de 10 a 20  $\mu\text{g/cm}^2/\text{día}$ , según Lovegrove (1979). Sin embargo, estudios más recientes indican valores entre 25 y 40  $\mu\text{g/cm}^2/\text{día}$  (Brooks, 2000; Macleod & Eriksen, 2009).

Finalmente, cabe mencionar que en un centro de cultivo de salmónidos, el cobre es constituyente tanto de las pinturas AF como del alimento suministrado a las especies cultivadas (Burridge *et al.*, 2010). Según Lorentsen *et al.* (1982), las dietas comerciales para salmones en Noruega son suplementadas con cobre en concentraciones que fluctúan entre los 3,3 a 33  $\text{mg/kg}$  de alimento, mientras que en países de Europa, las concentraciones registradas fluctúan entre 5 y 95  $\text{mg/kg}$  de alimento.



## Biocidas potenciados

### ○ Irgarol 1051®

El [2-metil-4-terbutilamino-6-ciclopropilamino-s-triazina] es un herbicida (Dafforn *et al.*, 2011) (Tabla 1.9). Afecta principalmente a organismos fotosintéticos, reduciendo el crecimiento y fotosíntesis en el pasto marino *Zostera marina* a concentraciones de 0,5 µg/L (Cheswoth *et al.*, 2004) y el crecimiento en algas a una concentración de 0,23 µg/L (Tolhurst *et al.*, 2007). No se encontraron referencias de concentraciones letales (Tablas 1.8 y 1.9). Por otra parte, el Irgarol 1051 ® tiene una solubilidad de 7 mg/L y una tasa de liberación de 5 µg/cm<sup>2</sup>/día. Desde el punto de vista de la degradación, al igual que el Diuron, tiene una alta persistencia en el medioambiente, con una vida media de 100 días, reduciéndose en un 4%, luego de 42 días (Omae, 2003).

### ○ DCOIT (Sea Nine 211®)

El DCOIT [4,5-dicloro-2-n-octil-4-isotiazolin-3-uno] es un herbicida (Dafforn *et al.*, 2011) (Tabla 1.9). Entre los efectos de este biocida se encuentra la toxicidad en embriones de equinodermos (Kobayashi & Okamura, 2002) y tunicados (Bellas, 2006). Se ha observado además, inmovilidad de embriones y larvas de moluscos (US EPA, 2000; Bellas, 2006). Otro efecto encontrado es la inhibición del asentamiento en larvas de tunicados (Bellas, 2006) y la mortalidad de crustáceos (Willemsen *et al.*, 1998; Jacobson & Willingham, 2000) y teleósteos (US EPA, 2000) (Tabla 1.9). No se encontraron concentraciones referenciales letales y subletales. El DCOIT experimenta una degradación biótica en condiciones tanto aeróbicas como anaeróbicas, 200 veces más rápida que la hidrólisis o fotólisis (Callow & Willingham, 1996; Jacobson & Willingham, 2002; Thomas & Brooks, 2010). Este biocida tiene una vida media en el agua de mar menor a 24 horas, reduciéndose en un 100% a los 42 días. También presenta una solubilidad de 14 mg/L y una tasa de liberación de 2,9 µg/cm<sup>2</sup>/día Omae (2003).

### ○ Clorotalonil

El Clorotalonil [2, 3, 5, 6-tetracloro-4-metilsulfonyl piridina] es un fungicida (Dafforn *et al.*, 2011) (Tabla 1.9). El principal efecto del clorotalonil es la mortalidad en crustáceos (Armstrong *et al.*, 1976; Mayer, 1987), moluscos (Ernst *et al.*, 1991) y teleósteos (Davies & White, 1985; Mayer, 1987; Yokoyama *et al.*, 1988; Davies *et al.*, 1994; Montforts, 1999) (Tabla 1.9). También se ha encontrado toxicidad en embriones de moluscos y tunicados (US EPA, 2000; Bellas, 2006) (Tabla 1.8). Las concentraciones subletales tóxicas de este compuesto varían entre 1,1 a 1,4 µg/L en bioensayos específicos para peces (Tsuda *et al.*, 1992) (Tabla 1.8). En cuanto a las concentraciones letales (LC50), éstas variaron entre 76 µg/L y 200 µg/L (Ernst *et al.*, 199) (Tabla 1.8).

En cuanto a la degradación de éste compuesto, tiene una vida media en el agua de mar de 1,8 días, reduciéndose en un 100% en un tiempo de 42 días (Omae, 2003).



- Piritiona de Zinc

El [bis,1 hidrox-2(1H)-piridinetion-a-o,s)-(T-4)zinc] es un microbicida (Dafforn *et al.*, 2011) (Tabla 1.9). En teleósteos, tiene efectos tóxicos en embriones (Sánchez-Bayo & Goka, 2006) y efectos teratogénicos (o efectos adversos morfológicos, bioquímicos o de la conducta causados durante la vida fetal y detectados en el momento del parto o más tardíamente) (Goka, 1999). No se encontraron valores de concentraciones referenciales letales y subletales. Este compuesto tiene una solubilidad de 8 mg/L y una tasa de liberación 3,3 mg/L (Omae, 2003). En cuanto a la degradación en el medioambiente menor a 24 horas, al igual que el DCOIT.

- Zineb

[zinc etilenbis-(ditiocarbamato)] es un fungicida (Dafforn *et al.*, 2011) (Tabla 1.9). Presenta toxicidad en embriones de peces (van Leeuwen *et al.*, 1986). No se encontraron valores de concentración letal y subletal. Este compuesto tiene una solubilidad entre 0,07 - 10 mg/L y con una vida media en el agua de mar de 96 horas (Omae, 2003).

- Diuron

[1-(3,4-diclorofenil)-3,3-dimetilurea] es un herbicida (Dafforn *et al.*, 2011) (Tabla 1.9). Las concentraciones máximas reportadas para este biocida se encuentran en un rango de 0,26 a 6,7 µg/L en la columna de agua mientras en el sedimento, varió entre <0,01 a 1,42 µg/g (Dafforn *et al.*, 2011). Presenta toxicidad en la reproducción de algas (Backhaus *et al.*, 2004) y reduce la eficiencia fotosintética y crecimiento del pasto marino *Zostera marina* a concentraciones de 0,5 µg/L (Chesworth *et al.*, 2004) (Tabla 1.8). No se encontraron concentraciones letales de referencia. Tiene una solubilidad de 35 mg/L y una tasa de liberación de 3,3 µg/cm<sup>2</sup>/día. En cuanto a la degradación de éste biocida tiene un porcentaje de reducción menor al 1%, siendo persistente en el medioambiente.

- TCMS Piridina

TCMS [Piridina 2, 3, 5, 6-tetracloro-4-metilsulfonil piridina] es un fungicida (Dafforn *et al.*, 2011) (Tabla 1.9). Tiene efectos inmunotóxico o inmunosupresores en tunicados (Menin *et al.*, 2008) (Tabla 1.9) a concentraciones mayores de 10 µM. No se encontraron referencias de concentraciones letales y de degradación en el medio marino. Tiene una tasa de liberación de 0,6 mg/cm<sup>2</sup>/día (Omae, 2003).



#### **4.2. Objetivo Específico 2.2.2. Recopilar la información disponible, bibliográfica y/o de proyectos, internacional, referentes a la normativa en acuicultura especificada para el uso de compuestos de los anti-incrustantes.**

##### **4.2.1. Identificación de instrumentos regulatorios y disposiciones legales internacionales sobre la utilización de anti-incrustantes en acuicultura.**

Los instrumentos regulatorios internacionales vinculados al uso de pinturas anti-incrustante en acuicultura incuestionablemente derivan del problema global de uso de ingredientes activos nocivos (e.g., TBT, cobre, entre los más importantes) en los productos formulados para su aplicación en cascos de embarcaciones marítimas de transporte y recreo. Su masificación ha impactado en comunidades de organismos marinos aledaños a zonas de embarque e incluso han causado importantes perjuicios económicos en las pesquerías de recursos bentónicos de interés comercial (OMI, 1999).

A continuación, se detallan los esfuerzos comunitarios y de los países por regular el uso de biocidas/pesticidas en pinturas antiincrustantes en general, con especial énfasis en aquellos países con mayor en acuicultura de peces. En estos últimos, se encontraron regulaciones específicas en dos puntos: 1) uso de pinturas anti-incrustantes en base a biocidas autorizados y 2) concentraciones de cobre en el sedimento marino en base a estándares de calidad del sedimento en seguimientos ambientales obligatorios para centros de cultivo de peces. Además se incluye organismos internacionales, en los que Chile participa, que proponen políticas de regulación de pinturas anti-incrustantes en general,

#### **Países de la Unión Europea (EU)**

Actualmente, los miembros de la Unión Europea corresponden a 27 países: Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, República Checa, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, Rumanía y Suecia (ver Tabla 1.10). La Unión Europea establece un marco normativo para la comercialización de los biocidas a fin de garantizar un nivel elevado de protección para los seres humanos y el medio ambiente. Así como, en el correcto funcionamiento del mercado común, a través de la directiva de productos biocidas N° 98/8/CE (BDP). En el marco de esta directiva la Unión Europea centró su trabajo en tres puntos principales: 1) autorización y comercialización de biocidas en los estados miembros, 2) el reconocimiento mutuo de autorizaciones dentro de la Comunidad y 3) la elaboración de una lista de alcance comunitario de sustancias activas que pueden utilizarse en los biocidas. Dentro de éste documento, las pinturas anti-incrustantes están claramente señaladas como subgrupo N°21 dentro del grupo principal "otros biocidas" (ver Tabla 1.11). Los productos que desean ingresar a este mercado, deben cumplir con una rigurosa evaluación de los requisitos exigidos en dicha normativa, generándose un registro oficial (Anexo I y IA, Tabla 1.10). En tanto, los productos que ya se encontraban en el mercado o que deseaban ingresar y no cumplieron con la exigencia de la nueva normativa han sido retirados de dicho mercado o no se les ha permitido ingresar, quedando en el registro oficial como no incluido en





el anexo I y IA (Tabla 1.10). Cabe señalar que el óxido cuproso no se encontró en ninguna de los dos anexos (I y IA), por lo que se infiere que no ha sido evaluado aún. Por otra parte, se señala que bajo esta normativa, el Diuron, utilizado como biocida secundario en pinturas anti-incrustantes, aparece listado como no esta autorizado.

Actualmente, la regulación del Parlamento y Consejo Europeo N° 528/2012 (Tabla 1.10) mejora la eficiencia en la introducción y uso de los productos biocidas con los mismos estándares de exigencia de salud ambiental y humana. Este documento deroga y sustituye la Directiva 98/8/CE, siendo aplicable a partir del 1 de septiembre de 2013. El nuevo Reglamento también mejora una serie de deficiencias que se identificaron durante los 11 años de aplicación de la Directiva 98/8/CE.

Finalmente, según la legislación comunitaria, los barcos revestidos con AF de compuestos órgano-estánicos (“OTC”) no están autorizados a entrar en puertos de la EU. Los anti-incrustantes OTC no se deben aplicar a buques en los astilleros de la EU y sobre todo, buques que enarbolan el pabellón de un país de la EU (Tabla 1.10).

A continuación, se destacan los principales organismos y legislaciones específicas del uso de pinturas antiincrustantes en países de la Unión Europea.

- Dinamarca

La legislación de los biocidas se fiscaliza a través de la agencia de Protección Ambiental (EPA) del Ministerio de Medio Ambiente de Dinamarca (<http://www.mst.dk/English>). El uso de biocidas esta regulado por la Directiva de Biocidas de la EU. Sin embargo, si la sustancia activa esta bajo la evaluación de la comunidad europea y quiere ser introducida en el mercado danés, entonces es sujeto al antiguo esquema nacional de autorización en el periodo de transición (Tabla 1.10).

- Escocia

Al igual que Chile, este país es uno de los líderes mundiales en la producción de salmonídeos. Para la regulación ambiental del sector acuícola y otros sectores productivos del país, existe la agencia escocesa de protección del medio ambiente (SEPA, <http://www.sepa.org.uk>), que es un organismo público. Dentro de sus funciones se encuentra la regulación de las actividades económicas que pueden causar contaminación dañina al medioambiente a través del control de la calidad del aire, la tierra y el agua de Escocia. También, la publicación de una amplia gama de informes ambientales de acceso público. Entre estas publicaciones, se encuentra la cantidad (kg) de óxido de cobre utilizado en la industria del salmón desde el año 2003 (Burridge *et al.*, 2010). Actualmente, esta agencia cuenta con un manual de cultivo de peces (Fish Farm Culture, Tabla 1.10). En este manual se detalla claramente las marcas autorizadas de pinturas anti-incrustantes en la industria del salmón (descrito como Permitted Substances Working Plan, Tabla 1.10), actualizada a abril del 2011 y que alcanza a un número de 7. La mayoría en base a cobre como ingrediente activo. También se señala que tanto la concentración del compuesto activo y la aplicación de estas pinturas, entre otros puntos,



se encuentra en la especificaciones técnicas del fabricantes (*i.e.*, en la fichas técnicas y de seguridad de los productos).

Según Wells (2007), en el Reino Unido los tratamientos químicos de anti-incrustantes se evalúan de acuerdo a la unidad de evaluación de biocidas y plaguicidas (BPU), de la Sección de Registro de Plaguicidas de la Dirección de Salud y Seguridad (HSE, Tabla 1.10), que da la aprobación para usos específicos según la regulación de Control de Pesticidas de 1986. El HSE está revisando actualmente los tratamientos anti-incrustantes en base a cobre debido a la introducción de la Directiva de la UE sobre biocidas 98/8/CE. SEPA ha desarrollado una herramienta regulatoria, llamada la zona permitida de efectos (AZE), para controlar el grado y extensión espacial del impacto de balsas-jaulas marinas en el sedimento. Esta zona se establece a 25 m desde el perímetro de la balsa-jaula. El criterio de calidad de sedimento (SQC) se ha establecido para un rango de indicadores incluyendo índices de comunidad, residuos médicos y metales. Dentro de la AZE, el más alto nivel de SQC para cobre es de 270 mg/kg (=270 µg/g) mientras que para el zinc es de 410 mg/kg, indicando impactos bentónicos que son “probablemente adversos”. En tanto, un nivel más bajo de SQC, 108 mg/kg para cobre y 270 mg/kg para zinc, representa impactos bentónicos que son potencialmente problemáticos (Dean *et al.*, 2007).

- Suecia

La Agencia Sueca de Productos Químicos (KEMI), dependiente del Ministerio de Medio Ambiente, responsable de garantizar un medio ambiente libre de tóxicos. Su importancia radica en que no sólo ha fomentado la elaboración de normas y leyes en Suecia sino que también en la Unión Europea y en todo el mundo. Dado que la legislación sobre productos químicos está armonizada dentro de la Unión Europea, buena parte del trabajo de KEMI tiene lugar en el marco de ésta. Respecto al uso de pinturas anti-incrustantes está relacionada al uso de embarcaciones embarcaciones y no a la acuicultura. Por tanto, existe una lista de marcas comerciales autorizadas y no autorizadas para su uso por público general en embarcaciones de recreo y por profesionales en embarcaciones de mayor envergadura o buques (Tabla 1.10). En noviembre de 2011 la KEMI aprobó el uso de pinturas anti-incrustantes en base a cobre en el mar Báltico, pese a la sensibilidad que tiene este ambiente. La característica de estos productos es que tienen una baja lixiviación y una concentración de óxido cuproso de 8,5%. Por otro lado, esta agencia también está restringiendo el uso de pinturas que contienen altas concentraciones de óxido de zinc, ya que, al igual que el cobre, se considera un compuesto tóxico para los organismos acuáticos (<http://www.kemi.se/en/Content/News/Possible-ban-on-certain-antifouling-paints-containing-zinc-oxide/>).



## **Países Europeos no miembros de la Unión Europea**

- Noruega.

Noruega es el líder mundial en producción de salmónes. Según la publicación *Estrategias de la Industria de Acuicultura Noruega para un Medio Ambiente Sostenible* (Tabla 1.10; <http://www.fisheries.no>), señalan que la descarga de químicos y preservantes ricos en cobre tienen efectos indeseables en el medio ambiente, concentrándose en el fondo marino y en la cadena alimentaria, siendo dañinos para especies sensibles como los moluscos. Es por esto, que la política de este país es reducir estas sustancias y estimular alternativas y métodos más eco-amigables. Actualmente este país ha pesar de no ser parte de la Comunidad Europea, ha adoptado las políticas reguladoras de la directiva de productos biocidas de la Unión Europea (Tabla 1.10). Su homologación en las leyes noruegas es a través de la Regulación Noruega de Biocidas de la Agencia de Clima y Contaminación (<http://www.klif.no>).



## America del Norte

- Canadá

El registro de pinturas antiincrustantes utilizadas en acuicultura es manejado por la Agencia Regulatoria de Manejo de Plagas (PMRA), dependiente de Canada Saludable (HC, Tabla 1.10). Esta agencia administra la acta de productos que controlan plagas (PCPA), la cuales regulan la venta, fabricación, uso e importación de productos que controlan plagas. Dentro de esta regulación, los productos que son aplicados, entre otros, a estructuras usadas en acuicultura para propósitos de control de plagas, son considerados como pesticidas (Tabla 1.10). Por otro lado, los productos que son administrados en alimentos o inyectados en animales son considerados drogas veterinarias y son cubiertos bajo la Acta de Alimentos y Drogas (FDA) y el Acta de Protección del Medio Ambiente Canadiense (CEPA). En la asamblea legislativa de British Columbia, en un especial comité en acuicultura sustentable (2007) (Tabla 1.10), se sugiere que los productos anti-incrustantes registrados para uso en redes de cultivo de peces, sean prohibidas para proteger el medio ambiente marino (en el plazo de un año) y se solicita que la industria continúe sus esfuerzos hacia alternativas de manejo de pestes. Actualmente, la PMRA tiene registrado cinco productos antiincrustantes para acuicultura, los cuales utilizan oxido cuproso como ingrediente activo (Tabla 1.10; Courtney, 2008). No se encontró información sobre otros biocidas o co-biocidas utilizados en pinturas anti-incrustantes, la información apunta solo al óxido cuproso como pesticida. Los anti-incrustantes a base de cobre deben tener una tasa de liberación máxima diaria que no exceda de 40 microgramos por centímetro cuadrado por día (Watermann *et al.*, 2004). Según la regulación ambiental del cultivo de peces de Canadá ("Ministry of Environment Finfish Aquaculture Waste Control Regulation", Tabla 1.10), actualmente el cobre y el zinc son monitoreados en los sedimentos blandos.

- USA

Las pinturas anti-incrustantes que contienen biocidas estan dentro de la categoría de plaguicidas. Todos los productos utilizados dentro de USA, importados o transportados a través de fronteras estatales deben ser registrados a nivel federal, así como en los estados que han de ser utilizado. El registro de productos plaguicidas se hace en el gobierno federal por la Agencia de Protección Medio Ambiental (EPA). El gobierno estatal puede implementar restricciones y no registrar pinturas que ya están registradas a nivel federal, pero no puede cambiar los requisitos de etiquetado. La ley que rige el manejo de las pinturas anti-incrustantes en los USA es el Acta Fedederal de Insecticida, Fungicida y Rodenticidas (FIFRA). El registro de plaguicidas y procedimientos de clasificación se pueden encontrar en el Código de Regulaciones Federales (CFR 152, Tabla 1.10). La mayoría de las pinturas antiincrustantes registradas contienen alguna forma de cobre como el principal ingrediente activo con otros co-biocidas como Sea-Nine, Irgarol o Piritiona de Zinc, los cuales estan autorizados (Watermann *et al.*, 2004).



## Oceanía

- Australia

El registro de productos plaguicidas se hace por el gobierno federal a través de la Autoridad Australiana de Pesticidas y Medicina Veterinaria (APVMA, Tabla 1.10) El gobierno estatal es responsable de controlar el uso de estos productos registrados. Dos veces al año se reúne con el APVMA gobierno estatal representantes para discutir áreas de interés en un comité de enlace de registro. Según Watermann *et al.* (2004), el óxido cuproso, tiocianato cuproso y tiram están registrados, pero no se ha evaluado en su totalidad. Desde el 2004, el Diuron fue descontinuado en el sistema actual. Otros biocidas como Sea-Nine 211, Zineb, Irgarol, Clorotalonil y Piritiona de Zinc, están registrados, pero en proceso de aprobación para su uso como AF.

- Nueva Zelanda

Según la página oficial de acuicultura en Nueva Zelanda (Tabla 1.10) Este país tiene una acuicultura emergente, cultivando sólo una especie de salmón (*Oncorhynchus tshawytscha* o "king salmon"). Respecto de esta actividad, están conciente de los efectos ecológico en el medio ambiente respecto al efecto acumulativo del cobre, luego del uso de pinturas antiincrustantes en base a este metal. Según un reporte sobre los efectos ecológico del cultivo de peces en este país (Tabla 1.10), preparado por el Ministerio de Pesquería, reveló que en centros de cultivo de salmón en Marlborough Sounds existieron altos niveles de cobre a nivel local (~ 70 a 265 mg/kg), que superó los niveles establecidos en sedimentos para "posible" efectos ecológicos (65 mg/kg) según la Guía para la calidad de agua dulce y marina de Australia y Nueva Zelanda (2000) (Tabla 1.10). Actualmente, las empresas de salmones, activamente estan minimizando el uso de pinturas antiincrustantes y limpiando manualmente. Además, se están realizando investigaciones tendientes a buscar nuevos tratamientos antiincrustantes como una alternativa a las pinturas AF basadas en cobre.

## Organizaciones internacionales

Las organizaciones que se detallan a continuación se encontraron en forma recurrente en la búsqueda de información online sobre pinturas antiincrustantes.

- Organización Marítima Internacional (OMI)

La OMI es el único organismo especializado de las Naciones Unidas con sede en el Reino Unido. Actualmente (noviembre de 2009) está integrada por 169 Estados Miembros (en que se incluye Chile) y tres Miembros Asociados. El órgano rector de la OMI es la Asamblea, que se reúne una vez cada dos años. Los objetivos generales de la OMI se recogen en el lema "Una navegación segura, protegida y eficiente en mares limpios".



La OMI ha fomentado la adopción de unos 50 convenios y protocolos, así como más de 1.000 códigos y recomendaciones sobre seguridad y protección marítimas, prevención de la contaminación y otras cuestiones conexas. Uno de estos convenios internacionales tiene relación al control de los sistemas anti-incrustantes perjudiciales para buques en el 2001. El Convenio entró en vigor el año 2008 y prohíbe el empleo de organoestaños perjudiciales en las pinturas antiincrustantes para buques, y establecerá un mecanismo para evitar un posible uso futuro de otras sustancias perjudiciales en sistemas anti-incrustantes (Tabla 1.10). Sin embargo, Chile no ha ratificado este convenio internacional (Tabla 1.10).

- The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

La Organización de desarrollo y cooperación económica esta integrada por 34 países, donde Chile es miembro desde el año 2010. Esta organización tiene actualmente el Programa de la OCDE biocida, cuyo objetivo es lograr un enfoque armonizado en la regulación de los biocidas en todos los países de la OCDE. La OCDE está trabajando así en la armonización de los requisitos de los datos principales de los biocidas y las metodologías para la interpretación de estos datos. Los proyectos actuales frente a la armonización tiene como ámbitos: la estimación de las emisiones ambientales (Tabla 1.10), métodos de prueba para biocidas y pruebas de eficacia y evaluación. La identificación de biocidas eficaces y de bajo riesgo se está convirtiendo en otro importante elemento de trabajo de la OCDE (Tabla 1.10).

#### **4.2.2. Recopilación y sistematización de la normativa nacional vigente sobre el uso de anti-incrustantes.**

En un marco general, la legislación nacional sobre contaminación acuática abarca desde la Constitución Política del Estado, la que en el artículo 19, N°8, y establece el derecho de las personas a vivir en un medio ambiente libre de contaminación.

Se analizó el marco legal, reglamentario y técnico que regula la actividad de acuicultura desde el punto de vista ambiental. Así como, del manejo, transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas. En dicho análisis se incluyó la normativa vigente en la autorización y uso de plaguicidas en Chile por parte del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), dependiente del Ministerio de Agricultura (Tabla 1.11).

Del análisis preliminar, se seleccionó aquella normativa relacionada específicamente al uso de pinturas anti-incrustantes en 2 niveles: 1) Producto: asociado a la importación, manejo, traslado y almacenamiento de sustancias peligrosas y, 2) Uso del producto: asociado a la impregnación de redes de cultivo en los talleres de redes y disposición de dichas redes en los centros de cultivo.



## 1). Producto

No existe un registro oficial de pinturas anti-incrustantes que utilizan biocida autorizadas para importación o fabricación en Chile, a pesar de su formulación utilizan compuestos biocida. En el acta de inspección de la vigilancia ambiental y sanitaria de salmones (monitoreado por Sernapesca, Anexo 3.5, en lo que refiere a aspectos ambientales del centro de cultivo (*i.e.*, en cumplimiento del D.S. N°320/2001), en el apartado 9 (III) se pregunta si el lavado *in-situ* se realiza con redes impregnadas con anti-incrustantes “permitidos” y bajo una resolución de la autoridad marítima (Anexo 3.5). La Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (Directemar) en el marco de la Ley de Navegación (D.L. N°2.222/78) en su artículo 142 vela por el no vertimiento de Substancias Nocivas en el territorio nacional. Además a través del Programa de Control de Contaminación Acuática, pone a disposición de los usuarios 2 documentos: 1) Requisitos para autorización de desinfectantes, detergentes, fungicidas y otros; y 2) Listado de desinfectantes, detergentes, fungicida y otros. Ambos, basado en la lista oficial del Instituto de Salud Pública en lo que respecta a desinfectantes (Tabla 1.11). Si bien el óxido cuproso (principal biocida de las pinturas comercializadas en Chile) se reconoce como fungicida (además de su acción como alguicida, bactericida y molusquicida) (Tabla 1.9), no se encuentra dentro del documento 2 de los fungicidas autorizados por la Directemar (Tabla 1.11).

Cabe mencionar que Chile existen dos instituciones que disponen registros de pesticidas (plaguicidas): El Instituto de Salud Pública (ISP), cuya información se basa en el D.S. N° 157/07, regula el uso de pesticidas de uso sanitario y doméstico (Tabla 1.11). La otra institución corresponde al Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) que regula el uso de plaguicidas de uso agrícola y veterinario a través de la Resolución N°3.670/1999, relacionado a la normativa para la evaluación y autorización de plaguicidas; y la Resolución N°1.038/2003 que dice relación con el procedimiento de fiscalización de plaguicidas de uso agrícola (Tabla 1.11). Sin consideración si el óxido cuproso y otros biocidas de uso en acuicultura pudieran encasillarse como pesticida o plaguicida, tampoco fue parte del listado oficial del Instituto de Salud Pública (ISP) o del SAG.

Finalmente, en el portal del SERNAPESCA ([www.sernapesca.cl](http://www.sernapesca.cl)) se menciona lo siguiente: “El registro y autorización de productos farmacéuticos de uso exclusivamente veterinario es atribución del SAG. No obstante, mediante un convenio de cooperación Interinstitucional, Sernapesca se pronuncia respecto a las solicitudes presentadas, en particular sobre la pertinencia epidemiológica de los productos farmacéuticos veterinarios de uso acuícola. Además, Sernapesca apoya al SAG en otras materias técnicas que le sean requeridas”. Por tanto, se evidencia que en el ámbito de la acuicultura, el SAG tiene sólo el registro y autorización de productos farmacéuticos de uso veterinario.

En forma paralela, se revisó la normativa vigente registrada en la ficha de seguridad de las marcas de pinturas anti-incrustantes comercializadas en Chile. Al respecto, algunas marcas no presentaron información (*e.g.*, Aquanet CCT, Aquanet LG100, Reall WS, Quipsal 2000, Ecoquipsal Acuoso, Hempanet 7150/A Solignum 7C1-2 y Solignum 7C1-6) y) y la información deslindada corresponde



principalmente a ocho marcas de pinturas, dos en base a agua (A/F Base Agua y Econet 1500 SB) y seis en base a solvente (A/F Base solvente, Biodeg®, Reall WS, Norimp 1500, Norimp 2000 CH y Econet RF) (Tabla 1.12). No existe un criterio claro de la reglamentación base que debieran tener las pinturas y luego de esto, lo que debieran cumplir las pinturas en base a solvente y agua. Al menos todas debieran cumplir la Norma Chilena 2245/2003 relacionada a “Distintivos para identificar riesgos”. Sin embargo del total, solo tres pinturas presentan esta regulación (Norimp1500, Norimp 2000 CH y Econet RF). En cuanto a las pinturas en base a agua, las dos presentan el D.S. N°594/1994 “Reglamento de las condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo” y la Norma chilena N°2190/2003 “Identificación de Riesgos de sustancias peligrosas”. Las diferencias se concretan en la Normachilena N°382 “Sustancias peligrosas - terminología y clasificación general” y el D.S. N°298/1994 “Reglamento transporte de cargas peligrosas por calles y caminos” presentada solo en la ficha de seguridad de la marca Econet 1500 SB (Tabla 1.12). El etiquetado para estas pinturas corresponde a un producto en base a agua, no clasificada como peligroso (Tabla 1.12). En cuanto a las pinturas en base a solvente, todas comparten las reglamentaciones NCh N°382 y D.S. N°298/1994 para luego incorporar algunos o la mayoría, los siguientes reglamentos: la NCh N°2190/2003, el D.S. N°594/1994, el D.S. N°148/2003 “Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos”, la norma chilena N°2120/3 “Norma oficial grupo n° 3 líquidos inflamables”, la norma chilena N°2245/2003 “Distintivos para identificar riesgos” y el D.S. N°78 “Reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas”. El etiquetado de las pinturas en base a solvente corresponde a líquido inflamable, clase 3.

## 2).- Uso del producto

En cuanto al uso del producto, se recopiló la normativa vigente a nivel de talleres de redes y centros de cultivos, lo cual se detalla a continuación.

### a). Taller de Redes

A partir de 1986, comenzaron a funcionar los primeros talleres de redes con el objetivo de dar servicio de diseño, construcción, lavado, reparación e impregnación con pinturas anti-incrustantes. El D.S. N°320/2001 “Reglamento Ambiental para la Acuicultura”, en el Art. 9 modificado señala que: “La limpieza de los artes de cultivos y los lavados de redes con o sin anti-incrustantes se deberá realizar en instalaciones que traten sus efluente de acuerdo con las normas de emisión, sin perjuicio de lo dispuesto en el inciso 3° de este reglamento.”...”No obstante lo dispuesto en el inciso primero, el lavado *in situ* sólo podrá efectuarse en centros ubicados en el mar y siempre que las artes de cultivo no hubieren sido impregnadas con anti-incrustantes que contengan como productos activos elementos tóxicos no degradables o bioacumulables. Las condiciones respectivas serán establecidas por resolución de la Autoridad Marítima” (D.L. N°2222 “Ley de Navegación”). En este sentido, siendo los Talleres de redes las únicas entidades autorizadas para el lavado de redes impregnadas con pinturas anti-incrustantes, debe cumplir con la normativa vigente asociada a la ley de Bases del Medio Ambiente (N°19.300, modificada por la ley N°20.173/2007), el reglamento





N°95/2001 y sus modificaciones, que precisa el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y el D.S. N°40/1991 y sus modificaciones “Ley General de Pesca y Acuicultura”. Además de las mencionadas disposiciones generales, también existen disposiciones específicas, algunas de las cuales tienen relación directa con el uso de pinturas anti-incrustantes como es el D.S. N°90/2001 “Regula norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales”, que señala un límite máximo permitido para la descarga de cobre total en residuos líquidos a cuerpos de agua marinos de 1 mg/L dentro de la zona de protección del litoral y de 3 mg/L fuera de dicha zona. Por otro lado el D.F.L N° 725/1967 “Código Sanitario”, que regula la emisión de residuos sólidos, el D.S. N°609/1998 “Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillados”. Además, en cuanto al manejo de las pinturas en los Talleres de Redes, se identifican el D.S. N°148/2003 “Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos”, el D.S. N°78 “Reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas” y el D.S. N°594/1994 “Reglamento de las condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo” (Tabla 1.11). Cabe destacar que desde el año 2001 se funda la Asociación de Talleres de Redes y Servicios Afines (<http://www.atared.cl>). En la actualidad la integran 10 empresas que representan más del 50% de esta industria de servicios en la Región de Los Lagos y cuya principal misión fue estandarizar criterios y adquirir tecnologías para el cumplimiento de la normativa vigente. En este sentido, en el año 2004 esta organización firma un acuerdo de producción limpia (Atared, 2012)

#### b) Centro de Cultivo de Salmónidos

El D.S. N°320/2001 y sus modificaciones (Tabla 1.11), descrito antes para los talleres de redes, restringe en centros de cultivo, el lavado *in situ* (como en plataformas flotantes) de redes que hayan sido impregnadas con pinturas anti-incrustantes. El cumplimiento de esta restricción se realiza por medio del Programa de Vigilancia Ambiental y Sanitaria de Sernapesca, mencionado en el punto 1. Este mismo decreto señala que “el transporte marítimo, fluvial y lacustre de las artes de cultivo deberá realizarse en contenedores que impidan el escurrimiento de líquidos o desprendimiento de material”.

Además de ésta normativa, los últimos controles en el proceso productivo de los salmonídeos que pudieran incluir a los componentes de las pinturas anti-incrustantes, tiene relación con el producto final para consumo humano nacional y de exportación. En este sentido se encuentra el Programa de Control de Fármacos (FAR) de Sernapesca, basado en la resolución N°1462/1999 (la cual “Fija los límites máximos de residuos de medicamentos en alimentos destinados al consumo humano, y sus modificaciones”) y la normativa internacional. En esta normativa se fijan los límites máximos permitidos de productos farmacéuticos, contaminantes y sustancias prohibidas y no autorizadas (Tabla 1.11). Otra fiscalización por parte de Sernapesca es a través de la norma técnica N°3 del “Programa de Certificación (CER)”, en que sólo se fijan límites máximos de concentración en carne de pescado para los metales pesados de plomo, cadmio y mercurio. Finalmente, el D.S. N°977/1996 del Ministerio de Salud “Reglamento Sanitario de los Alimentos”, fija límites máximos de



concentración en carne de pescado para los metales pesados de mercurio, plomo y arsénico. El cobre, pudiendo estar clasificado como metal pesado u otra sustancia, no presenta regulación alguna en las normativas revisadas.

#### 4.2.3 Análisis crítico del marco regulatorio actual.

Muchos países han reforzado su propia legislación nacional respecto al uso de biocidas en pinturas antiincrustantes. La Directiva de Productos Biocidas de la Comunidad Europea esta revisando todos los biocidas de pinturas antiincrustantes Europeos, con el propósito de armonizar la legislación entre países y controlar la producción, mercado y uso de productos biocidas, para la protección de humanos y el medio ambiente. Para eliminar gradualmente el uso tradicional de pinturas basadas en metales pesados como el cobre, la tendencia general en investigación y desarrollo de antiincrustantes se ha desplazado a la creación de agentes que son tanto efectivos y medio ambientalmente benignos, como una consecuencia de su química (no tóxica) o sus propiedades físicas (pinturas “fouling release” y que no lixivian biocidas) (Fitridge *et al.*, 2012).

Del análisis internacional, se destaca que la liberación de antiincrustantes dentro del medio ambiente marino y sus efectos en la calidad del agua esta siendo controlado por regulaciones de descarga de desechos en varios países, especialmente en aquellos que presentan acuicultura de peces.

Si bien Sernapesca junto a la Directemar vigilan el cumplimiento de la normativa chilena relacionada al uso de pinturas anti-incrustantes en acuicultura, no existe un registro oficial de pinturas AF utilizadas en el país. Así como, centros de cultivo que estén utilizando estas pinturas AF. En este último punto, la Directora Regional de Sernapesca señala que “no tiene un marco regulatorio para exigir a los centros de cultivo de salmónidos que reporten la impregnación de sus redes” (Anexo 3.6). Por otro lado el SAG, que mantiene un convenio interinstitucional con Sernapesca, señala que “no existe una regulación en la importación y fiscalización de pinturas anti-incrustantes en Chile y que debiera consultarse a Sernapesca, en virtud que en esta institución regulan el tema de acuicultura” (Anexo 3.7).

Otro punto no menos importante es la clasificación de las pinturas anti-incrustantes. Por un lado, la Directemar bajo el Programa de Control de Contaminación Acuática, autoriza el uso de desinfectantes, detergentes, fungicidas y otros; no encontrándose las pinturas AF en ninguna categoría, a pesar que el óxido cuproso está catalogado como fungicida. Además de sus propiedades alguicidas, bactericidas y molusquicidas. Cabe señalar que los desinfectantes están incluidos en la lista oficial del ISP, una de las instituciones en Chile que tienen una lista oficial de pesticidas (plaguicidas). La otra institución es el SAG, que en acuicultura, regula el registro y autorización de productos farmacéuticos de uso exclusivamente veterinario, por lo que las pinturas AF tampoco están consideradas. En este punto, conviene debatir que se entiende como pintura AF y como debiera considerarse. En un simple ejercicio comparativo entre la legislación de la Comunidad Europea (Directiva N°98/8/CE relativa a la comercialización de biocidas, que contempla 27 países) y



la legislación chilena, la primera gran diferencia que se evidencia es que las pinturas AF están señaladas claramente como “productos anti-incrustantes” dentro del grupo “otros biocidas” (Tabla 1.13). El gran grupo de los biocida incluye a “Sustancias activas y preparados que contienen una o más sustancias activas, presentados en la forma en que son suministrados al usuario, destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo nocivo por medios químicos o biológicos”. Otros tres grupos que contempla esta legislación corresponden a: “desinfectantes y biocidas generales”, “conservantes” y “plaguicidas”. En cuanto a la legislación chilena, el contexto esta en torno a los pesticidas y/o plaguicidas (Tabla 1.13). El ISP no diferencia entre plaguicida o pesticida, señalando lo siguiente: “plaguicida o pesticida es cualquier sustancia, mezcla de ellas o agente destinado a ser aplicado en el medio ambiente, animales o plantas, con el objeto de prevenir, controlar o combatir organismos capaces de producir daños a personas, animales, plantas, semillas u objetos inanimados”. Por otro lado, el SAG sólo se refiere a plaguicidas, definiéndolo como: “compuesto químico, orgánico o inorgánico, o sustancia natural que se utilice para combatir malezas, enfermedades o plagas potencialmente capaces de causar perjuicios en organismos u objetos. Se entenderá cada producto formulado y las sustancias activas con las que se formulan, con aptitudes insecticidas, acaricidas, nematocidas, molusquicidas, rodenticidas, lagomorficidas, avicidas, fungicidas, bactericidas, alguicidas, herbicidas, defoliantes, desecantes, fitorreguladores, coadyuvantes, antitranspirantes, atrayentes, feromonas, repelentes, y otros que se empleen en las actividades agrícolas y forestales” (Tabla 1.13). Bajo este contexto, la normativa para la regulación de las pinturas AF en Chile debiera contar con una comisión evaluadora con integrantes de la Subpesca, Sernapesca, SAG y Directemar, para la discusión de al menos dos alternativas, que a continuación se presentan:

- 1) La revisión de la definición de plaguicida y/o pesticida y la posibilidad de incluir a las pinturas AF en esta categoría por el SAG, dado que el principal compuesto activo de las pinturas AF utilizadas es el óxido cuproso, con propiedades herbicidas, molusquicidas, fungicidas y alguicidas. De esta forma, y enfatizando el convenio de cooperación Interinstitucional con Sernapesca, se podría aplicar al menos la Resolución N°3670/1999 relacionada a las normas para la evaluación y autorización de plaguicidas.
- 2) La definición de las pinturas AF como biocidas, siguiendo el estándar Europeo, con lo cual debiera generarse una nueva normativa, basado en lo que ya se conoce nacionalmente.



**4.3. Objetivo Específico 2.2.3.** Realizar muestreos de sedimentos marinos para determinar la presencia o ausencia, distribución y concentración de compuestos de los anti-incrustantes provenientes de las pinturas antifouling.

**4.3.1. Selección de las áreas de muestreo.**

Para la realización de las campañas de terreno oportunamente se gestionó la autorización de acceso a los centros de cultivo seleccionados, todos ellos, localizados en la zona de canales interiores de Chiloé Central.

**4.3.2. Preparación de campañas de muestreo.**

Informado en Punto 3.3.2

**4.3.3. Campañas de muestreo de compuestos anti-incrustantes en áreas seleccionadas.**

Los días 15 (Curaco de Vélez), 16 (Linlín) y 17 (Llingua) de noviembre de 2012 se realizaron los muestreos, conforme a las metodologías señaladas en la Resolución Exenta (Subpesca) N° 3.612 de 2009, acompañante del Rama.

**4.3.4. Análisis de las muestras de anti-incrustantes en laboratorio.**

Con fecha 24 de noviembre fueron recepcionadas en Cesmec S.A. las muestras de sedimento para análisis de metales pesados (Cu, Zn, Cd, Al, Pb y Sn), entregando el informe de resultados con fecha 18 de diciembre de 2012, conforme al protocolo internacional ASTM D-3335 (Preparación y Extracción / Espectrofotometría Absorción Atómica).

**4.3.5. Procesamiento, análisis de datos y representación espacial de compuestos anti-incrustantes.**

**Sector Curaco de Vélez**

De los seis metales pesados estudiados en el sector Curaco de Vélez, tanto el estaño como el cadmio y el plomo, presentaron en todas las estaciones concentraciones que estuvieron siempre bajo los límites de detección del análisis correspondiente (*i.e.*, <5 µg/g, <2 µg/g y <5 µg/g, respectivamente), presentaron idénticos valores en todas las estaciones de muestreo (Tabla 1.14). Por lo tanto, estos metales no fueron incluidos en los análisis posteriores.



Las concentraciones de cobre presentaron valores promedios extremos de 45  $\mu\text{g/g}$  y 9  $\mu\text{g/g}$  (estación 10 y estaciones 2, 5 y 15, respectivamente) (Tabla 1.14). La máxima concentración de zinc ocurrió en los sedimentos de la estación 10 (48  $\mu\text{g/g}$ ) y la más baja en los sedimentos de las estaciones 5 y 8 (31  $\mu\text{g/g}$ ) (Tabla 1.14). El porcentaje más bajo de aluminio se registró en los sedimentos de la estación 5 (1,50%) y el más alto fue registrado en los sedimentos de la estación 6 (1,79 %) (Tabla 1.14). Los análisis de varianza mostraron que los contenidos significativamente más altos de cobre y zinc se registraron en los sedimentos de las estaciones 9, 10, 11 y 13 (Figura 2.16) mientras que los valores de contenido de aluminio fueron, en general, más similares entre las distintas estaciones de muestreo.

El análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) realizado en base al contenido del conjunto de metales pesados registrados en los sedimentos, sugiere que las estaciones 5, 9, 10, 11, 13 y 14, presentan, en general, distintos contenidos de metales que el resto de estaciones (Figura 2.17). El análisis de Similitud (ANOSIM) confirma lo observado en el EMDNM. Esto es, las estaciones que más se separan en el ENMDNM presentaron, en general, diferencias significativas en sus contenidos (en conjunto) de metales pesados con el resto de estaciones (Tabla 1.15). El test de SIMPER muestra que fue principalmente el contenido de cobre y en menor medida el contenido de zinc los metales que más influyeron en explicar las diferencias registradas entre las distintas estaciones de muestreo. Las Figura 2.18 muestra de manera gráfica como se distribuyen las concentraciones de los diferentes metales entre las distintas estaciones de muestreo y que permiten explicar las diferencias entre las estaciones. Es posible observar que las mayores concentraciones (burbujas más grandes) de cobre y zinc se registraron hacia las estaciones 9, 10, 11 y 13 mientras que los contenidos más bajos de esos metales se registraron en las estaciones 5 y 14. Por otra parte, el contenido de aluminio mostró, en general, valores similares entre las distintas estaciones de muestreo. Los resultados de los análisis multivariados confirman aquellos registrados en los análisis de varianza, donde se comparaban las concentraciones de metales de manera individual entre las estaciones de muestreo,

## Sector Linlín

De los seis metales pesados estudiados en el sector Linlín, el cadmio presentó los mismos valores en todas las estaciones de muestreo con concentraciones que estuvieron bajo los límites de detección ( $<2 \mu\text{g/g}$ ) del análisis correspondiente (Tabla 1.16). Por lo tanto, este metal no fue incluido en los análisis estadísticos uni y multivariados posteriores. Además, el contenido de plomo fue utilizado sólo en los análisis multivariados, ya que su variabilidad fue mínima para incluirlo dentro de los análisis de varianza y regresión.

Las concentraciones de cobre presentaron valores promedios extremos de 29  $\mu\text{g/g}$  y 9  $\mu\text{g/g}$  (estación 26 y estación 22, respectivamente) (Tabla 1.16). La máxima concentración de zinc ocurrió en los sedimentos de la estación 26 (63  $\mu\text{g/g}$ ) y la más baja en los sedimentos de las estaciones 16 y 30 (28  $\mu\text{g/g}$ ) (Tabla 1.16). El contenido de estaño presentó los valores más altos en los sedimentos de la estación 16 (9  $\mu\text{g/g}$ ) y los más bajos (valores bajo el límite de detección del análisis) en los



sedimentos de la estación 21 y en los de la 24 hasta la 30 ( $<5 \mu\text{g/g}$ ). El porcentaje más bajo de aluminio se registró en los sedimentos de la estación 28 (0,88%) y el más alto fue registrado en los sedimentos de la estación 22 (1,84 %) (Tabla 1.16).

Los análisis de varianza mostraron que los sedimentos de la estación 26 presentaron contenidos significativamente más altos de cobre y zinc que la mayoría de las estaciones de muestreo (Figura 2.19). Estos mismos análisis mostraron que los sedimentos de la estación 16 registraron los valores más altos de contenido de estaño que la mayoría de las estaciones, mientras que los sedimentos de las estaciones 16 y 22 registraron los valores más altos de porcentaje de aluminio que la mayoría de las estaciones (Figura 2.19). Es importante destacar aquí que las concentraciones más altas de metales pesados ocurrieron en los sedimentos asociados a las balsas de cultivo, una situación similar a la registrada en el sector Curaco de Vélez (Tabla 1.16).

El análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) realizado en base al contenido del conjunto de metales pesados registrados en los sedimentos, sugiere que las estaciones 16, 20, 23, 26 y 27, presentan, en general, distintos contenidos de metales que el resto de estaciones (Figura 2.20). El análisis de similaridad (ANOSIM) confirma lo observado en el EMDNM. Esto es, las estaciones que más se separan en el ENMDNM presentaron, en general, diferencias significativas en sus contenidos (en conjunto) de metales pesados con el resto de estaciones (Tabla 1.17). El test de SIMPER muestra que fue principalmente el contenido de cobre y de zinc los que más influyeron en explicar las diferencias registradas entre las estaciones 20 y 26 con el resto de estaciones de muestreo. Estaño y aluminio fueron los metales que más influyeron en las diferencias observadas entre la estación 16 y el resto de estaciones. Plomo y estaño en el caso de la estación 23 y sólo plomo en la caso de la estación 27 fueron los metales que más influyeron en explicar las diferencias observadas entre esas estaciones con el resto de puntos de muestreo. La Figura 2.21 muestra como se distribuyen las concentraciones de los diferentes metales entre las distintas estaciones de muestreo. Estos gráficos ayudan a explicar de manera visual cual o cuales metales son los que más influyen sobre las diferencias observadas entre estaciones. En general, los resultados de los análisis multivariados confirman aquellos registrados en los análisis de varianza (ver arriba), donde se comparaban las concentraciones de metales de manera individual entre las estaciones de muestreo.

## Sector Llingua

De los seis metales pesados estudiados en el sector Llingua, el estaño, cadmio y plomo presentaron los mismos valores en todas las estaciones de muestreo con concentraciones que estuvieron siempre bajo los límites de detección del análisis correspondiente; esto es  $<5 \mu\text{g/g}$ ,  $<2 \mu\text{g/g}$  y  $<5 \mu\text{g/g}$ , para Sn, Cd y Pb, respectivamente (Tabla 1.18). Por lo tanto, estos metales no fueron incluidos en los análisis posteriores.



Las concentraciones de cobre presentaron valores promedios extremos de 1034  $\mu\text{g/g}$  y 31  $\mu\text{g/g}$  (estación 34 y estación 45, respectivamente) (Tabla 1.18). La máxima concentración de zinc ocurrió en los sedimentos de la estación 34 (119  $\mu\text{g/g}$ ) y la más baja en los sedimentos de la estación 42 (20  $\mu\text{g/g}$ ) (Tabla 1.18). El porcentaje más bajo de aluminio se registró en los sedimentos de la estación 41 (1,07 %) y el más alto fue registrado en los sedimentos de la estación 42 (1,72 %) (Tabla 1.18). Los análisis de varianza mostraron que los sedimentos de la estación 34 presentaron contenidos significativamente más altos de cobre y zinc que la mayoría de las estaciones de muestreo (Figura 2.22). Estos mismos análisis mostraron que la mayoría de las estaciones no mostraron diferencia significativas entre sí en el contenido de aluminio (Figura 2.22). También se debe destacar aquí, que similar a lo registrado en los otros dos sectores, las concentraciones más altas de metales estuvieron asociadas a los sedimentos de las estaciones localizadas en las balsas de cultivo (Tabla 1.18).

El análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) realizado en base al contenido del conjunto de metales pesados registrados en los sedimentos, sugiere que las estaciones 34, 35, 38 y 39, presentan, en general, distintos contenidos de metales que el resto de estaciones (Figura 2.23). El análisis de similaridad (ANOSIM) confirma lo observado en el EMDNM. Esto es, las estaciones que más se separan en el ENMDNM presentaron, en general, diferencias significativas en sus contenidos (en conjunto) de metales pesados con el resto de estaciones (Tabla 1.19). El test de SIMPER muestra que fue principalmente el contenido de cobre y de zinc los que más influyeron en explicar las diferencias registradas entre esas estaciones con el resto de estaciones de muestreo. La Figura 2.24 muestra como se distribuyen las concentraciones de los diferentes metales entre las distintas estaciones de muestreo. Estos gráficos ayudan a explicar cual o cuales metales son los que más influyen sobre las diferencias observadas entre estaciones. En general, los resultados de los análisis multivariados confirman aquellos registrados en los análisis de varianza, donde se comparan las concentraciones de metales de manera individual entre las estaciones de muestreo.



**4.4. Objetivo Específico 2.2.4.** Realizar muestreos de las condiciones ambientales de los sedimentos marinos, en centros de cultivo que utilizan redes impregnadas con anti-incrustantes, de la X Región de Los Lagos, considerando los parámetros físico-químicos como materia orgánica total, granulometría, pH y potencial redox.

#### 4.4.1. Selección de las áreas de muestreo.

Informado en Punto 4.3.1

#### 4.4.2. Recopilación de información ambiental existente.

La Figura 2.25 muestra las concesiones, tanto para moluscos como para salmónidos, en la zona de Dalcahue, Llingua y Linlín. En esta claramente se aprecia la alta densidad de centros de cultivo que existe en la zona. Por otra parte, la información ambiental (INFA) correspondiente a los centros de cultivo, que periódicamente se debe presentar y que actualmente están centralizadas en Sernapesca, se asocia a códigos de centro, que en el caso de las concesiones muestreadas son: 101888 (Curaco de Vélez), 100987 (Llingua), 101285 (Linlín) (Tabla 1.20). Para la zona Canal Dalcahue, respecto de estudios de declaración de impacto ambiental (DIA) de proyectos de inversión sometidos al sistema de evaluación ambiental (SEA), se encuentra información poco clara y no sistematizada, como se muestra en la Tabla 1.2 (<http://www.sea.gob.cl/>), por lo que los resultados de este tipo de informe son difícilmente comparables entre sí.

### Características hidrográficas de Chiloé Central

Para realizar el levantamiento de algunas características hidrográficas en la zona de estudio se utilizó información perteneciente al proyecto: ASIPA “Seguimiento del desempeño ambiental de la acuicultura en Chile y su efecto en los ecosistemas de emplazamiento”, ejecutado por IFOP. Las mediciones de CTD fueron tomadas en el crucero efectuado el 22 de octubre de 2012, contemplando 22 estaciones (Figura 2.26).

- Salinidad

La salinidad presenta rangos estrechos de variación lo cuales estuvieron comprendidos entre un mínimo de 32,57 psu registrado en la estación E21 a 1 m de profundidad. En contraste, el mayor valor de salinidad se alcanzó a los 32,75 y correspondió a la estación E2 a 145 m. El valor medio de la salinidad fue de 32,52 psu, indicando estrechos rangos de variación. La distribución vertical mostró en todas las estaciones un sólo tipo de perfil particular (Figura 2.27). Este tipo de perfil fue observado a través de toda la columna de agua desde la superficie a fondo, caracterizados por ausencia total de haloclina indicando un proceso evidente de mezcla. Por





otra parte, la distribución vertical de salinidad se mostró moderadamente estratificada con rangos estrechos de variación, pero sin evidenciar una haloclina, en la sección vertical comprendida entre la estación E1 a E3 (entre Isla Quinchao e isla Caguach). Se presenta la salinidad algo mayor hacia isla Caguach donde se observa una profundización de la isohalina de 32,7 psu (Figura 2.28a). En contraste desde el canal Dalcahue hacia la isla Quenac. La salinidad experimentó un gradiente horizontal moderado en sentido oeste-este, donde los valores más elevados se localizan hacia la isla Quenac, observándose una profundización de la isohalina de 32,56 alcanzando los 25 m en la estación E5 (Figura 2.28b). Estos resultados refuerzan el planteamiento de una columna de agua mezclada.

- Temperatura

La máxima fue de 12,53°C en superficie mientras que la mínima correspondió a 10,17°C a 32 m de profundidad, ambos registro térmicos en la estación E13 (canal Quinchao). La media para la temperatura fue de 10,6°C. La temperatura al igual que la salinidad presentó un sólo patrón en la estructura térmica, con una temperatura con tendencia homogénea a través de la columna de agua con valores  $\approx 11-10^\circ\text{C}$  representado en las estaciones con profundidades menores a 20 m (Figura 2.29). Exceptuando la estación E14 que en la columna de agua presenta valores de temperatura entre 12,5 y 10,47°C. Las secciones verticales muestran que la temperatura se presenta con estrechos rangos de variación, con una estratificación y con una ausencia total de termoclina, la temperatura se observa elevada  $>10^\circ\text{C}$ . Mientras que en las estaciones más someras ( $<20$  m), que corresponden a los bordes costeros principalmente, estas zonas se caracterizaron por mostrar una columna de agua homogénea, con temperaturas mayores a 11°C. Debe señalarse que pese a no observarse una gradiente horizontal definido en ninguna de las 2 secciones (Figuras 2.30a y b), la temperatura en la zona cercana a la estación E5 la isoterma de 10,8 °C se profundiza hasta alcanzar los 15 m.

- Oxígeno Disuelto

La concentración de oxígeno osciló entre una mínima de 6,75 mg/L y un máximo de 10,3 mg/L, el valor medio estuvo en 8,2 mg/L (Figura 2.31). Los perfiles de oxígeno mostraron básicamente el mismo patrón observado en la estructura termohalina. Se observó una distribución vertical con fuerte tendencia hacia lo homogeneidad, aunque en algunas estaciones, se observó una capa delgada con elevadas concentraciones, en comparación a los estratos de mayor profundidad (Figuras 2.32a y b). La columna de agua en las secciones verticales, se observa moderadamente estratificada, con una concentración de oxígeno mayor en superficie y una disminución paulatina de las isolíneas de oxígeno con la profundidad: destaca a nivel horizontal como la concentración superficial es mayor hacia la estación E5 (zona expuesta). A pesar de las mínimas concentraciones la columna se mostró bien oxigenada, todos los valores fueron superiores a 5 mg/L (Figuras 2.32a y b).



#### **4.4.3. Preparación de campañas de muestreo.**

Informado en Punto 3.4.3.

#### **4.4.4. Campañas de muestreo de compuestos anti-incrustantes en áreas selectas.**

Informado en Punto 4.3.3.

#### **4.4.5. Análisis de las muestras en laboratorio.**

Finalizado con fecha 12 de diciembre de 2012, en laboratorio acreditado Ramalab, conforme a las metodologías señaladas en la Resolución (Subpesca) N° 3.612 de 2009. En Anexo 3.8a, b y c se proporciona el informe de resultados del análisis de macrofauna bentónica remitido. Cabe consignarse, que para uniformar las comparaciones y facilitar el proceso de interpretación de los resultados, las muestras contenidas en los frascos testigos fueron nuevamente revisadas y reagrupadas a un nivel taxonómico inferior al de Familia (*i.e.*, estandarizadas a nivel de especie) por personal calificado de IFOP.

#### **4.4.6. Procesamiento, análisis de datos y representación espacial de parámetros físico-químicos en áreas.**

##### **Sector Curaco de Vélez**

- Batimetría

El área de muestreo se caracterizó por presentar profundidades someras, que variaron entre los 14 y 21 m, con un promedio de 17,5 m (Tabla 1.22).

- Parámetros físico-químicos

La arena fue la fracción dominante del sedimento en todas las estaciones de muestreo, con un promedio de 92,1% (Tabla 1.22). Por el contrario la fracción de sedimento menos representada fue la grava con valores que estuvieron bajo el 5% en todas las estaciones ( $\bar{x}=2,3\%$ ), salvo en la estación 12 donde se superó el 19% (Tabla 1.22). Los porcentajes de fango fueron en promedio menores en las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas ( $\bar{x}=4,4\%$ ) que en las estaciones ubicadas a 100 m ( $\bar{x}=6,5\%$ ) (ver Figura 2.2a, Tabla 1.22). El porcentaje de materia orgánica fue menor en la estación control (1,1%) y en promedio, levemente mayor en las estaciones localizadas a 100 m de las balsas-jaulas ( $\bar{x}=1,4\%$ ) (Tabla 1.22). El potencial redox (337,6 mV) presentó el valor más alto en la estación control y en promedio, los valores más bajos ( $\bar{x}=255,5$  mV) en las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas (Tabla 1.22). El pH presentó el valor más alto en la estación control (7,4) y en promedio, levemente los mayores valores en las



estaciones localizadas a 100 m de las balsas-jaulas ( $\bar{x}=7,1$ ). La temperatura fue en general similar en todas las estaciones de muestreo (Tabla 1.22).

Los análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) realizados en base a las características físico-químicas de los sedimentos, muestran una separación de las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas con aquellas localizadas a 100 m de las mismas y con la estación control (Figura 2.33). Lo anterior sugiere que las características físico-químicas de los sedimentos más cercanos a las balsas-jaulas difieren con aquellas registradas en estaciones más alejadas de estas. El porcentaje de fango fue uno de los parámetros que más aportó (19,57 %, test de SIMPER) en la diferencias observadas entre las estaciones ubicadas en las balsas-jaulas y aquellas localizadas a 100 m de las mismas (Figuras 2.2a y 2.33, Tabla 1.22). El parámetro que más aportó a las diferencias observadas entre las estaciones localizadas en las balsas-jaulas y la estación control fue pH (36,47%), el cual registró valores más altos en esta última estación (Figuras 2.2a y 2.33, Tabla 1.22).

- Parámetros biológicos

En promedio, los valores más altos de riqueza de especies y abundancia total fueron registrados en las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas (ver Figura 2.2a, Tabla 1.23). La estación control y aquellas localizadas a 100 m de las balsas-jaulas presentaron valores similares de esos atributos comunitarios. En promedio, los valores más altos de diversidad ocurrieron en las estaciones localizadas más cerca de las balsas-jaulas mientras que los más bajos de diversidad ocurrieron en promedio en las estaciones ubicadas a 100 m de estas (Tabla 1.23). La uniformidad fue en promedio similar entre los distintos grupos de estaciones (Tabla 1.23).

Los análisis EMDNM realizados en base a la riqueza y abundancia de la macrofauna, muestran, en general, una separación de las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas con aquellas localizadas a 100 m de las mismas (Figura 2.34). Esto sugiere que la estructura comunitaria entre ambos grupos de estaciones son en general diferentes. La estación control se observa en general similar a las estaciones localizadas en los vértices de las balsas de cultivo.

- Fauna-metales pesados

Los análisis de regresión lineal simple y regresión lineal múltiple indican que la concentración de metales pesados no influyó significativamente sobre los atributos comunitarios (riqueza de especies, abundancia total y diversidad de Shannon-Wiener) de la macrofauna de fondos sedimentarios de la zona de estudio. Por otra parte, el test de BIO-ENV (regresión multivariada entre los contenidos de metales pesados y la estructura comunitaria de la macrofauna) mostró que la concentración de cobre y el zinc fueron las variables que mejor explican la distribución de la riqueza de especies y la abundancia de individuos de la macrofauna sedimentaria en la zona de estudio (Tabla 1.24). Los resultados de la prueba RELATE mostraron una relación significativa entre la matriz



biológica que subyace al EMDNM y la matriz de similitud resultante de los datos de metales pesados.

- Fauna-físico-químicos

Los análisis de regresión lineal mostraron que la temperatura fue el único parámetro físico-químico que influyó sobre algunos de los atributos comunitarios estimados (*i.e.*, riqueza de especies, abundancia total de individuos y diversidad de Shannon-Wiener). Se registró que la diversidad disminuyó significativamente con la temperatura. La regresión múltiple no mostró efectos significativos de las variables físico-químicas sobre los atributos comunitarios estudiados.

### Sector Linlín

- Batimetría

El área de muestreo se caracterizó por presentar profundidades muy variables, entre los 5 y 56 m, con un promedio de 38,5 m (Tabla 1.25).

- Parámetros físico-químicos

La arena fue la fracción dominante del sedimento superando en todas las estaciones de muestreo el 91%, con un promedio de 95,7% y un aporte levemente mayor en la estación control (Tabla 1.25). Por el contrario la fracción de sedimento menos representada fue la grava con valores bajo el 1% en todas las estaciones, observándose en promedio, una contribución levemente mayor en las estaciones próximas a las balsas-jaulas (Tabla 1.25). En promedio la mayor representación del fango en el sedimento se presentó en las estaciones localizadas a 100 m de las balsas-jaulas ( $\bar{x}=4,5\%$ ), siendo menor su contribución en la estación control (1,2%) (ver Figura 2.2b, Tabla 1.25). El porcentaje de materia orgánica fue, en promedio, levemente mayor en las estaciones localizadas en las proximidades de las balsas-jaulas ( $\bar{x}=1,3\%$ ), siendo menor su contribución en la estación control (0,8%) (Tabla 1.25). El potencial redox ( $E_h=366$  mV) presentó el valor más alto en la estación control y en promedio, los valores más bajos ( $\bar{x}=216,0$  mV) en las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas (Tabla 1.25). El pH presentó el valor más alto en la estación control (7,7) y en promedio, levemente los mayores valores en las estaciones localizadas más cercanas a las balsas-jaulas ( $\bar{x}=7,4$ ). La temperatura fue en general similar en todas las estaciones de muestreo (Tabla 1.25).

Similar a lo observado en el sector Curaco de Vélez, los análisis de EMDNM realizados en base a las características físico-químicas de los sedimentos, muestran una separación de las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas con aquellas localizadas a 100 m de las mismas y con la estación control (Figura 2.35). Lo anterior sugiere que las características físico-químicas de los sedimentos más cercanos a las balsas de cultivo difieren con aquellas registradas en estaciones más alejadas de las balsas-jaulas. El porcentaje de grava (aunque fue la fracción del sedimento



menos representada) y de materia orgánica fueron los parámetros que más aportaron a estas diferencias (con valores de 18,29 y 16,81%, respectivamente), registrándose los valores más altos en las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas (Figuras 2.2b y 2.35, Tabla 1.25). El parámetro que más aportó a las diferencias observadas entre las estaciones localizadas en las balsas-jaulas y la estación control fue el potencial redox, el cual registró valores más altos en la estación control (Figuras 2.2b y 2.35, Tabla 1.25).

- Parámetros biológicos

En promedio, los valores más altos de riqueza de especies y diversidad fueron registrados en las estaciones localizadas a 100 m de las balsas-jaulas y los más bajos en la zona control (ver Figura 2.2b, Tabla 1.26). La abundancia total registro, en promedio, los valores más altos en las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas y los más bajos en la zona control (Tabla 1.26).

A diferencia de lo registrado en el sector de Curaco de Vélez, los análisis de EMDNM realizados en base a la riqueza y abundancia de la macrofauna, muestran que las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas no presentan una clara diferencia con aquellas localizadas a 100 m de las mismas, pero si con la estación control (Figura 2.36). Esto sugiere que la estructura comunitaria entre ambos grupos de estaciones no son altamente disimiles.

- Fauna-metales pesados

Los análisis de regresión lineal simple mostraron que de los tres atributos estudiados (riqueza de especies, abundancia total y diversidad de especies) sólo la abundancia fue explicada por el contenido de metales. La abundancia se incrementó significativamente con el contenido de cobre ( $r^2 = 69,8$ ) y zinc ( $r^2 = 55,6$ ) y disminuyó con el contenido de aluminio ( $r^2 = 31,3$ ). Similar a lo registrado en la regresión lineal, el análisis de regresión múltiple mostró que sólo la abundancia es explicada por el contenido de metales, siendo el cobre el que mejor explica el incremento en la abundancia. Es importante destacar aquí, que los resultados de los análisis de regresión (simple y múltiple) deben ser tomados con cautela, ya que las relaciones significativas fueron influenciadas por un sólo punto. Particularidad para la cual no tenemos evidencia que nos permita suponer que ese dato esta equivocado y por ende, ser eliminado del análisis. Por otra parte, el test de BIO-ENV mostró que fue la concentración de aluminio y el zinc más el aluminio fueron las variables que mejor explican la distribución de la riqueza de especies y abundancia de individuos de la macrofauna bentónica en la zona de estudio (Tabla 1.27). Sin embargo, los resultados de la prueba RELATE no mostraron una relación significativa entre la matriz biológica que subyace al EMDNM y la matriz de similitud resultante de los datos de metales pesados, indicando que la “distribución de los metales pesados” no explica significativamente la estructura comunitaria de la macrofauna.



- Fauna-físico-químicos

Los análisis de regresión lineal mostraron que los parámetros físico-químicos no explicaron la variabilidad de los atributos comunitarios estudiados (*i.e.*, riqueza de especies, abundancia total y diversidad de Shannon-Wiener).

### Sector Llingua

- Batimetría

El área de muestreo se caracterizó por presentar profundidades variables, entre los 16 y 58 m, con un promedio de 44,1 m (Tabla 1.28).

- Parámetros físico-químicos

La arena fue la fracción dominante del sedimento en todas las estaciones de muestreo, con un promedio de 92,5% (Tabla 1.28). Por el contrario la fracción de sedimento menos representada fue la grava con un valor promedio para todas las estaciones de 0,8% (Tabla 1.28). Los porcentajes de fango ( $\bar{x}=8,0\%$ ) y materia orgánica total ( $\bar{x}=2,3\%$ ) fueron en promedio más altos en las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas que en aquellas estaciones más distantes o el control (ver Figura 2.2c, Tabla 1.28). El potencial redox presentó el valor más alto en la estación control (250,8 mV) y en promedio, los valores más bajos ( $\bar{x}=153,3$  mV) en las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas (Tabla 1.28). El pH presentó el valor más alto en la estación control (7,5) y en promedio, levemente los valores mayores en las estaciones más cercanas a las balsas-jaulas ( $\bar{x}=7,2$ ) (Tabla 1.28). La temperatura fue en promedio levemente más baja en las estaciones localizadas a 100 m de las balsas-jaulas ( $\bar{x}=11,6^{\circ}\text{C}$ ) (Tabla 1.28).

Los análisis de EMDNM realizados en base a las características físico-químicas de los sedimentos, no muestran una clara separación entre las estaciones localizadas a diferentes distancias de las balsas-jaulas (Figura 2.37). Lo anterior sugiere que las características físico-químicas de los sedimentos no presentan marcadas diferencias entre aquellas localizadas en los vértices de las balsas-jaulas con las ubicadas a 100 m de las mismas y la estación control.

- Parámetros biológicos

En promedio, los valores más altos de riqueza de especies y diversidad fueron registrados en las estaciones localizadas a 100 m de las balsas-jaulas. Las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas y la estación control presentaron valores similares de riqueza y diversidad (ver Figura 2.2c, Tabla 1.29). La abundancia total registra, en promedio, los valores más altos en las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas y los más bajos en la zona control (Tabla 1.29).



Los análisis de EMDNM realizados en base a la riqueza y abundancia de la macrofauna, muestran, en general, una separación de las estaciones localizadas en los vértices de las balsas-jaulas con aquellas localizadas a 100 m de las mismas (Figura 2.38). Esto sugiere que la estructura comunitaria entre ambos grupos de estaciones son en general diferentes. La estación control se observa en general más similar a las estaciones localizadas a 100 m de las balsas-jaulas.

- Fauna-metales pesados

Los análisis de regresión lineal simple y regresión lineal múltiple indican que la concentración de metales pesados no influyó significativamente sobre los atributos comunitarios (riqueza de especies, abundancia total y diversidad de Shannon-Wiener) de la macrofauna de fondos sedimentarios de la zona de estudio. Por otra parte, el test de BIO-ENV mostró que fue la concentración de cobre y el cobre más el aluminio los elementos que mejor explican la distribución de la riqueza de especies y abundancia de individuos de la macrofauna sedimentaria en la zona de estudio (Tabla 1.30). Sin embargo, los resultados de la prueba RELATE no mostraron una relación significativa entre la matriz biológica que subyace al EMDNM y la matriz de similitud resultante de los datos de metales pesados, indicando que la “distribución de los metales pesados” no explica significativamente la estructura comunitaria de la macrofauna.

- Fauna-físico-químicos

Los análisis de regresión lineal mostraron que los parámetros físico-químicos no explicaron la variabilidad de los atributos comunitarios estudiados (*i.e.*, riqueza de especies, abundancia total y diversidad de Shannon-Wiener).

#### **4.4.7. Determinación del estado ambiental de las áreas.**

Para conocer el estatus ambiental de las áreas de estudio se construyeron dos tablas, para las matrices fondo marino y columna de agua (Tablas 1.31 y 1.32), que organizan los valores máximos permisibles o rangos aceptables para cada parámetro considerado como relevante para el desarrollo de una acuicultura sustentable

#### **Estándares de Calidad de Sedimentos**

Los parámetros ambientales batimetría, granulometría, materia orgánica y topografía, son considerados como variables de importancia para determinar la condición ambiental del fondo marino en un lugar determinado (Tabla 1.31). Profundidades superiores a los 30 m son consideradas ambientalmente como óptimas para el desarrollo de actividades de acuicultura (Dosdat *et al.*, 1996). Los fondos compuestos por un 1% de arenas entre 62 a 250  $\mu\text{m}$  poseen un óptimo nivel de resiliencia ante impactos generados por la acuicultura (McLachlan, 1980) mientras que los fondos identificados como de arena o grava son considerados como ambientalmente óptimos para el



desarrollo de actividades de acuicultura (Dosdat *et al.*, 1996). En tanto que, los valores inferiores a un 4% de materia orgánica indican la existencia de fondos marinos de aceptable Condición Ambiental (Demaison & Moore, 1980) (Tabla 1.31). Las directrices propuestas por Canadá (CCME, 2002) para los metales (cadmio, plomo, cobre y zinc) en sedimento están direccionados a la preservación de los ecosistemas y sus recursos, considerando el nivel de efecto probable, que implica la ocurrencia de efectos adversos sobre el ecosistema acuático. Estas directrices son herramientas interpretativas flexibles para evaluar la significancia toxicológica de las concentraciones de sustancias químicas en los sedimentos (CCME, 2002).

### **Estándares de Calidad para Aguas**

Los parámetros ambientales correntometría, oxígeno disuelto (OD), temperatura y salinidad, son considerados usualmente a nivel internacional como criterios para determinar la condición ambiental en la columna de agua de un lugar determinado (Tabla 1.32). Velocidades de corriente entre 10 y 25 cm/s poseen un óptimo nivel de resiliencia ante impactos generados por la acuicultura (Velvin, 1999) mientras que velocidades de corriente superiores a los 15 cm/s indican una buena condición del ambiente para realizar acuicultura (Dosdat *et al.*, 1996). Estos últimos autores consideran que una zona protegida a la exposición del viento es ideal para realizar acuicultura (Tabla 1.32). Temperaturas en el agua de mar entre 12 y 24 °C son consideradas como óptimas para las actividades de acuicultura (Dosdat *et al.*, 1996), mientras que temperaturas inferiores a 30 °C garantizan una buena condición sanitaria de las aguas marinas (D.S. N° 90/2000) (Tabla 1.32). Concentraciones superiores a 6,6 mL/L de OD son consideradas como óptimas para las actividades de acuicultura (Wheaton, 1982).

En consecuencia, se establece que el estado ambiental, tanto de los sedimentos como de la columna de agua, de todas las localidades estudiadas tiende a presentar una buena condición (Tablas 1.20, 1.22, 1.25 y 1.28; Figuras 2.39, 2.40 y 2.41; ver Características hidrográficas de Chiloé Central), exceptuando los altos valores de Cu encontrados en las estaciones de muestreo de Llingua.





#### **4.5. Objetivo Específico 2.2.5.** Determinar mediante un modelo la dispersión el comportamiento de las partículas provenientes de los compuestos presentes en las pinturas anti-incrustantes.

##### **4.5.1. Selección de dominio de alta resolución.**

Tomando en cuenta el dominio regional desarrollado durante el estudio ASIPA 2011 “Diseño y estudio técnico de macrozonas de agrupaciones de concesiones en la Zona Sur Austral, X a XII regiones” (Figura 2.42) se especificó 1 zona dentro de este, en la cual se implementó un dominio de alta resolución. El lugar donde fue implementado este dominio se encuentra ubicado en la zona central insular de Chiloé, específicamente en el Canal Dalcahue, X Región de Los Lagos.

Para la generación de la grilla o malla en el dominio del área de estudio se estimó que la elección de los bordes del dominio en términos de sus límites, debieran estar situados a una distancia suficiente de la zona de interés para evitar inestabilidades dentro de esta zona, y que la resolución de este dominio debiese ir aumentando paulatinamente hasta llegar a su máximo, en la zona de interés, en el Canal Dalcahue.

Para definir la topografía del fondo marino se utilizaron datos batimétricos del SHOA (carta 7370). Esta batimetría fue ensamblada e interpolada mediante métodos lineales junto a la batimetría obtenida de sondas de las cartas batimétricas del SHOA y los proyectos CIMAR en la zona más externa del dominio (Rodrigo, 2006). La cantidad de sondas o puntos con datos se observa en la Figura 2.43.

El dominio fue discretizado usando una malla flexible en elementos finitos triangulares según el método de Delaunay. Los pasos necesarios para concretar esta tarea se resume de la siguiente forma.

- Adquisición y posterior procesamiento de la línea de costa de la zona de interés usando información del Instituto Geográfico Militar de Chile (IGM).
- Definición de las líneas de contorno abiertas del dominio.
- Generación de arcos que permiten el cambio de resolución de zonas externas a las mas interiores, es decir, aquí se pretende generar una zona de transición los más suave posible, desde elementos más grandes a los más pequeños.
- Triangulación de la línea de costa en software de pre-proceso MESH GENERATOR de MIKEZERO, ajustando máxima área de elementos, mínimo ángulo permitido de los triángulos y el máximo número de nodos.
- Suavizamiento de los triángulos generados.
- Interpolación de la batimetría al dominio mediante una técnica de interpolación triangular usando para ello el método de vecino natural.
- Refinamiento de los elementos de la malla ajustados a la batimetría.
- Análisis de la malla mediante técnicas de análisis en búsqueda de triangulaciones defectuosas.



En general, el proceso de creación de la malla se considera iterativo teniendo en cuenta diversos índices y consideraciones que deben cumplirse, tales como: lapsos de tiempo muy pequeños, considerando profundidad y nivel del mar. Así como, la generación de triángulos muy pequeños o ángulos muy agudos. El resultado de este proceso se muestra en la Figura 2.44, donde se aprecia que los elementos varían su tamaño en la medida que nos acercamos a la zona de interés (Canal Dalcahue; Figura 2.45) hasta llegar a los 40 m aproximadamente como resolución máxima.

### **Condiciones de borde**

El modelo MIKE 3 necesita condiciones específicas de niveles del mar o de flujo de agua, temperatura y salinidad a través de todos los nodos correspondientes a los bordes abiertos del dominio estudiado. Estos fueron generados mediante el modelo regional extrayendo de este las respectivas series y secciones de datos correspondientes a cada nodo ubicado en los bordes del dominio de alta resolución.

### **Condiciones iniciales**

La condición inicial es denominada “arranque en frío”, que corresponde a un campo de flujo nulo al comenzar la simulación, y que se estabiliza, luego de ciertos pasos de tiempo hasta alcanzar un equilibrio asociado a los forzantes. En cuanto, a la temperatura y salinidad es necesario especificar valores en todos los nodos del dominio en el estado inicial. Esos datos fueron obtenidos de estaciones oceanográficas realizadas mediante CTD en el marco de la ejecución de este proyecto.

- Referencia temporal y estabilidad

Para la implementación del modelo numérico hidrodinámico en malla flexible, es necesario establecer cierta información básica para el correcto manejo en el dominio del tiempo como es:

- Cantidad de pasos temporales necesarios para completar la simulación numérica 3200 (20 días).
- El paso temporal (es decir, el incremento temporal entre pasos sucesivos). El modelo usa distintos pasos de tiempo de acuerdo al tamaño del elemento a resolver, es decir, los elementos de menor tamaño deben integrarse en menores pasos temporales. En esta implementación se usó un paso temporal mínimo de 0,01 segundos y uno máximo de 60 segundos.

### **Resolución vertical**

Se definió una resolución vertical con coordenadas sigma y se discretizó mediante éstas, la columna de agua en 25 capas, lo suficiente para definir de buena forma los procesos de estratificación que pudiesen ocurrir en esta zona (Figura 2.46).



## Forzantes atmosféricas

Se utilizará el modelo atmosférico GFS para suministrar los campos atmosféricos que pueden forzar al modelo hidrodinámico. Se utilizan campos de viento y presión atmosférica, todos estos varían espacial y temporalmente. Una vez que las matrices de datos del modelo son ingresadas al modelo MIKE 3, éste las interpola a cada nodo usando un método lineal.

## Fuentes de agua dulce

Los efectos de ríos no fueron incluidos como forzantes del modelo hidrodinámico. Si bien es cierto, no existen mediciones de caudales en el sector de manera de poder obtener el ingreso de agua dulce con mayor exactitud, se realizaron estimaciones de acuerdo a las mediciones de CTDO, que se pueden verificar en detalle en el análisis hidrográfico, de acuerdo a estos resultados se plantea que existe una columna de agua mezclada, además se debe señalar que en zonas donde la influencia de agua dulce es evidente, como fiordos en sectores continentales, los valores superficiales (0-10 m) de salinidad son  $\leq 28$  psu, lo que en la actualidad es señalado como "Brakishlayer". A partir de estos valores se observa una marcada y fuerte estratificación evidenciada además por la formación de una haloclina. Esto es consistente con lo encontrado por Cáceres 2008, en la bahía de Quellón, en donde indica que salinidades superiores a 31 psu en toda la columna de agua sugiere bajo efecto de descarga de ríos, este patrón sugiere que este sistema presenta bajo caudal de ríos y la estratificación es débil.

## Observaciones

Para realizar la evaluación y calibración del modelo se realizaron mediciones de corrientes en el sector de Curaco de Vélez ( $42^{\circ} 26' 33.36''$  S -  $73^{\circ} 37' 54.14''$  W), en las cercanías del centro de cultivo en estudio homónimo, estas se efectuaron entre los días 28 de septiembre y 19 de octubre por medio de un ADCP MODELO NORTEK anclado en superficie con los beams mirando hacia abajo. La profundidad aproximada del lugar de medición fue de 12 m. Aunque durante la etapa inicial de ejecución del proyecto se consideró conveniente la instalación en paralelo de otro ADCP, con el propósito de reforzar la calibración y evaluación del modelo en otro sector aledaño al canal Dalcahue (*i.e.*, Canal Lemuy), esta posibilidad se tuvo que descartar (dado los plazos y presupuestos) por motivos de fuerza mayor (*i.e.*, no funcionamiento del equipo arrendado, la poca disponibilidad de ADCP en el mercado, el no contar con los registros oportunamente y los tiempos de la modelación). Si bien es cierto, esto hubiese permitido extender la validez de los resultados a un área geográfica mayor, se considera que la evaluación y calibración con un sólo equipo dentro del sector de mayor interés es suficiente para responder a los requerimientos de este proyecto.

El registro y almacenamiento de los datos se efectuó cada 10 minutos con un tamaño de celdas de 1 m (Figura 2.47). Para el análisis de las corrientes se trabajó con datos horarios en las capas de 3, 5 y 8 m de profundidad, los que fueron graficados para localizar posibles errores en la serie. Posterior a esto y para caracterizar la corriente en una forma estadística se realizaron tablas de incidencia de



la corriente junto con cálculos de la media, máximo y desviación estándar. Además se construyeron histogramas de magnitud y dirección para determinar la frecuencia de la corriente en ambos casos.

Para determinar la dirección a lo largo de la cual la corriente oscila se calcularon los ejes de máxima varianza (EMV) por medio de un análisis de las componentes principales, que describen la información de un conjunto de variables observadas mediante un conjunto de variables más pequeña y que se obtiene de la descomposición en valores propios (autovalores) y vectores propios (autovectores) de la matriz de covarianzas. Junto con esto también se calculan los porcentajes que explican la componente principal y el ángulo de máxima varianza. Con el fin de determinar la influencia de la marea dentro de las series de corriente se calcularon los principales constituyentes de marea para cada una de las profundidades medidas. Para realizar estos cálculos se utilizó la metodología de Foreman (1993), usando el algoritmo implementado por Pawlowicz *et al.* (2002). Por último, las bandas mareales (corrientes de marea) se extrajeron de las series originales utilizando un filtro tipo Coseno Lanczos simétrico de 121 pesos. Este filtro actúa como un pasabajo filtrando de las series los períodos menores a 40 horas (bandas mareales). De este modo, se separaron las corrientes de marea de las corrientes no mareales (cuya tendencia puede estar influida, entre otros aspectos, por el forzamiento del viento).

La Figura 2.48 muestra la serie de corrientes instantáneas en las celdas de 3, 5 y 8 m de profundidad en el sector Curaco de Vélez. En estas se observa un dominio de las componentes noroeste y sureste con valores cercanos a los 20 cm/s destacando una disminución en la intensidad de la corriente entre los días 6 y el 10 de octubre. Los histogramas de magnitud y dirección junto con las tablas de incidencia de la corriente (Figuras 2.49, 2.50 y 2.51; Tablas 1.33, 1.34 y 1.35) indicaron en la capa de 3 m un predominio en la dirección noroeste con una frecuencia de 20,8% y en una menor frecuencia las direcciones sur (17%), norte (13,6%) y sureste (12,97%). La máxima velocidad se registró en la dirección noroeste con un valor de 23 cm/s, la media del registro fue de 11,55 cm/s y la desviación estándar fue de 0,45. La capa de 5 m mostró un predominio en las direcciones noroeste y este con una frecuencia de incidencia de 30,5% y 22% respectivamente. El máximo se registró en la dirección noroeste con un valor de 23,67 cm/s, la media fue de 9,43 cm/s y la desviación estándar fue 0,5. La capa de 8 m mostró un dominio en las direcciones noroeste y sureste con un porcentaje de incidencia de 32,32% y 22,56%, respectivamente. El máximo se registró en la dirección noroeste con un valor de 21,26 cm/s, la media fue de 8,9 cm/s y la desviación estándar de 0,92. La corriente residual (Figura 2.52) en las capas de 3 y 5 m mostró un flujo principalmente hacia el noroeste-norte con un cambio en sentido sur-sureste para la capa de 3 m y en dirección este en la capa de 5 m entre los días 10 y 15 de octubre. La capa de 8 m mostró una dirección dominante noroeste con un leve pulso al sureste el día 10 octubre. Las elipses de máxima varianza (Figura 2.53) mostraron que la dirección predominante sobre la cual oscila la corriente dentro de todas las capas es la noroeste-sureste. El eje de máxima varianza (EMV) se orienta hacia el noroeste explicando un 71 % de la variabilidad en la capa superficial y de 85% en la capa de 8 m. Los resultados obtenidos a través del análisis armónico realizado a los registros de corrientes revelaron que la influencia de la marea sobre la corriente fue de 22,7% en la capa superficial de 38,6% en la capa de 5 m y de 43,1% en la capa de 8 m.



#### 4.5.2. Evaluación modelo hidrodinámico

La Figura 2.54 muestra la serie de datos observada y la simulada por MIKE 3 para las componentes ortogonales de la corriente. Se aprecia que existe una clara concordancia con respecto a las fases entre lo modelado y lo observado, eso puede evidenciarse con la medida de correlación (relación lineal) que para la componente  $u_{\text{este}}$  alcanza un valor de 0,8, mientras que para  $v_{\text{norte}}$  su valor es de 0,9 (Tabla 1.36). El sesgo (BIAS) nos indica si lo simulado es subestimado o sobrestimado con respecto a la observación, es decir, la dirección de los errores, en este caso para ambas componentes se observa que el modelo sobrestima (-) el valor observado en 0,07 m/s para  $u_{\text{este}}$  y en 0,03 m/s para  $v_{\text{norte}}$ . Los errores absolutos representados por el RMSE muestran valores de 0,097 m/s para  $u_{\text{este}}$  y 0,062 m/s para  $v_{\text{norte}}$ . En cuanto a la representación del predominio de la dirección, las rosas de corrientes (Figura 2.55) muestran que la variabilidad tanto de la observación como en la simulación se encuentra alrededor del eje noroeste-sureste (NW-SE), lo que es una buena representación del patrón general de circulación.

#### 4.5.3. Modelación numérica del transporte de partículas.

Acoplado a la implementación del modelo hidrodinámico en alta resolución se generó un modelo de transporte de partículas, considerando advección y dispersión. Este último permitió estimar el transporte de una partícula pasiva, los tiempos de residencia, las áreas más probables de acumulación, el área de influencia de una determinada partícula en función del transporte difusivo y advectivo. Las simulaciones se realizaron por periodos correspondientes a 20 días, de los cuales, se extrajeron los resultados en la capa más cercana al fondo.

- Estrategia modelación

La forma más abundante del cobre en ambiente marino es el ion cobre hidratado  $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ . El pH, salinidad y materia orgánica son los parámetros que determinan los procesos de especiación del cobre, es decir formación de otros compuestos como puede ser el caso de los complejos (quelatos orgánicos y ligando orgánicos), al respecto estudios señalan que sobre el 99% del cobre disponible disuelto ( $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ ) es incorporado a este tipo de complejos, disminuyendo a su vez su toxicidad (Meseguer *et al.*, 2004) y generando que los metales precipiten por una disminución en la solubilidad y sedimenten acumulándose en el piso oceánico (Ansi *et al.*, 2004). Desde este punto de vista el enfoque en la modelación será de simular el transporte de partículas de cobre a través de “conductores” que sean capaces de realizar la transferencia desde la columna de agua al sedimento. Estos conductores son la materia orgánica que se encuentra disponible en las cercanías de los centros de cultivo de salmón (pellet de alimento y fecas de salmón). Cada una de estas partículas tiene un comportamiento distinto en la columna de agua que se refleja básicamente y de acuerdo a este enfoque en un parámetro llamado velocidad de sedimentación. Estos experimentos no toman en consideración



aspectos químicos de especiación del elemento ni tampoco la materia orgánica que esta dispuesta de forma natural en el ambiente, estudios posteriores debiesen abordar estas temáticas.

Se realizarán 3 tipos de experimentos con flujos constantes teniendo como variable solo la tasa de sedimentación. Hay que tener en consideración que en esta primera etapa no se evaluará cuantitativamente la cantidad de cobre que pudiese llegar a los sedimentos, sino más bien, solo el área de influencia que puede tener este elemento en las cercanías de un centro de cultivo.

Fecas de salmón:

- a) Simulación con tasa de sedimentación de 0,0133 m/s: El menor valor citado en literatura (Warren-Hansen, 1982; Weston & Gowen, 1988). En este caso y de acuerdo a la Figura 2.56, se observa que las partículas se dispersan perpendicularmente al eje mayor del centro de cultivo de manera tal, que el área que cubre esta sombra se encuentra en dirección norte-sur. La distancia que alcanzan las partículas del centro de cultivo son alrededor de 300 m hacia el lado sur y norte. Lo distintivo es que hacia el norte el área de acumulación es mayor que hacia el sur, mostrando probablemente el efecto del flujo residual de la corriente en ese sector.
- b) Simulación con tasa de sedimentación de 0,04 m/s (Chen *et al.*, 1999; Cromey *et al.*, 2002). Se observa un transporte reducido con respecto al anterior experimento, no alcanzando más de 70 m desde la balsa-jaula (Figura 2.57). El efecto de un flujo residual es menos apreciable y el control esta ejercido en mayor grado por la tasa de sedimentación. Claramente la mayor concentración se ubica inmediatamente bajo el centro de cultivo.

Alimento de salmón:

- c) Simulación con tasa de sedimentación de 0,1 m/s (Chen *et al.*, 1999; Cromey *et al.*, 2002): En este caso y tal como la muestra la Figura 2.58, el transporte es aún más reducido que el de los experimentos anteriores, no alcanzando más de 30 m de dispersión. Tiende a observarse una mayor acumulación hacia el lado noroeste del centro de cultivo, idéntico patrón al observado en la Figura 2.57, aunque de forma más débil. La acumulación es mucho mayor que en los experimentos anteriores ubicándose la mayor parte bajo la balsa-jaula.



#### **4.6. Objetivo Específico 2.2.6.** Difundir esta información a través de un taller y/o seminario.

##### **4.6.1. Reuniones de coordinación e intercambio técnico.**

###### **Con los Requirientes**

El día 30 de julio de 2012 se llevó a cabo la primera reunión de trabajo entre profesionales de IFOP y representantes de la Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA), en dependencias de dicha institución en Puerto Montt (Figura 2.59). Participantes Subpesca-Valparaíso: Cristian Acevedo, Claudia Javalquinto, Flor Uribe y Carolina Molina. IFOP: Gastón Vidal, Elías Pinilla y Vladimir Murillo. Dirección Zonal de Pesca: Luis Daza y Patricio Steffens. Esta instancia tuvo como propósito: discutir los principales aspectos metodológicos de la propuesta, poder dimensionar el tipo información de acceso público que se disponía en el ámbito del proyecto y consensuar los mecanismos de coordinación interinstitucional. El 30 de Octubre de 2012, en dependencias de Subpesca en Puerto Montt se realizó la segunda reunión entre profesionales del IFOP y Subpesca, donde se analizó y discutió las observaciones al primer informe de avance, resolviéndose algunas dudas y clarificando puntos a seguir para la presentación del pre-informe final (Figura 2.60). Participantes Subpesca-Valparaíso: Claudia Javalquinto, Julieta Muñoz y Carolina Molina. IFOP: Elías Pinilla, Rodrigo Vera y Vladimir Murillo.

###### **Con Actores Relevantes de la Industria Acuicultora**

- Visita Prospectiva a Talleres de Redes y Empresas Salmoneras

Con el objetivo de rescatar información relevante, durante los meses de julio, agosto y septiembre, se realizaron alrededor de 20 reuniones *in situ*. El resto de las empresas fueron contactadas telefónicamente y por vía e-mail. Las empresas salmoneras visitadas ubicadas en la X Región de Los Lagos correspondieron a: Camanchaca, Aquachile, Cultivos Marinos Chiloé, Blue Mar, Yadrán S.A, Invermar, Holding Trading S.A, Granja Marina Tornagaleones, Ventisqueros S.A, IceVal Ltda, Salmones Antártica S.A., Salmones Mainstream y Salmones Australis Mar S.A. Se incluyen también, los talleres de redes: Aceredes, Badinotti, Marmau, Redes Quellón, entre otros (Figuras 2.61 y 2.62).

- Presentación de empresa Marmau Ltda. de nuevas tecnologías anti-incrustantes en acuicultura

Participaron de esta exposición Marco Díaz (Gerente de Ventas) y Mauricio Moya (Ventas y Asesor Comercial) de la empresa Marmau y los investigadores de IFOP Vladimir Murillo, Marina Oyarzún, Rodrigo Vera y Gesica Aroca (Figura 2.63). El principal objetivo de la empresa Marmau fue mostrar una nueva tecnología de redes peceras y loberas que no necesitan pintura AF. Esta empresa se unió a la empresa Euronet Sudamericana y se crearon redes en base a polietileno especiales para



acuicultura llamadas Euroline Netting (5 mm) y Eurogold (2,5 mm) para ser utilizadas en redes loberas y peceras, respectivamente. Entre sus principal característica se encuentra que el “fouling”, al ser resbaladiza la superficie de estas redes, se adhiere en menor cantidad y es más fácil de remover. Otras características corresponden a su mayor boyante positiva (más liviana) y fácil manejo, permite una menor tasa de recambio, tiene una más baja huella de carbono por ser más amigable con el medioambiente y mejora la gestión de costo en el tiempo, pese a que su inversión es mayor que las redes ocupadas normalmente (presentación de tablas comparativas de costos). Por último, mencionan la necesidad de que la actual normativa chilena (Reglamento N° 320, RAMA), necesita adecuarse a esta nueva tecnología respecto de los tiempo de lavado exigidos.

- Encuentros de Difusión Tecnológica

- VI Feria Internacional Aquasur 2012

- Conferencias (Puerto Varas 11 y 12 octubre de 2012)

- Participando de las conferencias, el investigador de IFOP Rodrigo Vera S. En estas se abordaron tres grandes temas relacionados con: 1) Mirada Global y experiencias Internacionales en acuicultura, 2) Diversificación y expansión de la acuicultura y sus actividades, 3) Avances en Salmonicultura (Nutrición, Genética, Caligus, Producción), permitiendo al investigador, actualizar sus conocimientos en la materia.

- Modulos expositivos (Ruta 5, Puerto Montt, 12 octubre de 2012)

Acudieron a esta exposición los investigadores del IFOP Carolina Oyarzo y Gesica Aroca con el objetivo de conversar en forma personal con representantes de pinturas AF en Chile y conocer nuevas tendencias de tecnologías AF. Se visitó 11 stand en total, 5 correspondiente a empresas ligadas a la comercialización de pinturas AF (Equipos Industriales S.A.C.I., Hempel A/S Chile Ltda., Pinturas Ceresita, Pintura Cerrillos S.A. y Sherwin-Williams Chile S.A.), 5 relacionadas a la confección y mantención de redes (Badinotti Chile S.A., Fimar Chile, IRC-Internaciona de Redes y Cuerdas Ltda. y Marmau) y 1 empresa relacionada a la fabricación de redes de cobre (Aquaglobal S.A.) (Figura 2.64). Se entrevistó a Erico Delgado de Hempel (Representante de Ventas Marinas, [erde@hempel.com](mailto:erde@hempel.com)), Liliana Almendra de empresa Badinotti (Ejecutiva de negocios, [lalmendra@badinotti.com](mailto:lalmendra@badinotti.com)), Mauricio Moya (Ventas y Asesor Comercial, [mmoya@marmau.cl](mailto:mmoya@marmau.cl)) y Edgar Silvera (Gerente Comercial Euronete Sudamericana, [edgard@euronetesud.com](mailto:edgard@euronetesud.com)) de la empresa Marmau, Ricardo Auba de la empresa Ceresita ([rauda@ceresita.cl](mailto:rauda@ceresita.cl)), Mauricio González de la empresa Sherwin.Williams (Representante Técnico Comercial, [mauricio.gonzalez@sherwin.cl](mailto:mauricio.gonzalez@sherwin.cl)), Guillermo Manríquez de la empresa Cerrillos (Gerente de Desarrollo, [gmanriquez@pinturascerrillos.cl](mailto:gmanriquez@pinturascerrillos.cl)), Pablo Muñoz de la empresa Fimar, Manuel Marcos Gómez de la empresa IRC (Managing director, [mmarcos@ircsa.com](mailto:mmarcos@ircsa.com)) y Amit Kulkarni de la empresa Garware-Wall Ropes Limited ([akulkarni@garwareropes.cl](mailto:akulkarni@garwareropes.cl)).





Entre los principales resultados de estas entrevistas se concluyó lo siguiente:

- Las principales alternativas para contrarrestar los efectos del “fouling” en la acuicultura corresponden a: 1) Uso de pinturas antifouling en base a biocidas en redes de nylon y polietileno de alta densidad (dynema). Ésta última de mayor costo, mayor durabilidad y menor necesidad de pintura AF. 2) Uso de redes de cobre, cuyo efecto biocida es intrínseco (Aquaglogal S.A.). 3) Uso de redes de polietileno (monofilamento) en vez de nylon (polifilamento) sin impregnación de pinturas AF, cuya adherencia del fouling es menor y con mayor facilidad de remoción por limpieza mecánica (e.g., Marmau e IRC). 4) Sellado de redes para su uso sin y con impregnación de pintura AF (e.g., nuevas tecnologías a incorporar por Fimar).
- Algunas empresas de pinturas AF (e.g., Pinturas Sherwin-Williams, Pinturas Cerrillos) mencionaron que para vender el producto en forma segura, realizan pruebas de inocuidad para cada producto en laboratorios externos (e.g., CGS, Aquagestión, Cesmec) con el objetivo de obtener un certificado de inocuidad.

#### 4.6.2. Taller y difusión general del proyecto.

##### Taller Inicial Atared

Se coordinó para el 21 de agosto una presentación y reunión de trabajo con los asociados a Atared A.G. (Figura 2.65), cuyo propósito fue:

- Presentar en forma sucinta los términos básicos de referencia del proyecto.
- Discutir los principales aspectos metodológicos de la propuesta y los alcances del proyecto, tanto para los talleres de impregnación de pinturas anti-incrustantes en redes como de empresas salmoneras.
- Facilitar los mecanismos de acceso a información que disponen sus asociados y la interacción técnica con profesionales del proyecto.

En el taller se estableció la necesidad de contar con una normativa clara y detallada frente a la problemática de qué tipo de compuestos anti-incrustantes traen las pinturas que se comercializan en Chile y sus efectos, tanto en el ambiente como en las personas que realizan su manipulación.

##### Taller Presentación de Resultados

A esta convocatoria asistieron representantes de instituciones públicas, empresas de talleres de redes, empresas salmoneras, empresas elaboradoras y comercializadores de pinturas anti-incrustantes. Así como, de empresas que prestan servicios ambientales (Anexo 3.9). Participaron del taller, realizado en Puerto Montt el 20 de diciembre de 2012, un total de 27 actores relevantes (Figura 2.66), excluyendo del recuento a los expositores.



El Taller se inició con las palabras de bienvenida del Dr. Leonardo Guzmán, Jefe de la División de Acuicultura del IFOP y contempló cinco exposiciones:

- “Determinación y Evaluación de los componentes presentes en las pinturas anti-incrustantes en la acuicultura, sus efectos y acumulación en sedimentos marinos de la X Región de Los Lagos (Primera Etapa)”, a cargo del Jefe de Proyecto Sr. Vladimir Murillo H., quien reseñó el contexto en el que se enmarcó la ejecución de la iniciativa, proporcionando los componentes y las ideas que fundamentaron el desarrollo metodológico propuesto.
- A continuación, la profesional Sra. Gesica Aroca, realizó una síntesis acerca del “Estado de situación sobre el uso de anti-incrustantes en la Industria de la Acuicultura en Chile”, detallando las principales pinturas Anti-incrustantes comercializadas a nivel nacional.
- Posteriormente, el Investigador IFOP, Dr. Rodrigo Vera, realizó una acabada presentación de los resultados obtenidos en el análisis de las “Condiciones ambientales de los sedimentos marinos en centros de cultivo de la X Región de Los Lagos que utilizan redes impregnadas con pinturas anti-incrustantes.
- Por su parte, el Sr. Elías Pinilla, Meteorólogo e Investigador del IFOP, expuso sobre el “Comportamiento de anti-incrustantes provenientes de centros de cultivo que utilizan redes impregnadas, por medio de modelación hidrodinámica en un área piloto.
- Finalmente, el jefe de proyecto, Vladimir Murillo, expuso acerca del escenario normativo nacional e internacional y las principales conclusiones emanadas del proyecto.

En relación a las temáticas abordada en el taller, las principales conclusiones en que coinciden los asistentes son:

- Se cuenta con información actualizada de las pinturas anti-incrustantes utilizadas en la industria de la Acuicultura, registrándose la comercialización de 20 pinturas en Chile.
- No existe información detallada sobre todos los componentes presentes en las pinturas anti-incrustantes comercializadas en Chile. Así como tampoco, información oficial de cuales pinturas son más amigables con el medioambiente. Esto es, no tengan elementos tóxicos no degradables o bioacumulables.
- Existe la herramienta, específicamente el modelo hidrodinámico MIKE3, que permita calcular la distribución de agentes dispersantes desde los centros de cultivo (cobre, materia orgánica, medicamentos, virus, bacterias).
- El patrón de dispersión de materia orgánica y cobre, generado a partir del modelo hidrodinámico, muestran un área de influencia similares.
- Se considera insuficiente la actual aplicación de la normativa vigente para detectar los metales pesados provenientes de pinturas anti-incrustantes vinculadas a la Acuicultura, recomendándose medidas correctivas a la normativa vigente, tales como el seguimiento de zonas propensas a la acumulación de metales pesados con diseños apropiados, y a una escala de tiempo mayor.

Dado el contenido de las presentaciones, que motivó que se hicieran reiteradas preguntas sobre las temáticas tratadas, los asistentes manifestaron, en general, su satisfacción por su participación en este evento.



## 5. DISCUSIÓN

**5.1. Objetivo Específico 2.2.1.** Recopilar la información disponible, bibliográfica y/o de proyectos, nacional e internacional, que aporte con antecedentes referentes a los compuestos de los anti-incrustantes, su interacción con los organismos marinos presentes en el sedimento y sus alrededores, principio activo del producto, entre otros aspectos.

La bio-incrustación puede evitarse con el uso de pinturas principalmente de dos formas: aquellas pinturas que presentan una superficie suficientemente lisa donde los organismos marinos pueden adherirse sólo débilmente y pueden ser eliminados por la acción del flujo de agua o de limpieza y aquellas que contienen uno o más biocidas que se liberan a través del tiempo y que inhiben el establecimiento y crecimiento de los organismos. Estos últimos son los anti-incrustantes más comunes hoy en día en Chile.

La necesidad de efectivos anti-incrustantes en estructuras sumergidas tales como balsas-jaulas, anillos de soporte y otros es reconocida universalmente (Boxal *et al.*, 2000; Evans *et al.*, 2000). Por muchos años el tributil-estaño (TBT) fue uno de los principios activo más usados en el mundo en la fabricación de pinturas anti-incrustantes, pero debido a su fuerte impacto en los ecosistemas acuáticos se ha establecido una restrictiva regulación internacional (Fent, 1996). Esto está dando paso a una nueva generación de alternativas, principalmente basadas en el óxido cuproso combinado con biocidas orgánicos (Christen, 1999; Julian, 1999). Alrededor del mundo aproximadamente 18 componentes biocidas son usados como anti-incrustantes (Yonehara, 2000; Thomas, 2001) y de estos, tres son los más ampliamente usados (Irgarol, Diuron y Sea Nine 211) (Burrige *et al.*, 2010). Altas concentraciones de algunas de las sustancias anteriormente nombradas se han encontrado en estuarios y bajo balsas-jaulas de salmones (Burrige *et al.*, 2010). No disponiéndose de suficiente información para evaluar el riesgo medio ambiental que pueden representar (Voulvoulis *et al.*, 1999). Por lo que estas alternativas podrían también tóxicas (Konstantinou & Albanis, 2003) y son incorporadas principalmente al sedimento (Thomas *et al.*, 2002).

Existen dos tipos de riesgos asociados al uso de biocidas en la acuicultura: 1) depredadores y humanos pueden ingerir peces y bivalvos que han acumulado estos contaminantes y 2) el desarrollo de resistencia a antibióticos en bacterias (Guardiola *et al.*, 2012). La bioacumulación en organismos marinos de pesticidas y otros químicos, utilizados como coayudantes del cobre en las pinturas anti-incrustantes, procede principalmente de difusión pasiva a través de las branquias, tejidos epiteliales o tracto gastrointestinal. La bioacumulación puede tener efectos negativos tanto en organismos objetivos como “no objetivos”. Dentro de los organismos no objetivos se encuentran las especies de salmonídeos cultivados en las balsas-jaulas y otros organismos en el ambiente que no son catalogados como “biofouling”. La bioacumulación se puede medir con un factor de bioconcentración (“BCFs”), el cual está disponible para ciertos biocidas en tejidos específicos, definido como la concentración de un biocida en el tejido por concentración de biocida en el



agua (L/kg) (Guardiola *et al.*, 2012). El DCOIT (Sea Nine 211 ®) ha demostrado bioacumularse en peces a muy bajos niveles (Jacobson & Willingham, 2000). En cuanto al Diuron, se han reportado BCFs de 75 y 22 L/kg, sugiriendo que la acumulación en organismos acuáticos es improbable (Kenaga, 1980; Thomas & Brooks, 2010). El Irgarol 1051 se acumula en macrófitas de agua dulce (Tóth *et al.*, 1996) y marina (Scarlett *et al.*, 1999) con BCFs sobre 30.000 L/kg. En condiciones de laboratorio, éste biocida se acumula en el alga *Tetraselmis suecica*, con BCFs sobre 150.000 mL/g (Dyer *et al.*, 2006). En cuanto al Zineb, se han reportado acumulaciones en la trucha *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) con BCFs menores a 100 L/kg (Thomas & Brooks, 2010).

El Comité Científico de Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados (SCENIHR), dependiente de la Comisión Europea (EC), publicó en el año 2009 un documento relacionado con la evaluación de los efectos de la resistencia a antibióticos provocada por biocidas. En este documento se concluye que existe evidencia científica basada en información bacteriológica, bioquímica y genética que indica que el uso de moléculas activas en los productos biocidas puede contribuir a incrementar la ocurrencia de resistencia de bacterias a antibióticos. Algunos biocidas tienen la capacidad de mantener la presencia de elementos genéticos móviles que transportan genes involucrados en la resistencia cruzada entre biocidas y antibióticos (SCENIHR, 2009). En consecuencia, se requiere un urgente estudio para evaluar confiablemente si el uso de estas pinturas anti-incrustantes provoca en el medioambiente un aumento en la resistencia bacteriana en Chile.

Según Bravo *et al.* (2005) en un análisis sobre los componentes de las pinturas utilizadas en la industria de la salmonicultura en la X Región de Los Lagos, informan que el biocida más utilizado como compuesto activo en las pinturas anti-incrustante, es el óxido cuproso. Su efectividad se basa en su amplio espectro de prevención, actuando como alguicida y anti-incrustante en general. Según las encuestas realizadas en este estudio el óxido cuproso mantiene su tendencia a ser el más usado, pero en la mayoría de los casos va acompañado de un co-biocida (óxido de zinc, fungicida o alguicida no identificado) (Tabla 1.3). Sin embargo, también existen pinturas anti-incrustantes de última generación “sin cobre”, elaboradas con biocidas orgánicos biodegradables, sin especificaciones nomenclaturales en las fichas del producto (Biodeg) (Tabla 1.3). También destaca en este estudio, un mayor uso de las pinturas con base agua que las a base solvente, en referencia al reporte de Bravo *et al.* (2005) (Tabla 1.3; Figuras 2.8 y 2.11). A su vez, la cantidad de talleres de impregnación de redes disminuye, concentrándose en tres grandes empresas (Redes Quellón, Marmau y Kaweshkar) (Figura 2.6). En cambio, la oferta de pinturas en el mercado chileno aumentó en este lapso de tiempo, encontrándose actualmente disponible un número de 20 (Tabla 1.2). No obstante, en los talleres de impregnación sólo se usan 14 de estas, siendo Aquanet (Bayer) la más usada (en un 18,3% de los casos), seguida de cerca por A/F Solvente (Sherwin Williams) con un 18% (Figura 2.7), lo que también se ve reflejado en lo informado por las empresas salmoneras (Figura 2.12). Un análisis preliminar de metales pesados en 14 muestras de pinturas anti-incrustantes, actualmente en uso, nos mostró que existen diferencias entre lo que declara el fabricante o vendedor y el resultado de los análisis de laboratorio. Es así que, pinturas que señalan



no contener cobre (muestra N° 11) si lo contienen. De mismo modo, pinturas que indican no contener estaño (muestras 3, 4, 5, 7, 8, 11), aunque en cantidades pequeñas, si lo contienen (Tabla 1.37). Por otra parte, los porcentajes de óxido cuproso declarado en fichas técnicas en relación al % en peso no especifican si es en base natural o seca (*i.e.*, se aplica corrección por humedad y ceniza), detalle que afecta significativamente la interpretación de la concentración de cobre en una pintura anti-incrustante. No obstante, aun cuando se compare los porcentajes de óxido cuproso declarados en las fichas técnicas de las pinturas, independiente de como se exprese el resultado, difieren con los encontrados en los análisis de laboratorio, mostrando en 7 muestras valores menores al 1% (Tabla 1.37). La carencia de más réplicas en el análisis de pinturas anti-incrustantes puede restar rigurosidad a la interpretación de los resultados, pero los datos muestran un claro indicio de que se debe tomar nota de que muchas veces lo que se declara en la ficha técnica de un producto, no necesariamente es lo que se entrega al consumidor en realidad.

Los resultados de las encuestas también señalan la preferencia de los talleres de impregnación por las pinturas con base agua, que justifican por: su facilidad de manejo, el tiempo mayor de secado (lo que facilita el traslado y aumenta el tiempo posible de almacenamiento), agregando a esto, un rendimiento levemente superior de las pinturas con base solvente en el procedimiento de impregnación. Tendencia que es coincidente con el aumento en el uso de pinturas con base acuosa en el caso de las empresas salmoneras (Figura 2.11). En primavera, aumenta considerablemente la modalidad de lavado *in situ*, de un 16% a un 28% del total de empresas salmoneras (Figura 2.9b). La práctica del lavado *in situ* de redes impregnadas, tratan de evitarla, ya que entienden que podría acarrear problemas sanitarios y legales. Sin embargo, lo utilizan en forma importante en época de primavera-verano (Com. Pers. de ejecutivos de empresas de servicios de lavado *in situ*). Esto se refleja al comparar las Figuras 2.9a y b), donde se observa el incremento en el porcentaje de empresas que lavan *in situ*, dado que se agregan aquellas que también impregnan sus redes. Esta última práctica ha sido muy cuestionada por los perjuicios medioambientales que acarrea (Atared, 2008). Por otra parte, las empresas que más litros de pintura usan en la impregnación de redes (AquaChile, Mainstream, Figura 2.10) son las que tienen mayor producción superando las 90.000 t (<http://www.estrategia.cl>), y por ende, las que en teoría deberían generar más residuos que se depositan en el fondo. Bravo *et al.* (2005) establecen que para el 2003 el uso de pinturas anti-incrustantes en los talleres de redes alcanzó los 4.096.610 L, volumen que al ser contrastado con las 486.705 t de salmónidos cosechados ese año (Sernapesca, 2004), resulta en un consumo promedio equivalente a 8,4 L de pintura por tonelada de salmónidos producida. Extrapolando este resultado al año 2012, podríamos estimar que el volumen de pintura anti-incrustantes utilizado para la producción de 730.000 t (Bohle, 2013) alcanzaría los 6.132.000 L consumidos. Cabe señalar que en estos cálculos están incluidas las toneladas de salmónidos que se produjeron con redes no impregnadas. Por lo tanto, esta cifra debe tomarse como un valor referencial. Otra aproximación, considerando la producción total proyectada de 864.400 t de salmónidos (63% salar, 26% trucha y un 11% para coho) para la temporada 2013-2014 por parte de las empresas encuestadas (Anexo 3.4a), permite dimensionar la magnitud del uso de pinturas anti-incrustantes en el futuro. Es así que, ajustando esta producción a las densidades de cultivo por especie salmonídea, utilizadas previo a que se gatillara la crisis del virus ISA (*i.e.*, 30 kg/m<sup>3</sup> para salar y 20 kg/m<sup>3</sup> para trucha y coho), se estiman que en



promedio los volúmenes de pintura requeridos por tonelada producida serían de 9,1 L para salar y 8,1 para coho y trucha (Tablas 1.5 y 1.6; Anexo 3.4a). No obstante, con la entrada en vigencia de la nueva regulación para las densidades en centros de cultivo de salmónidos en Chile, se permitirá como máximo 17 kg/m<sup>3</sup> para salar y 12 kg/m<sup>3</sup> para el salmón coho y la trucha, los volúmenes promedio de pintura anti-incrustantes a utilizar por tonelada producida llegarían a 16 L para salar y 13,5 L para trucha y coho. En un eventual cambio del escenario económico actual, que implique una significativa expansión productiva de salmones, para respetar las densidades límites fijadas las empresas tendrán que intensificar el uso de las áreas de cultivo, lo que conllevaría la incorporación de más jaulas en los centros de cultivo en operación o la utilización de más concesiones. En consecuencia, esto traería consigo una mayor biomasa de peces por barrio salmonero, lo que eventualmente amplificaría los problemas ambientales y sanitarios, más aun, considerando que los centros de cultivo se encontrarían en una misma etapa productiva. En consecuencia, esta problemática requiere de una especial atención, dado que además, distintos lugares pueden responder diferencialmente a una misma intensidad de uso (Uriarte, 2000).

Por otra parte, las pinturas anti-incrustantes utilizadas por la industria han tenido una evolución importante antes y después del problema suscitado por el virus de anemia infecciosa del salmón o ISA, respecto a las cantidades de óxido cuproso y base utilizada. Anteriormente los niveles del ingrediente activo bordeaban el 20%, siendo las pinturas en base solvente utilizadas en mayor proporción que las de base agua (Bravo *et al.*, 2005). Esta situación era posible, ya que la industria podía sustentar mayores costos en este ítem, dado que los niveles de óxido cuproso y el tipo de base afectan fuertemente al precio de estas pinturas. Fue en este contexto que las empresas de pintura, una vez afectada la industria del salmón por el ISA, se vieron obligadas a bajar los niveles de óxido cuproso entre el 8 y 15%, y a promover las de base agua, reflejándose en el uso de estas por sobre el 50%. Esto tuvo implicancias en la durabilidad del efecto del antifouling en las redes peceras, ya que si antes podían mantenerse en el agua relativamente limpias por 7 u 8 meses, hoy en día no sobrepasan los 5 meses (Com. Pers. Sergio Igor–Australis Mar). Claramente, los sitios de cultivo y la época del año también afectan en la formación del fouling. En concesiones que la corriente supera los 1,7 nudos ( $\approx 85$  cm/s) una malla puede durar limpia por sobre los 7 meses. En cambio en otros sitios donde los registros de 0,6 nudos ( $\approx 30$  cm/s) dura limpia tan sólo 5 meses (Com. Pers. Sergio Igor–Australis Mar). Sin embargo, para disminuir aun más los costos, las empresas salmoneras están aplicando diferentes estrategias como por ejemplo, en los dos últimos meses de cultivo, cuando lo requieren, utilizan pinturas de menor precio o colocan redes sin impregnar o bien, lavan *in situ*. El consumo de pintura por tipo de red, es un tema que también está siendo abordado por parte de los talleres de redes (Badinotti, Marmau) y empresas salmoneras (Ventisqueros, Mainstream). Por lo que se han estado seleccionando fibras que gasten menos litros de pintura por kilo de red. Por ejemplo, el poliéster y el nylon necesitan más pintura que un polietileno de alta resistencia (dinema) para el proceso de impregnación (Com. Pers. Andrés Diaz-Badinotti Chile).

La proyección de la industria salmonera es seguir utilizando la impregnación de redes, principalmente por un tema sanitario y de costos, ya que es un ítem que no supera el 2% del valor



total de la producción en mar (Com. Pers. Leopoldo Strika- Yadrán), siendo un punto en contra, la logística que esto implica (retiro, traslado e impregnación de redes) para lo cual cada empresa salmonera dispone de un profesional a cargo. Sin embargo, el cambio de estrategia contra el “fouling” podría estar dado por el uso de nuevos materiales en la confección de las redes. En este contexto, y a nivel experimental, en Chile se están utilizando nuevas fibras (Euroline) que son capaces de mantenerse en el agua relativamente limpias por más de 9 meses y no requieren de impregnación. Las hebras que componen esta estructura son de polietileno y están tan adheridas unas de otras que no permiten la fijación de incrustantes entre ellas (Com. Pers., Lorenzo Cisternas – Marmau). También se han estado probando balsas-jaulas con redes de aleación de cobre que aparentemente han dado buenos resultados, ya que con un año de uso no ha sido necesario realizar limpiezas profundas (Com. Pers., Sergio Igor –Australis Mar). Una de las grandes ventajas del uso de este material, tanto para el ambiente como para la producción de peces, sería su tasa de lixiviación de un orden de magnitud menor que las de pinturas anti-incrustantes en base a cobre (Com. Pers., Daniel Catalán–Aquatic Global). En su plataforma virtual la empresa Ecossea ([www.ecosea.cl](http://www.ecosea.cl)) menciona que existe una ventaja comparativa en el uso de este tipo de redes respecto de las redes convencionales impregnadas con pinturas en base a cobre, la que se da principalmente porque éstas últimas son sales de cobre embebidas en una matriz orgánica y que actúan por la liberación de cobre iónico al entorno acuático inmediato, lo que causa un efecto tóxico sobre los organismos que componen el “fouling” y potencialmente, sobre otros organismos. En el caso de las redes con aleación de cobre, al no disponer el cobre en forma iónica, promueve una autorregulación de la concentración (sistema homeostático) por parte de los organismos acuáticos (DeForest *et al.*, 2007).

El cobre es aplicado a las formulaciones de pinturas AF por su efecto como alguicida (Dafforn *et al.*, 2011). Sin embargo, también se le conoce por sus propiedades como bactericida, molusquicida y fungicida (Omae, 2003). Además, causa toxicidad en especies de algas marinas, a través de su alteración en la fotosíntesis (Rijstenbil *et al.*, 1994; Cid *et al.*, 1995), desarrollo de esporas (Contreras *et al.*, 2007), crecimiento (Martin *et al.*, 1990; Rijstenbil *et al.*, 1994; Cid *et al.*, 1995; Frankling *et al.*, 2001; Lage *et al.*, 2001) y actividad enzimática (Franklin *et al.*, 2001). Sin embargo, también se ha detectado toxicidad en especies animales como crustáceos, moluscos y tunicados. En crustáceos, modifica la actividad enzimática (Hansen *et al.*, 1992), el comportamiento (nado y fototactismo) (Lang *et al.*, 1980), el crecimiento (Ahsanullah & Williams, 1991) y la sobrevivencia de individuos (Ahsanullah & Williams, 1991; Beckmann, 1994). En tanto, en moluscos y tunicados, afecta al normal desarrollo embrionario (Coglianese & Martin, 1981). En tunicados, también reduce la fertilización y adhesión larval (Bellas *et al.*, 2001) (Tabla 1.7). Los resultados de bioensayos muestran un amplio rango subletal de toxicidad, entre 3,7 µg/L a 50 µg/L (Lang *et al.*, 1980; Coglianese & Martin, 1981; Martin *et al.*, 1990; Ahsanullah & Williams, 1991; Franklin *et al.*, 2001), siendo los anfipodos los más sensibles a este metal (Ahsanullah & Williams, 1991) (Tabla 1.8). Concentraciones letales (LC50) variaron entre 178 a 400 µg/L (Beckmann, 1994; Burrigge & Zilko, 2002). Efectos negativos a nivel comunitario se encontraron a concentraciones de 30 µg/g en sedimentos marinos, con pérdida de diversidad de especies de la infauna Antártica (Stark *et al.*, 2003) (Tabla 1.8).



**5.2. Objetivo Específico 2.2.2** Recopilar la información disponible, bibliográfica y/o de proyectos, internacional, referentes a la normativa en acuicultura especificada para el uso de compuestos de los anti-incrustantes.

Existe un conocimiento muy fragmentado y disperso de los compuestos biocidas que tienen las 19 pinturas AF comercializadas actualmente en Chile. Si bien el óxido cuproso es el principal biocida presente en 17 de estas pinturas. También existen biocidas secundarios (conocidos también como co-biocidas, biocidas potenciados o “booster biocidas”) que pueden tener un efecto aún más negativo en el medio ambiente que el cobre. Un ejemplo de esto son las marcas comerciales Irgarol 1051 ® y Diuron, prohibidas en el Reino Unido desde el año 2002 para su uso en pintura AF (Chesworth *et al.*, 2004), principalmente por su escasa biodegradabilidad y acumulación en el ambiente acuático (Omae, 2003). Por otra parte, el único producto comercial sin cobre, a base de biocida orgánicos biodegradables (Biodeg ® sin cobre), no detalla ningún componente biocida. En este sentido, existe consenso en que concentraciones de biocidas que superan los parámetros ambientales normales, pueden causar tanto alteraciones físicas como conductuales en los organismos marinos, afectando las tramas tróficas de los ecosistemas que habitan, pudiendo impactar significativamente lugares ambientalmente sensibles como lo es el sistema de canales interiores de Chiloé. Es así que algunas autoridades de la UE han expresado su preocupación por los compuestos de cobre utilizados en las pinturas anti-incrustantes, lo que ha conducido a Suecia y los Países Bajos a aplicar restricciones o prohibiciones, dado los riesgos percibidos en entornos locales ambientalmente sensibles (SCENIHR, 2009). En Suecia, el Mar Báltico se considera un medio ambiente ecológicamente sensible, ya que es relativamente joven y desarrolla fuertes gradientes de salinidad. Estas particularidades explicarían la existencia de una diversidad de especies relativamente baja, que se considera importante proteger. En este marco, las autoridades suecas aplican el principio precautorio, lo que ha implicado severas restricciones al uso de cobre en pinturas anti-incrustantes. A pesar de la importancia de proteger la estructura del medio acuático en el mar Báltico, efectos adversos del cobre no se han observado en este entorno altamente sensible (SCENIHR, 2009). Por otra parte, en los Países Bajos se conoce, desde hace tiempo, que la carga de cobre en el medio ambiente acuático continental es especialmente alta debido a la magnitud de contaminantes procedentes de ríos de otras partes de Europa. Los niveles de cobre que se encuentran en las aguas continentales, evidentemente, no pueden estar directamente relacionados o afectados de manera significativa por el uso de pinturas anti-incrustantes que contienen este elemento. Sin embargo, las autoridades holandesas decidieron prohibir el uso del cobre en las pinturas anti-incrustantes en todas las embarcaciones de recreo, sobre todo en aguas interiores. Aún cuando, los efectos adversos del cobre en realidad no han sido observados. De hecho, en una revisión reciente, los científicos líderes de la UE han hecho una recomendación en contra de la prohibición, ya que la evidencia científica no apoya la conclusión de que el cobre tenga un impacto negativo en el medio ambiente (SCENIHR, 2009).





En la Directiva 98/8/CE, dentro los biocidas usados en centros de cultivo de peces se encuentran una gama de desinfectantes, cuyo uso está permitido en la cría de peces. Por ejemplo, para huevos de peces, estanques y equipos. Estos incluyen yodóforos, sales metálicas, compuestos halo-orgánicos, aldehídos, peróxido de hidrógeno, compuestos de amonio cuaternario y tintura antimicrobiana. La liberación de estos anti-incrustantes al ambiente y sus efectos en la calidad de agua, esta normada por muchos países en relación a la emisión de desechos (Costello *et al.*, 2001). Por otra parte, el uso de pinturas anti-incrustantes y sus componentes a nivel de países como Noruega, Canadá y Escocia, está direccionada a la existencia de un registro oficial y a la limitación de las concentraciones de sus principios activos biocidas. No obstante, al año 2010, Escocia era el único país con un reporte de uso de pinturas antifouling de acceso público. Países como EEUU, Sudáfrica, Japón y Suecia, sólo solicitan un registro de los componentes de la pintura anti-incrustante. A nivel de la Comunidad Europea se ha llegado al consenso de que, en general, las pinturas cuyo principio activo es únicamente cobre, pueden ser inocuas para el medio ambiente. Por otra parte, si al cobre se le agrega, como es en la mayoría de los casos, un fungicida o bactericida es necesario su regulación, en función del establecimiento de concentraciones máximas en su contenido y su tasa de lixiviación al medio ambiente. En este sentido, se destaca la poca uniformidad y en algunos casos, la omisión de contenidos en las fichas de cada producto, dificultando su comparación para evaluar, al menos, el mejor producto en el mercado chileno. Hasta el momento, la pintura AF sin cobre y con biocidas orgánicos biodegradables pareciese ser la alternativa más amigable con el medioambiente, pese a ser en base a solvente. Es necesario unificar criterios de evaluación de un producto, ya sea a través de la exigencia de un certificado de origen (Bravo *et al.*, 2005) o de la estandarización de una ficha tipo en que se especifique claramente los componentes de la pintura, las concentraciones de los compuestos activos, la tasa o velocidad de liberación al ambiente ( $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{día}$ ) de los compuestos biocidas (principal variable evaluada en las legislaciones de otros países), la vida promedio en el agua de mar o la tasa de reducción ( $\%$  reducción/día) para evaluar la bio-degradabilidad del producto y finalmente la bio-acumulación en especies cultivadas y no cultivadas. Por otro lado, en Chile se carece de algún tipo de registro del uso, cantidades y contenidos de las pinturas anti-incrustantes. No obstante, en el ámbito del uso de plaguicidas, la autoridad sanitaria, el SAG y Sernapesca tienen atribuciones. En este sentido, el Minsal tiene la potestad para regular la tolerancia de residuos de plaguicidas en alimentos y el SAG para registrar/autorizar su uso. Si bien los plaguicidas no tienen un uso intencionado en la acuicultura, el Sernapesca, tiene la facultad para fiscalizar el cumplimiento de la norma en productos de la pesca (los plaguicidas pueden estar presentes como contaminantes). Con estos antecedentes se evidencia una falta de control por parte de estos organismos, dado que por lo menos el SAG, debería contar con un registro de la cantidad de cobre y otros biocidas (fungicidas, alguicidas o bactericidas) que se encuentran presentes en pinturas anti-incrustantes (Figura 2.67). Consultado Sercotec respecto de la existencia de registros de empresas que realicen faenas de impregnación de redes, detallan que no cuentan con esto y que sólo poseen un registro general de las labores de las empresas, no detallándose a que se dedican específicamente (Anexo 3.10). Esto refuerza la necesidad de contar con un registro de empresas o talleres de impregnación de redes y del contenido detallado de las pinturas anti-



incrustantes disponibles en Chile. Por consiguiente, existen claros riesgos en el uso de pinturas anti-incrustantes no reguladas en el sur de Chile, especialmente en la zona de Chiloé, donde la densidad de empresas de cultivos marinos que las utilizan es extremadamente alta y el conocimiento disponible sobre los sistemas de canales interiores aun es deficiente. En este escenario, se da la posibilidad de que el incremento de la concentración de algunos biocidas pueda causar efectos deletéreos, particularmente en los ecosistemas sensibles de la zona.



**5.3. Objetivo Específico 2.2.3.** Realizar muestreos de sedimentos marinos para determinar la presencia o ausencia, distribución y concentración de compuestos de los anti-incrustantes provenientes de las pinturas antifouling.

A nivel internacional, variados estudios sugieren que el enriquecimiento de cobre y zinc en los sedimentos bajo las balsas-jaulas de cultivo de salmones es resultado de la alimentación y producción de fecas de los peces, lo que se complementa, con un significativo aporte de cobre proveniente de las pinturas anti-incrustantes usadas en los sistemas de cultivos (Hop *et al.*, 2002; Brooks & Mahnken, 2003; Smith *et al.*, 2005; BurrIDGE *et al.*, 2010). En este sentido, los alimentos de peces contienen metales que pueden ser esenciales en la dieta o también compuestos metálicos usados como preservantes como en el caso del sulfato de cobre. Estos alimentos contienen o pueden contener zinc, cobre, cadmio, fierro, manganeso, cobalto, níquel, plomo, magnesio, selenio y mercurio (Gallimore, 1998, 1999; Lorentzen & Maage, 1999; Naylor *et al.*, 1999). Lorentzen *et al.* (1998) señalan que las dietas comerciales para salmones en Noruega y otros países de Europa son suplementadas con cobre en concentraciones que fluctúan entre los 5 y 95 mg/kg de alimento (ppm es equivalente a mg/kg y  $\mu\text{g/g}$ ). En tanto que, Russel *et al.* (2011) señalan que las concentraciones de cobre y zinc en alimento para el salmón del Atlántico va de un rango de 3,5 a 25 mg/kg y 68 a 240 mg/kg, respectivamente. Para el caso de Chile, a partir de dos muestras puntuales procedentes directamente de los centros de cultivo prospectados, los valores encontrados estuvieron entre los 9,2 y 14 mg/kg para el caso del cobre y entre los 147 y 156 mg/kg para el zinc (Anexo 3.11). Dean *et al.* (2007) estimaron el aporte al ambiente de metales procedente de la alimentación de peces en cultivo, encontrando que un 87% del zinc, un 14% cadmio y sólo un 4,3% del cobre tenían dicho origen. Por otra parte, Wells (2007) establece que el 95% del cobre encontrado bajo los módulos de cultivo de peces es liberado desde redes tratadas con pinturas anti-incrustantes. Frecuentemente se consigna en la literatura, que elevadas concentraciones de cobre y zinc han sido observadas en sedimentos cercanos a centros de cultivo. En Canadá, en los sedimentos bajo balsas-jaulas de salmones se han encontrado concentraciones de zinc (233-444  $\mu\text{g/g}$ ) y de cobre (100-150 mg/kg) que exceden los niveles considerados como seguros para la vida acuática (BurrIDGE *et al.*, 1999; Chou *et al.* 2002; Brooks & Mahnken, 2003). Por otra parte, que Brooks & Mahnken (2003) encontraron en un centro de cultivo en British Columbia que el promedio de cobre en estaciones de control (sitios de cultivo sin redes impregnadas) fue de 12  $\mu\text{g/g}$  mientras que bajo las balsas-jaulas impregnadas alcanzan a 48  $\mu\text{g/g}$ . En tanto que, en Nueva Zelanda, la concentración de zinc en el sedimento de un centro de cultivo de salmón, excedió el valor de aceptabilidad de 410  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , con un valor de 665  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , mientras que en el sitio de control la concentración fue de 18  $\mu\text{g}$  (Morrissey *et al.* 2000). En Escocia, Dean *et al.* (2007) encontraron en el sedimento bajo las balsas-jaulas una concentración máxima de cobre de 805  $\mu\text{g/g}$  y de zinc 921  $\mu\text{g/g}$ , indicadores de un probable impacto medioambiental (estándar nacional cobre 270  $\mu\text{g/g}$  y zinc 410  $\mu\text{g/g}$ ). Además, estos autores señalan que los niveles de cobre y zinc decrecen con el incremento de la distancia desde las balsas-jaulas, ausentándose casi en su totalidad alrededor de los 300 m. No obstante, para el caso del zinc un estudio realizado en Canadá detecta su ausencia a una menor distancia (>200 m) (Smith *et al.* 2005). Brooks & Mahnken (2003) señalan para territorio canadiense que a favor de la corriente y a 30-75 m de distancia de las jaulas, la concentración de Zn disminuyó significativamente a 25  $\mu\text{g/g}$ .



En Chile, Ahumada *et al.*, (2002), reporta para algunas zonas de fiordos y canales concentraciones de cobre de 21,9  $\mu\text{g/g}$  y 112  $\mu\text{g/g}$  de zinc. En tanto que, Pineda (2009) encuentra en el estuario del Reloncaví y Fiordo Comau concentraciones de cobre entre 43 y 57 ppm (ppm es equivalente a mg/kg,  $\mu\text{g/g}$ ), 30 ppm en el Seno del Reloncaví y en el Golfo de Ancud se encontraron valores menores de 18 ppm.

### Metales asociados a centros de cultivo en áreas seleccionadas

- Curaco de Vélez

De los 6 metales analizados en sedimento (cobre, zinc, aluminio, estaño, plomo y cadmio), sólo el cobre y el zinc presentaron valores significativamente diferentes entre las estaciones de Curaco de Vélez, separándose las estaciones 9, 10 y 11 que presentan las concentraciones más altas. La estación 10 fue la que mostró mayores diferencias con un promedio de 45,5  $\mu\text{g/g}$  de cobre y 47,7  $\mu\text{g/g}$  de zinc. Estos valores pese a diferenciarse de las otras estaciones están lejos de los 270 a 300  $\mu\text{g/g}$  señalados por la literatura (Burrige *et al.*, 2010) como valores de concentraciones cobre que caracterizarían una zona alterada y que pueda causar algún impacto en la macrofauna a nivel de toxicidad. No obstante, Stark *et al.* (2003), describe que efectos negativos a nivel comunitario en sedimentos marinos se pueden encontrar a concentraciones de 30  $\mu\text{g/g}$ , con pérdida de diversidad de especies de la infauna Antártica. Este antecedente, podría explicar las diferencias detectadas por el análisis NMDS, en cuanto a sus atributos faunísticos, para las estaciones 9, 10 y 11 respecto de las demás estaciones de la zona de Curaco de Vélez.

El análisis de regresión multivariada (BIO-ENV) entre las variables biológicas y ambientales, nos muestra una correlación de 0,68 entre las variables cobre y fauna (Tabla 1.24), pero el análisis de regresión simple y múltiple muestran que las variables físicas no explican las variables biológicas. En consecuencia, se evidencia que el análisis en conjunto de las variables proporciona información más robusta que el análisis por separado, punto que hay que tener en cuenta a la hora de establecer protocolos de análisis de datos e interpretación de los resultados.

La distribución de cobre y zinc no es uniforme alrededor de las balsas-jaulas, encontrándose las concentraciones más altas aproximadamente a 100 m de este. Este resultado se explicaría porque la posición actual del módulo de cultivo ha variado a través del tiempo, lo que ha sido corroborado con los antecedentes de la empresa que indican que anteriormente el tren de balsas-jaulas, previo a febrero de 2009, se ubicaba más cerca de la estación 10 (como se muestra con línea punteada en la Figura 2.68). Por lo que la forma de la distribución es atribuible a las características físicas de la zona (*e.g.*, corrientes predominantes, profundidad; ver Figura 2.56).

Por otra parte, existe diferencia entre la distribución de materia orgánica (esencialmente asociada a la alimentación y heces) y el cobre y/o el zinc, asociable a la existencia de una escala temporal diferencial de permanencia en el sedimento de estos elementos, que cotejado con el cambio



posicional de las balsas-jaulas, brinda una posible explicación de la diferencia (Figura 2.68). Por otra parte, Burrige *et al.* (2010) señalan que el principal aporte de zinc al sedimento proviene de los alimentos suministrados a los peces en cultivo, por lo que la forma de la distribución en los sedimentos de este elemento debería ser similar al correspondiente a la materia orgánica. No obstante, según nuestros resultados para Curaco de Vélez no ocurre, lo que sería sustentado por el movimiento del centro de cultivo y el tiempo de permanencia en los sedimentos pueden alterar los patrones de distribución de la materia orgánica, cobre y zinc, y por ende, afectar la interpretación final de los resultados (Figura 2.68).

- Linlín

La estación número 26, ubicada a aprox. A 10 m de las balsas-jaulas, fue la que alcanzó los más altos valores de cobre y zinc, dando cuenta de una depositación de metales bajo el sistema de cultivo probablemente asociada a las corrientes predominantes y topografía del lugar. Las concentraciones de cobre alcanzadas en la zona están muy por debajo de las reportadas en la literatura como impactadas ambientalmente (Burrige *et al.*, 2010).

Es importante destacar, que los resultados de los análisis de regresión (simple y múltiple) deben ser tomados con cautela, ya que las relaciones significativas fueron influenciadas por un sólo punto. Por otra parte, el test de BIO-ENV mostró que fue la concentración de aluminio y el zinc más el aluminio los elementos que mejor explican la distribución de la riqueza de especies y abundancia de individuos de la macrofauna bentónica en la zona de estudio (Tabla 1.27). Sin embargo, los resultados de la prueba RELATE no mostraron una relación significativa entre la matriz biológica que subyace al EMDNM y la matriz de similitud resultante de los datos de metales pesados, indicando que la “distribución de los metales pesados” no explica significativamente la estructura comunitaria de la macrofauna.

- Llingua.

En general las estaciones de la Isla Llingua, alcanzaron concentraciones de cobre muy superiores a los otros dos lugares estudiados (Curaco de Vélez y Linlín), mostrándose como un área donde los altos niveles de cobre pueden ser determinantes en la calificación de una zona ambientalmente afectada. La estación con mayor concentración promedio fue la número 4, pero valores significativamente altos (sobre 300 µg/g) también fueron encontrados en las estaciones 5, 6, 7, 8 y 9 (Tabla 1.18). La gran diferencia mostrada en cuanto a la concentración de cobre en sedimentos respecto de los otros dos sectores puede deberse a la orientación del módulo de cultivo (perpendicular a la costa a diferencia de los otros centros que se orientan en paralelo) y a procesos locales particulares en Llingua que generen tiempos diferenciales de permanencia en los sedimentos (e.g., corrientes predominante/residual, topografía ). Por ejemplo, las estaciones que están más contaminadas presentan más fango y un menor potencial redox y son las más profundas. Particularidades que se ven reflejada en que en algunas ocasiones se han presentado bajas concentraciones de oxígeno en la columna de agua o bien, se han reportado agregaciones de



medusas (e.g., noviembre de 2012). Pese a que la distribución de los metales pesados no explica significativamente la estructura comunitaria de la macrofauna el análisis de BIO-ENV si nos muestra que existe cierta relación entre la variable cobre y los atributos de la macrofauna (riqueza de especies y abundancia). En esta línea, Brooks (2000), analizando la liberación de cobre desde pinturas AF encuentra pérdidas iniciales de  $155 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{día}$  y tasas de declinación exponencial. En este contexto, este autor sugiere un modelo, de acuerdo al criterio de calidad de las aguas, en el cual los centros de cultivo no podrían exceder las 24 jaulas en dos filas orientadas paralelamente a la corriente, que no debe superar los 20 cm/s. Si cambiaba cualquiera de estas condiciones la concentración de cobre ambiental sobrepasaría los criterios de calidad ambiental de Canadá. Por tanto, es importante que en posteriores estudios se incluyan este tipo de muestreos y análisis para poder contar con una panorámica más amplia de los factores y variables que puedan estar influenciando la depositación y permanencia de ciertos metales en los sedimentos marinos asociados a cultivos que usan redes impregnadas con pinturas anti-incrustantes. Las concentraciones de zinc y aluminio resultaron comparables a las de los otros sectores no habiendo diferencias significativas entre estaciones.



**5.4. Objetivo Específico 2.2.4.** Realizar muestreos de las condiciones ambientales de los sedimentos marinos, en centros de cultivo que utilizan redes impregnadas con anti-incrustantes, de la X Región de Los Lagos, considerando los parámetros físico-químicos como materia orgánica total, granulometría, pH y potencial redox.

La distribución vertical de la temperatura y la salinidad, registrada para las mediciones de CTD efectuadas en octubre de 2012, exhibe una estructura termohalina completamente mezclada, independiente de la profundidad. Los antecedentes anteriormente descritos confirman la estructura descrita por Silva *et al.* (1997, 2002). Tal como ha sido expuesto por Silva *et al.* (1997), las características de los patrones en la estructura térmica están relacionados básicamente a la interacción de diferentes forzantes físicas. Estas forzantes podrían dar cuenta de la radiación diferencial, en términos de fluctuación, ya que la capa superficial es la que recibe la mayor cantidad de radiación absorbiendo más cantidad de calor y presentando una temperatura superficial mayor. Esto explicaría las temperaturas  $> 11^{\circ}\text{C}$  observadas en algunas estaciones. En tanto que, la disminución de la temperatura con una fuerte tendencia hacia la homogeneidad presentada con la profundidad, estaría relacionada con procesos de mezcla, ya que en zonas someras con profundidades  $< 100$  m la capa de mezcla alcanza toda la columna de agua, lo cual está relacionada al efecto del viento y procesos de marea. En aguas de mayor profundidad, localizadas debajo de los 150 m, puede estar relacionada con la intrusión de masas de agua oceánicas de características más frías. Es así que, la temperatura en el sector Curaco de Vélez (más somero) da cuenta de un proceso evidente de mezcla en la columna de agua, observándose en un leve descenso con la profundidad (de  $12,1$  a  $11,3^{\circ}\text{C}$ ). En tanto que, para los sectores de Linlín y Llingua (más profundos), la temperatura levemente menor disminuye paulatinamente a medida que se incrementa la profundidad, variando desde los  $11,9$  a los  $10,6^{\circ}\text{C}$ . Por otra parte, y como ha sido descrito por Silva & Valdenegro (2003) para los fiordos y canales australes, la influencia del agua sub-antártica ASAA que por efecto de agua estuarina (28-31 psu) y/o agua dulce (1-28 psu), transforma el ASAA en agua sub-Antártica modificada ASAAM (32-33 psu). Los registros de salinidad en este estudio estarían indicando la presencia de este tipo de agua, sin la presencia de agua dulce o estuarina que se observa en las capas superficiales (0-25 m). La salinidad en el sector Curaco de Vélez refuerza el planteamiento de una columna de agua mezclada, observándose en un leve incremento con la profundidad (de  $32,1$  a  $32,4$  psu). En tanto que, para los sectores de Linlín y Llingua, la salinidad levemente mayor aumenta paulatinamente a medida que se incrementa la profundidad, variando desde los  $32,5$  a los  $32,7$  psu.

El oxígeno disuelto también presenta una estructura de dos capas, con aguas bien oxigenadas en superficie y con menores concentraciones en profundidad. Los factores que provocan esta distribución vertical se relacionan principalmente con procesos biogeoquímicos y forzantes físicas (e.g., remineralización, intercambio océano-atmósfera, mezcla vertical), tal como ha sido planteado por Silva *et al.* (1997) y Silva & Calvete (2002). Silva (2008) señala que las concentraciones superficiales de oxígeno pueden ser tan elevadas con valores sobre los  $11$  mg/L. Sin embargo, lo usual es registrar valores cercanos a la saturación en superficie ( $\approx 8$  mg/L). Es así que, las concentraciones de oxígeno en las zonas de estudio nos dan cuenta de una buena oxigenación de la



columna de agua, observándose en el sector Curaco de Vélez una leve disminución con la profundidad (de 10,4 mg/L a 9,6 mg/L). En tanto que, para los sectores de Linlín y Llingua, las concentraciones de oxígeno disminuyen paulatinamente a medida que se incrementa la profundidad, variando desde los 8,5 mg/L a los 5,7 mg/L de oxígeno.

Los sedimentos de un sistema acuático reflejan la calidad ambiental del agua, así como las variaciones temporales de parámetros hidrológicos y químicos. Los depósitos sedimentarios son importantes en la identificación, monitoreo y distribución de los metales trazas contaminantes, debido a que estos metales son fijados en los sedimentos por las arcillas, óxidos hidratados de Fe, Mn y Al, carbonatos y materia orgánica (Azevedo, 1988). La materia orgánica de los sedimentos depende de la textura, la tasa de sedimentación y de las relaciones de velocidad de sedimentación y descomposición de la materia orgánica. (Pineda, 2009). Los valores de materia orgánica en sedimento observados en las tres áreas de estudio, dan cuenta de donde el impacto de la acuicultura no es notorio: 1,33% en Curaco de Vélez, 1,08% en isla Linlín y 1,56% en isla Llingua. Cabe notar que en Llingua la estación 34 arrojó un valor de 6% de materia orgánica, ubicándose bajo el límite de 9% a partir del cual se acepta impacto ambiental por actividades de acuicultura (Res. Ex. (Subpesca) N° 3.612/2009). No obstante, en mediciones realizadas entre Puerto Montt y la Península de Taitao, los contenidos de materia orgánica variaron de 0,6 a 11,4% (Silva, 2006). Por otra parte, Silva (2009) encuentra altos porcentajes de materia orgánica (entre 8,5% y 10,4%) en el seno del Reloncavi, un área con intenso uso en acuicultura.

En general las características granulométricas de los tres sectores de estudio fueron similares. Las áreas de muestreo se caracterizan por presentar un mayor predominio de arena fina en todas las estaciones: 59,9% en Curaco de Vélez, 52,8% en isla Linlín y 35,1% en isla Llingua. Esta última presenta también porcentajes similares de representación de arenas medianas (26,5%). En tanto que, el potencial de óxido reducción (redox) presenta un valor promedio 268,2 mV en Curaco de Vélez, 262 mV en Linlín y 212,4 mV en Llingua. Aparentemente, una condición asociada a la batimetría propia de cada lugar: Curaco de Vélez con una profundidad promedio de 17,4 m, Linlín con 38,4 m y Llingua con 44 m. Todas estas características, al igual que la materia orgánica, coinciden con lugares donde la acuicultura no ha producido una alteración significativa en las condiciones naturales de los sedimentos (*sensu* Res. Ex. (Subpesca) N° 3.612/2009).

### **Relación fauna-sedimento**

En general, los contenidos de metales pesados y otros parámetros físico-químicos (e.g., pH, redox) no explicaron la distribución de la macrofauna. Una excepción a esto fue lo observado en Curaco de Vélez, donde las pruebas de BIO-ENV y RELATE mostraron que el contenido de cobre explica la distribución de la macrofauna. Sin embargo, estos resultados deben ser tomados con cautela, ya que las muestras de sedimento tomadas para caracterizar la estructura comunitaria de la macrofauna fueron tamizadas en malla de 1000  $\mu$  (estándar RAMA), perdiéndose valiosísima información de especies e individuos bajo esa talla. En consecuencia, se hace imprescindible considerar para el análisis de metales pesados en





sedimentos ampliar el rango de tamaños de los organismos a determinar ( $\approx$ identificar). En este sentido, el nivel óptimo propuesto va en las 500  $\mu$ . Por otra parte, revisando críticamente la metodología aplicada en la resolución acompañante del RAMA (Resolución Exenta (Subpesca) N° 3.612/2009) para el análisis de la macrofauna bentónica, se establece sólo la exigencia que el nivel de resolución taxonómica alcance como mínimo a familia. Esto es claramente insuficiente si se pretende detectar diferencias entre estaciones que puedan estar afectadas por altas concentraciones de cobre u otro contaminante. Si bien es cierto, que el alcanzar niveles de resolución a nivel de género o especie puede ser técnicamente más complejo sería más útil establecer diferencias a nivel de entidades biológicas conspicuas (e.g., morfoespecie) y poder así, discriminar si una u otra especie varía en cuanto a abundancia o biomasa, y si analizamos la comunidad en general, a nivel de biodiversidad. Esta consideración se fundamenta en una revisión más fina realizada institucionalmente a los frascos testigos del análisis de macrofauna, efectuado inicialmente por un laboratorio acreditado según estándar RAMA.

Si analizamos en su conjunto los datos obtenidos durante el transcurso de este proyecto se puede apreciar la existencia de relación entre la depositación de ciertos metales pesados (como cobre, zinc y aluminio) y la presencia de balsas-jaulas que utilizan redes impregnadas con pinturas anti-incrustantes. Por ende, puede verse afectada su distribución y permanencia en los sedimentos de acuerdo a parámetros físicos, químicos y biológicos propios y particulares de cada zona, descartándose en esta ocasión la posibilidad de que el aporte de estos metales pudiera provenir de otras fuentes aloctonas que puedan afectar las conclusiones que puedan derivarse de este estudio. Acciones futuras deberían tender al desarrollo de experimentos en relación con tasas de lixiviación de los metales pesados y su concentración en la columna de agua. Además de evaluar sus efectos sobre los organismos fitoplanctónicos y las posibles alteraciones de las cadenas tróficas naturales.

La concentración de cobre en las pinturas anti-incrustantes es uno de los factores más relevantes a la hora de evaluar la principal fuente de una posible depositación en sedimentos marinos asociados a centros de cultivo que impregnan sus redes. Por consiguiente, la solicitud por parte de la autoridad competente de una ficha técnica que se atenga a la realidad del producto puede ayudar a evaluar y finalmente prevenir posibles alteraciones e impactos, tanto en sedimentos como en la macrofauna asociada a ellos. Por otra parte, la relación entre la concentración de cobre en pinturas anti-incrustantes y la cantidad de cobre que se deposita en los sedimentos marinos asociados a los centros de cultivo es una tarea pendiente que no se pudo abordar en el periodo de estudio, pero que debiese ser preponderante en futuras evaluaciones del impacto de las pinturas anti-incrustantes en sedimentos marinos.



### **5.5. Objetivo Específico 2.2.5.** Determinar mediante un modelo la dispersión el comportamiento de las partículas provenientes de los compuestos presentes en las pinturas anti-incrustantes.

La configuración de la corriente mostró un predominio en las direcciones noroeste-sureste mostrando un comportamiento reversible de la corriente asociado a la entrada y salida de agua durante marea llenante y vaciante. La disminución en la intensidad de la corriente observada en la entre los días 6 y 10 de octubre se encuentran asociadas a periodos de cuadratura que ocasionan una disminución en la amplitud de marea y en la intensidad de la corriente.

Los resultados obtenidos a través de los histogramas de frecuencias y las elipses de máxima varianza mostraron un predominio en la dirección noroeste-sureste revelando que la mayor parte del flujo que entra por el canal Dalcahue proviene del agua que ingresa a través del Golfo Corcovado en dirección noroeste siendo modulada por la configuración de la línea de costa en el sector. Dentro de este contexto, los altos valores obtenidos a través del análisis armónico a la corriente indicaron la alta energía mareal del sector, la que es provocada por la corriente de marea que avanza a través del Golfo Corcovado, considerando que la onda de marea en estuarios y canales interiores recibe su energía directamente del océano exterior (Fierro, 2006).

El flujo residual mostró una importante componente noroeste evidenciando un alineamiento entre la dirección de las corrientes con el eje del canal explicando los efectos batimétricos sobre el flujo. Otra parte del flujo residual podría ser explicado por el patrón regional de vientos. En general los resultados pueden reflejar que la dinámica de las corrientes en el canal Dalcahue se encuentra modulada principalmente por la influencia de la marea junto con la batimetría del mencionado canal.

Los patrones generales de circulación detallados anteriormente son reproducidos por el modelo hidrodinámico. Si bien es cierto que la evaluación se construyó a partir de comparaciones de promedios horarios filtrando aquellos datos de frecuencias más altas, esta es, consistente en cuanto a modular el efecto de la onda de marea y su entrada en canales interiores y, en donde, es muy posible ver efectos de amplificación de fenómenos de constituyentes de aguas someras. Las correlaciones que miden el grado de relación lineal entre lo observado y simulado muestran sobre el 80% de correspondencia mientras que, en términos de desviación, el modelo tiende a sobrestimar los valores observados en valores de 3 a 7 cm/s. En general, el proceso y los resultados de evaluación de los modelos numéricos no es algo que se encuentre bien documentado sobre todo en Chile, este paso le otorga mayor robustez a la herramienta que se quiere utilizar, proporcionando mayores garantías.

Es necesario seguir aumentando los datos de entrada del modelo, principalmente en términos de batimetría, ya que debido a los somero de los canales se vuelve una variable extremadamente importante, mas aún, se detectaron importantes diferencias en cuanto a la profundidad procesada desde datos SHOA y mediciones hechas en el periodo de muestreo, probablemente los procesos de



interpolación realizados con los datos de sondas del SHOA, contienen errores importantes por la falta de densidad de estos mismos.

La modelación de transporte de partículas de pinturas AF y en especial el cobre, no había sido abordada anteriormente en Chile. El énfasis de estudio preliminar hizo enfocar la estrategia de modelación en términos de transporte físico, no incluyendo procesos químicos que pueden interactuar con estas partículas. Como es conocido, el cobre liberado en el agua tiende a formar complejos con materia orgánica a través del proceso químico de complejación (Mantoura *et al.*, 1978). Por tanto, el primero enfoque es preocuparse sólo de las partículas de cobre sedimentable (mayor parte). Una primera aproximación en este sentido es poder usar las características físicas de la materia orgánica que es la que se ligará a estas partículas de cobre. Esto permitiría establecer el área de influencia en que cobre podría estar afectando.

Los experimentos en este caso permitieron mostrar que el espacio de influencia de estas partículas esta limitado a las cercanías del centro de cultivo, como máximo a 300 m, y que dependen de cual sea la tasa de sedimentación. En el caso de mayores dispersiones cabe señalar que el área o sombra se distribuye de forma asimétrica hacia cada lado del centro de cultivo, lo que estaría determinado por el patrón de circulación residual en aquel sector y que muy probablemente en este caso se deba a la geometría del lugar. Esto resulta especialmente interesante, ya que de alguna manera permite evaluar la consistencia del modelo, en el sentido, si es posible encontrar, por ejemplo, mayores valores de materia orgánica o metales pesados en el lado norte de este centro que en el lado sur.

En el caso que las partículas de cobre sedimenten con el pellet de alimento de salmón, que tiene una tasa de sedimentación mucho mayor, debiésemos encontrar una concentración muy alta bajo las balsas jaulas con tendencia a ser mayor hacia el sector NW del centro de cultivo, explicado probablemente por el patrón de circulación neto hacia esa dirección.

Esta primera aproximación a la problemática de la dispersión de pinturas anti-incrustantes no nos permite establecer una cierta cantidad de cobre en el sedimento, pero si nos permite establecer a grandes rasgos cual el patrón de dispersión que este debiese tener desde un centro de cultivo y por tanto, es un punto de partida que nos permite enfocar la problemática desde un punto de vista de mayor integración.



**5.6. Objetivo Específico 2.2.6.** Difundir esta información a través de un taller y/o seminario.

Recogiendo experiencias anteriores similares (Salzwedel *et al.*, 2002; Murillo *et al.*, 2006, 2008, 2010), y con el propósito de lograr una mayor cobertura participativa y de recoger adecuadamente la información requerida en el marco del proyecto, se aplica una modalidad de trabajo que consiste en realizar reuniones focalizadas con representantes de cada empresa. Como consecuencia directa de este mecanismo, se aspira abrir un canal regular de comunicación, entre el equipo técnico del IFOP y actores relevantes de la acuicultura regional, fortaleciéndose la interacción técnica y configurándose un proceso participativo e integrador de las distintas visiones sectoriales respecto de la problemática que se está abordando. En este sentido, la experiencia indica que el punto de partida, para la elaboración de una propuesta sólida, es involucrar tempranamente a los grupos de interés, puesto que permite validar los resultados, facilita el consenso y reduce conflictos posteriores (Salzwedwl *et al.*, 2002).



## 6. CONCLUSIONES

---

**6.1. Objetivo Específico 2.2.1.** Recopilar la información disponible, bibliográfica y/o de proyectos, nacional e internacional, que aporte con antecedentes referentes a los compuestos de los anti-incrustantes, su interacción con los organismos marinos presentes en el sedimento y sus alrededores, principio activo del producto, entre otros aspectos.

- A nivel nacional son 20 las pinturas anti-incrustantes que se están comercializando para su uso en acuicultura, todas en base a compuestos biocidas. De estas, 17 tienen como compuesto principal el óxido cuproso y las restantes, poseen otros biocidas distintos al cobre (algunos no especificados).
- La falta de uniformidad de las fichas técnicas y de seguridad de los productos dificultan su comparación. Resalta la omisión de los biocidas y/o de sus concentraciones en algunas de estas. Por consiguiente, no se cuenta en el país con suficiente información para evaluar el riesgo medio ambiental que pueden representar el uso de estos productos.
- En cuanto al uso en Chile de las pinturas AF en talleres de redes y en centros de cultivo de salmónidos, las marcas de pintura más utilizadas son: Aquanet base agua (Bayer) y A/F base solvente (Sherwin Williams), predominando aquellas pinturas en base agua por sobre las de base solvente.
- El volumen de pintura AF utilizadas por parte de las empresas salmoneras va en directa relación con el número y tamaño de balsas-jaulas, niveles de producción por centro y especie en cultivo. Se estima que actualmente el consumo de pinturas por parte de la industria acuícola alcanzaría los 6.132.000 L.
- Dentro de los tratamientos de limpieza de redes (peceras y loberas) en centros de cultivo, se destacan los siguientes: 1) impregnación con pinturas AF y lavado, en talleres de redes autorizados, 2) no impregnación con pinturas AF y lavado en talleres de redes autorizados y 3) no impregnación con pinturas AF y lavado *in situ*.
- De las 23 empresas de salmonicultura encuestadas (con un rango entre 3 a 48 centros operativos por empresa), se encontró que las empresas adoptaron distintos tratamientos de limpieza, lo cuales variaron según la época del año. En invierno mayoritariamente las empresas “sólo impregnan” sus redes (68%), tanto loberas como peceras. En tanto, en primavera la situación cambia considerablemente, aumentando el lavado *in situ* (de un 16% a un 28%), lo que se debería a la incorporación a esta práctica de redes impregnadas.



- Los encargados de talleres de redes y de las empresas salmoneras, coincidieron en que las pinturas antiincrustantes debieran tener como atributos: un efecto prolongado, *i.e.*, que duren en la red un ciclo productivo completo; ser amigable con el medio ambiente (ausencia de cobre y metales pesados); y mantener las propiedades (calidad) en el tiempo.

**6.2. Objetivo Específico 2.2.2.** Recopilar la información disponible, bibliográfica y/o de proyectos, internacional, referentes a la normativa en acuicultura especificada para el uso de compuestos de los anti-incrustantes.

- Existe consenso en que concentraciones de biocidas que superan los parámetros ambientales normales pueden causar tanto alteraciones físicas como conductuales en los organismos marinos. Afectando además, a las tramas tróficas de los ecosistemas que habitan, pudiendo impactar significativamente lugares ambientalmente sensibles como lo sería el sistema de canales interiores de Chiloé.
- La falta en Chile de adecuadas medidas de control de pinturas anti-incrustantes y sus componentes (*e.g.*, existencia de un registro nacional) permite la comercialización de pinturas que contienen TBT y el uso desregulado de biocidas y/o pesticidas de reconocido impacto ambiental (Diuron, Ingarol, etc.).
- En Chile a diferencia de países como Noruega, Canadá y la Comunidad Europea, el uso de óxido cuproso, como agente anti-incrustante, no está reglamentado en cuanto a sus tasas de lixiviación o de liberación al ambiente.



**6.3. Objetivo Específico 2.2.3.** Realizar muestreos de sedimentos marinos para determinar la presencia o ausencia, distribución y concentración de compuestos de los anti-incrustantes provenientes de las pinturas antifouling.

- Las más altas concentraciones de metales estuvieron mayoritariamente asociadas a estaciones de muestreo bajo las balsas-jaulas.
- La distribución de cobre y zinc no es uniforme alrededor de las balsas-jaulas, lo que es atribuible a características físicas sitio-específicas (e.g., corrientes predominantes, profundidad) o a la rotación del módulo de cultivo.
- En Curaco de Vélez y Linlín, a diferencia de Llingua (1100  $\mu\text{g/g}$ ), no se sobrepasaron las concentraciones de cobre en sedimentos descritas en la literatura para calificar a una zona como ambientalmente impactada (108  $\mu\text{g/g}$ ).
- A pesar de los altos valores de Cu encontrados en Llingua, los análisis estadísticos no mostraron una relación entre los metales pesados y los atributos comunitarios de la macrofauna. En consecuencia, para complementar este tipo de estudios se debería realizar experimentos que permitan evaluar si concentraciones de metales pesados como las registradas tienen un efecto nocivo sobre la macrofauna bentónica sur-austral.
- Futuros estudios deberían incluir la evaluación directa del aporte de metales pesados de las pinturas anti-incrustantes a los sedimentos, permitiendo de esta manera establecer efectivamente la procedencia de los metales detectados.
- Se recomienda que la realización de estudios de este tipo consideren una ventana temporal más amplia (anual), a fin de contar con más antecedentes que permitan sustentar interpretaciones más robustas sobre los resultados del estudio y consecuentemente, contar con mejores herramientas para la toma de decisiones. Adicionalmente, se hace necesario en sectores que han tenido un uso intensivo en acuicultura reconstruir, por medio del registro sedimentario, sus condiciones preoperacionales o de "línea base".



**6.4. Objetivo Específico 2.2.4.** Realizar muestreos de las condiciones ambientales de los sedimentos marinos, en centros de cultivo que utilizan redes impregnadas con anti-incrustantes, de la X Región de Los Lagos, considerando los parámetros físico-químicos como materia orgánica total, granulometría, pH y potencial redox.

- La condición ambiental, tanto de los sedimentos como de la columna de agua, de los tres sectores estudiados se presenta, en general, como aceptable.
- En general, los contenidos de metales pesados y otros parámetros físico-químicos (e.g., pH, redox) no explicaron la distribución de la macrofauna. Una excepción a esto fue lo observado en Curaco de Vélez, donde las pruebas de BIO-ENV y RELATE mostraron que el contenido de cobre explica la distribución de la macrofauna.
- Futuros estudios tendientes a establecer en forma más robusta los efectos de metales pesados sobre la macrofauna bentónica, deberían considerar una discriminación más fina que la utilizada en el marco de la aplicación de la Resolución Exenta (Subpesca) N° 3.612/2009. Esto es, que sean retenidos en un tamiz de 500  $\mu$  y la identificación a nivel de entidades biológicas conspicuas (e.g., morfoespecie), permitiendo con esto, el aumentar el número de individuos y las especies a comparar.
- En el futuro los muestreos deben incluir una mayor resolución batimétrica y de correntometría para recoger de mejor forma la variabilidad espacial del área que se pretende estudiar, insumo último, que permitirá una mejor comprensión de los procesos locales que interfieren en la detección de relaciones entre la macrofauna y los parámetros físico-químicos del entorno..





**6.5. Objetivo Específico 2.2.5.** Determinar mediante un modelo la dispersión el comportamiento de las partículas provenientes de los compuestos presentes en las pinturas anti-incrustantes.

- La hidrodinámica mostró una fuerte influencia de la marea, la que junto a la geometría del sector, explicaría el patrón de circulación local.
- El modelo hidrodinámico de alta resolución implementado logra reproducir los patrones de circulación locales, alcanzando correlaciones sobre el 80%, aunque tiende a sobrestimar las magnitudes de la corriente en valores de 3 a 7 cm/s.
- Se hace necesario aumentar la cantidad de datos disponibles para modelación de alta resolución, sobre todo en batimetrías, ya que es un aspecto crítico en estos sectores.
- El modelo de dispersión mostró que el área de influencia de partículas de cobre no debiese superar los 300 m y que la mayor concentración se produce bajo las balsas-jaulas.



## 7. CARTA GANTT DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Actividades	A G O	S E P	O C T	N O V	D I C
<b>Objetivo 4.1</b>	x	x	x		
Recopilación y sistematización de información sobre la utilización de anti-incrustantes en acuicultura a nivel mundial.	x	x			
Estado de situación en Chile del uso de anti-incrustantes en acuicultura	x	x			
Análisis crítico de los efectos del uso de anti-incrustantes sobre los organismos marinos y su entorno.	x	x	x		
<b>Objetivo 4.2</b>	x	x	x		
Identificación de instrumentos regulatorios y disposiciones legales internacionales sobre la utilización de anti-incrustantes en acuicultura	x	x			
Recopilación y sistematización de la normativa nacional vigente sobre el uso de anti-incrustantes en acuicultura	x	x			
Análisis crítico del marco regulatorio actual		x	x		
<b>Objetivo 4.3</b>	x	x	x	x	x
Selección de las áreas de muestreo	x				
Preparación de campañas de muestreo	x	x	x		
Campañas de muestreo de compuestos anti-incrustantes en áreas selectas			x	x	
Análisis de las muestras de anti-incrustantes en laboratorio				x	x
Procesamiento, análisis de datos y representación espacial de compuestos anti-incrustantes				x	x
<b>Objetivo 4.4</b>	x	x	x	x	x
Selección de las áreas de muestreo	x				
Recopilación de información ambiental existente	x	x	x		
Preparación de campañas de muestreo	x	x	x		
Campañas de muestreo de parámetros físico-químicos en áreas selectas			x	x	



Análisis de muestras en laboratorio			X	X
-------------------------------------	--	--	---	---

**Carta Gantt (Continuación).**

Actividades	A G O	S E P	O C T	N O V	D I C
<b>Objetivo 4.4</b>	X	X	X	X	X
Procesamiento, análisis de datos y representación espacial de parámetros físico-químicos en áreas selectas				X	X
Determinación del estado ambiental de las áreas				X	X
<b>Objetivo 4.5</b>		X	X	X	
Selección de dominio de alta resolución		X	X		
Modelación numérica del transporte de partículas			X	X	
<b>Objetivo 4.6</b>	X	X	X	X	X
Reuniones de coordinación e intercambio técnico	X		X		X
Taller y difusión general del proyecto	X	X	X	X	X
<b>Generales del proyecto</b>		X			X
Informe de avance I		X			
Pre- informe final					X
Informe final					X



## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Ahumada, R., A. Rudolph & S. Contreras. 2002. Contenido de metales (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn) en sedimentos de los fiordos patagónicos (52°-56° S), Chile. *Cienc. Tecnol. Mar* 25(2): 77-86.
- Ahsanullah, M. & A. Williams 1991. Sublethal effects and bioaccumulation of cadmium, chromium, copper, and zinc in the marine amphipod *Allorchestes compressa*. *Mar. Biol.* 108: 59-65.
- Amiard-Triquet, C., B. Berthe & R. Martoja. 1991. Influence of salinity on trace metal (Cu, Zn, Ag) accumulation at the molecular, cellular and organism level in the oyster *Crassostrea gigas* Thunberg. *Biol. Met.* 4: 144-150.
- Arnold, W., R. Santore & J. Cotsifas. 2005. Predicting copper toxicity in estuarine and marine waters using the biotic ligand model. *Mar. Pollut. Bull.* 50: 1634-1640.
- Atared. 2008. El lavado de redes in situ y en plataformas flotantes, la perspectiva de ATARED A.G. En:  
<http://www.atared.cl/admin/data/upimages/INFORMEDIRINMARLAVADOINSITU.pdf>.
- Backhaus, T., M. Faust, M. Scholze P. Gramatica, M. Vighi & L.H. Grimme. 2004. Joint algaltotoxicity of phenylurea herbicides is equally predictable by concentration addition and independent action. *Environ. Toxicol. Chem.* 23: 258-264.
- Bazes, A., A. Silkina, D. Defer, C. Bernède-Bauduin, E. Quéméner, J.P. Braud & N. Bourgougnon. 2006. Active substance from *Ceramium botryocarpum* use as antifouling products in aquaculture. *Aquaculture* 258: 664-674.
- Bechmann, R.K. 1994. Use of life tables and LC50 tests to evaluate chronic and acute toxicity effects of copper on the marine copepod *Tisbe furcata* (Baird). *Environ. Toxic. Chem.* 13: 1509-1517.
- Beck, A. & S. Sanudo-Wilhelmy. 2007. Impact of water temperature and dissolved oxygen on copper cycling in an urban estuary. *Environ. Sci. Technol.* 41(17):6103-6108.
- Bellas, J. 2006. Comparative toxicity of alternative antifouling biocides on embryos and larvae of marine invertebrates. *Sci. Total Environ.* 367: 573-585.
- Bohle, C. 2013. Cosecha de salmónidos aumentó un 30% a noviembre de 2012. *SalmonXpert*. Disponible en [http://www.salmonxpert.cl/?page\\_id=147&article\\_id=97674](http://www.salmonxpert.cl/?page_id=147&article_id=97674).



- Braithwaite, R., M. Carracosa & L. McEvoy. 2007. Biofouling of salmon cage netting and the efficacy of a typical copper-based antifoulant. *Aquaculture* 262: 219-226.
- Bravo, S., H. Dölz, M. Silva, C. Lagos, A. Millanao & M. Urbina. 2005. Diagnóstico del uso de fármacos y otros productos químicos en la acuicultura. Informe Final Proyecto FIP No 2003. 256 pp. En: [www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/inffinal%202003-28.pdf](http://www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/inffinal%202003-28.pdf).
- Brooks, K. 2000. Determination of copper lost rates from Flexgard XI™ treated nets in marine environments and evaluation of the resulting environmental risks. Report to the Ministry of Environment for the BC Salmon Farmers Association. 1200 West Pender St. Vancouver BC. 24 pp.
- Brooks, K. & C. Mahnken, 2003. Interactions of Atlantic salmon in the Pacific Northwest environment 111 Accumulation of zinc and copper. *Fish. Res.* 62: 295-305.
- Brooks S. & M. Waldo. 2009. The use of copper as a biocide in marine antifouling paints. *In: Hedio, C., Yebra, D. (Eds.), Advances in Marine Antifouling Coatings and Technologies.* Woodhead Publishing Limited, Cambridge, pp. 492–521.
- Brooks, S.J., T., Bolam, L. Tolhurst, J. Bassett, J. La Roche, M. Waldo, J. Barry, & K.V. Thomas. 2007. The effects of dissolved organic carbon on the toxicity of copper to the developing embryos of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Environ. Toxicol. Chem.* 26: 1756–1763.
- Brower, J. & J. Zar. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. WC. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa. 194 pp.
- Boxall, A., S. Comber, A. Conrad, J. Howcroft & N. Zaman. 2000. Inputs, monitoring and fate modelling of antifouling biocides in UK Estuaries. *Mar. Pollut. Bull.* 40:898–905.
- Burridge, L.E. & V. Zitko. 2002. Lethality of Copper Sulphate and Copper-Treated nets to Juvenile Haddock, *Melanogrammus aeglefinus*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 69: 378-383.
- Burridge, L., K. Doe, K. Haya, P. Jackman, G. Lindsay & V Zitko. 1999. Chemical analysis and toxicity tests on *sediments* under salmon net pens in the Bay of Fundy. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2291. iii + 39 pp.
- Burridge, L., Weis, J., Cabello, F., Pizarro, J., Bostick, K. 2010. Chemical use in salmon aquaculture: A review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306: 7-23.



- Callow, J. 2010. Advanced nanostructured surfaces for the control of biofouling. The Publishable Final Activity Report of the AMBIO Integrated Project. Project No. NMP4-CT-2005-011827. 47 pp.
- Callow, J. & M. Callow. 2011. Trends in the development of environmentally friendly fouling-resistant marine coatings. *Nature Communications* 2: DOI.10.1038/ncomms1251.
- Campos, M. & C. Van den Berg. 1994. Determination of copper complexation in sea water by cathodic stripping voltammetry and ligand competition with salicylaldehyde. *Anal. Chim. Acta* 284(3): 481-496.
- Cárdenas, 2004. Resumen repositorio proyectos Fondef "Sistemas intensivos de cultivos de peces y sus aplicaciones como agente antimicrobiano, en agua dulce, y antifouling de descarga lenta en agua de mar". Proyecto D0411286.
- Carr, M. 1997. Primer User Manual. Plymouth Marine Laboratory Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research. Plymouth. PL13DH, UK. 63 pp.
- Chen, Y., M. Beveridge & T. Telfer. 1999. Physical characteristics of commercial pelleted atlantic salmon feeds and consideration of implications for modeling of waste dispersion through sedimentation. *Aquacult. Int.* 7: 89-100.
- Chesworth, J., M. Donkin & M. Brown. 2004. The interactive effects of the antifouling herbicides Irgarol 1051 and Diuron on the seagrass *Zostera marina* (L.). *Aquat. Toxicol.* 66: 293-305.
- Chou, C., K. Haya, L. Paon, L. Burrigden & J. Moffatt. 2002. Aquaculture-related trace metals in sediments and lobsters and relevance to environmental monitoring program ratings for near-field effects. *Mar. Poll. Bull.* 44: 1259-1268.
- Christen, K. 1999. IMO will ban use of a popular biocide. *Environ. Sci. Technol.* 33(1):11.
- Cid A., C. Herrero, E. Torres & J. Abalde 1995. Copper toxicity on the marine microalga *Phaeodactylum tricorutum*: effects on photosynthesis and related parameters. *Aquat. Toxicol.* 31: 165-174.
- Clarke, K. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18:117-143.
- Clarke, M. 2001. Resumen repositorio proyectos Fondef "Desarrollo de productos de origen microbiano para el control del biofouling en la industria acuícola". Proyecto D0111166.



- Clarke, M. 2004. Resumen repositorio proyectos Fondef “Mejoramiento biotecnológico de la producción y aplicación de compuestos antifouling de origen bacteriano para la industria marina”. Proyecto D04I1251.
- Coale, K. & K. Bruland. 1990. Spatial and temporal variability in copper complexation in the North Pacific. *Deep-Sea Res.* 37(2): 317-336.
- Coglianesi, M. & M. Martin. 1981. Individual and Interactive Effects of Environmental Stress on the Embryonic Development of the Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*. I. The Toxicity of Copper and Silver. *Mar. Environ. Res.* 5:13-27.
- Conama. Las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. En: <http://www.conama.cl/>
- Conama. 2002. Ley General de Pesca y Acuicultura. <http://www.sernapesca.cl/>.
- Contreras, L., M. Medina, S. Andrade, V. Opplinger & J. Correa. 2007. Effects of copper on early developmental stages of *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyceae). *Environ. Poll.* 145: 75-83.
- Costello, M., A. Grant, I. Davies, S. Cecchini, S. Papoutsoglou, D. Quigley & M. Saroglia. 2001. The control of chemicals used in aquaculture in Europe. *J. Appl. Ichthyol.* 17:173-180.
- Courtney, D. 2008. Biofouling in Salmon Aquaculture: the effectiveness of alternative netting materials and coatings in coastal British Columbia. Tesis para obtener el grado de Master en Ciencia, Departamento de Geografía, Universidad de Victoria, 68 pp. ([http://dspace.library.uvic.ca:8080/bitstream/handle/1828/4193/Edwards Courtney MSc\\_2012.pdf?sequence=1](http://dspace.library.uvic.ca:8080/bitstream/handle/1828/4193/Edwards_Courtney_MSc_2012.pdf?sequence=1))
- Cromey, C., T. Nickell & K. Black. 2002. DEPOMOD-modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. *Aquaculture* 214: 211-239.
- Dafforn K., J. Lewis & E. Jonston. 2011. Antifouling strategies: History and regulation, ecological impacts and mitigation. *Mar. Pollut. Bull.* 62: 453-465.
- Danish Hydraulics Institute (DHI). 2011. MIKE 3 Flow Model FM, Hydrodynamic module. User guide.
- Davies, P. & R. White. 1985. The toxicology and metabolism of chlorothalonil in fish. I. Lethal levels for *Salmo gairdneri*, *Galaxias maculatus*, *G. truttaceus* and *G. auratus* and the fate of 14C-TCIN in *S. gairdneri*. *Aquat. Toxicol.* 7: 93-105.



- Davies P., L. Cook & D. Goenarso. 1994. Sublethal responses to pesticides of several species of Australian freshwater fish and crustaceans and rainbow trout. *Environ. Toxicol. Chem.* 13: 1341–1354.
- Dean, R., T. Shimmield, & K.D. Black, 2007. Copper zinc and cadmium in marine cage fish farm sediments: an extensive survey. *Environ. Pollut.* 145:84-95.
- DeForest, D., K. Brix, & W. Adams. 2007. Assessing metal bioaccumulation in aquatic environments: The inverse relationship between bioaccumulation factors, trophic transfer factors and exposure concentration. *Aquat.Toxicol.* 84: 236–246
- Dosdat, A., M. Héral, I. Katavic, M. Kempf, J. Prou & C. Smith. 1996. Approaches for zoning of coastal areas with reference to Mediterranean aquaculture. Priority Actions Programme Regional Activity Centre (PAP/RAC). PAP-10/EAM/GL.1. Split, Croacia: iv + 37 pp.
- EC (European Community). 1989. Off. J. Eur. Communities definition 11: 145-155.
- EPC (European Parliament and of the Council). 1998. Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council of 16 February Concerning the Placing of Biocidal Products on the Market. Off. J. Eur. Communities L 123/1 of 24.04.98.
- Ernst, W., K. Doe, P. Jonah, J. Young, G. Julien & P. Hennigar. 1991. The toxicity of chlorothalonil to aquatic fauna and the impact of its operational use on a pond ecosystem. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 21: 1–9.
- Evans, S., A. Birchenough & M. Brancato. 2000. The TBT ban: out of the frying pan into the fire? *Mar. Pollut. Bull.* 40: 204–11.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2010. Estadística mundial acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura. <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/es>.
- Fent, K.1996. Ecotoxicology of organotin compounds. *Crit. Rev. Toxicol.* 26: 1–117.
- Fierro, J. 2006. Ondas de marea en canales y fiordos australes. Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 63-66.
- Fitridge, I., T. Dempster, J. Guenther & E. Rocky de Nys. 2012. The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. *Biofouling* 28(7): 649-669.
- Foreman, M. 1993. Manual for tidal current analysis and prediction. Pacific Marine Science Report 78-2, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Victoria, B.C. Canada, 66 pp.





- Franklin, N., J. Stauber & R. Lim. 2001. Development of flow cytometry-based algal bioassays for assessing toxicity of copper in natural waters. *Environ. Toxicol. Chem.* 20: 160-170.
- Fusetani, N. 2004. Biofouling and antifouling. *Nat. Prod. Rep.* 21: 94-104.
- Gallimore, P. 1998. Summary of element analysis of fish feed. Trouw Nutreco.
- Gallimore, P. 1999. Summary of element analysis of fish feed. Trouw Nutreco.
- Goka, K. 1999. Embryotoxicity of zinc pyriithione, an antidandruff chemical, in Fish. *Environ. Res.* 81: 81-83.
- Guardiola, F., A. Cuesta, J. Meseguer & M. Esteban. 2012. Risks of using antifouling biocides in aquaculture. *Int. J. Mol. Sci.* 13: 1541-1560.
- Hansen, J., T. Mustafa & M. Depledge. 1992. Mechanisms of copper toxicity in the shore crab, *Carcinus maenas*. *Mar. Biol.* 114: 259-264.
- Hop, H., T. Pearson, E. Hegseth, K. Kovacs, C. Wiencke, S. Kwasniewski, K. Eiane, F. Mehlum, B. Gulliksen, M. Wlodarska-Kowalezuk, C. Lydersen, J.M. Weslawski, S. Cochrane, G.W. Gabrielsen, R. Leakey, O. Lonne, M. Zajaczkowski, S. Falk-Petersen, M. Kendall, S.A. Wangberg, K. Bischof, A. Voronkov, N. Kovaltchouk, J. Wiktor, M. Poltermann, G. Di Prisco, C. Papucci & S. Gerland. 2002. The marine ecosystem of Kongsfjorden, Svalbard. *Polar Res.* 21: 167e208.
- Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). 2010. Determinación de las condiciones oceanográficas en las áreas Seno de Reloncaví y mar interior de Chiloé. Informe Final Convenio Asesoría Integral para la Toma de Decisiones en Pesca y Acuicultura. ASIPA-Subsecretaria de Pesca, 250 pp.
- Julian, M. 1999. The roles and responsibilities of the International Maritime Organization's Marine Environment Protection Committee. 10th International Congress on Marine Corrosion and Fouling, Melbourne, Australia.
- Jacobson A. & G. Willingham. 2000. Sea-Nine antifoulant: An environmentally acceptable alternative to organotin antifoulants. *Sci. Total Environ.* 258: 103-110.
- Kiaune, L. & N. Singhasemanon. 2011. Pesticidal copper (I) oxide: Environmental fate and aquatic toxicity. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 213: 1-26.
- Kontantinou, I. & T. Albanis. 2003. Worldwide occurrence and effect of antifouling paint booster biocides in the aquatic environment: A review. *Environ. Int.* 30: 235-248.



- Lage, O., F. Sansonetty, J. O'Conner & A. Parente. 2001. Flow cytometric analysis of chronic and acute toxicity of copper (II) on the marine dinoflagellate *Amphidinium carterae*. *Cytometry* 44: 226-235.
- Lang, W.H., R. Forward, D. Miller & M. Marcy 1980. Acute toxicity and sublethal behavioral effects of copper on barnacle nauplii (*Balanus improvisus*). *Mar. Biol.* 58: 139-145.
- Lewis, J. 1998. Marine biofouling and its prevention on underwater surfaces. *Mater. Forum* 22: 41-61.
- Lewis, A. & W. Cave. 1982. The biological importance of copper in oceans Lorentzen, M., Maage, A., 1999. Trace element status of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* L. fed a fish-meal based diet with or without supplementation of zinc, iron, manganese and copper from first feeding. *Aquacult. Nutr.* 5: 163e171.
- Lorentzen, M. & A. Maage, 1999. Trace element status of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* L fed a fish-meal based diet with or without supplementation of zinc, iron, manganese and copper from first feeding. *Aquac. Nutr.* 5:163
- Lorentzen, M., A. Maage & K. Julshamn 1998. Supplementing copper to a fish meal based diet fed to Atlantic salmon parr affects liver copper and selenium concentrations. *Aquac. Nutr.* 4:67-72.
- Lovegrove, T. 1979. Control of fouling in farm cages. *Fish Farm. Int.* 6(1): 33-37.
- MacLeod, C & R. Eriksen. 2009. A Review of the Ecological Impacts of Selected Antibiotics and Antifoulants Currently used in the Tasmanian Salmonid Farming Industry (Marine Farming Phase), FRDC 2007/246, [Contract Report].
- Mantoura R.F.C., Dixon, A. R. Riley, J.P. 1978. The speciation of trace metals with humic compounds in natural waters. *Thalassia Yugoslavica* 14(1-2), 127.
- McLusky, D., V. Bryant & R. Campbell. 1986. The effects of temperature and salinity on the toxicity of heavy metals to marine and estuarine invertebrates. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 24:481-520.
- Menin, A., L. Ballarin, M. Marin & F. Cima. 2008. Immunotoxicity in ascidians of antifouling compounds alternative to organotin, the case of Diuron and TCMS pyridine. *J. Environ. Sci. Health B* 43: 644-654.
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). 2000. Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. D. S. N° 90. Gobierno de Chile. 19 pp.



- Montforts, M. 1999. Chlorothalonil; CSR Advisory Report 06105A00: Bilthoven, The Netherlands.
- Murillo, V., M. Oyarzún & M. Plencovich. 2006. Actualización de Criterios sobre Limitación de Áreas. Informe Final Corregido Proyecto FIP N° 2004-31 450 pp. Disponible en: <http://www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/inffinal%202004-31.pdf>
- Murillo, V., L. Figueroa, N. Paredes, R. González, & M. Oyarzún. 2008. Programación y análisis de la información biológica y oceanográfica obtenida a través del programa de sanidad de moluscos bivalvos (PSMB). Informe Final Proyecto FIP N° 2006-36. 480 pp. Disponible en: <http://www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/inffinal%202006-36.pdf>
- Murillo, V., R. González, M. V. Soto, Ch. Espinoza & N. Pesse. 2010. Diagnóstico y proyección de las actividades de acuicultura entre Arica y Taltal. Informe Final Corregido Proyecto FIP N° 2008-34. 339 pp + Anexos. Disponible en: <http://www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/inffinal%202008-34.pdf>.
- Naylor, S., R. Moccia & G. Cdurant. 1999. The chemical composition of settleable solid fish waste (manure) from commercial rainbow trout farms in Ontario, Canada. N. Am. J. Aquacult. 61: 21e26.
- Okamura, H., I. Aoyama, Y. Ono & T. Nishida. 2003. Antifouling herbicides in the coastal waters of western Japan. Mar. Pollut. Bull. 47: 59-67.
- Omae, I. 2003. General aspects of tin-free antifoulants paints. Chem. Rev. 103: 3431-3448.
- Organización Marítima Internacional (OMI). 1999. Sistemas antiincrustantes: hacia una solución no tóxica. Publicaciones periódicas Organización Marítima Internacional. Disponible en: [http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data\\_id=2319&filename=Antifoulingspanish.pdf](http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=2319&filename=Antifoulingspanish.pdf)
- Pawlowicz, R., B. Beardsley & S. Lentz. 2002. Classical Tidal Harmonic Analysis Including Error Estimates in MATLAB using T\_TIDE", Computers and Geosciences.
- Pineda, V. 2009. Granulometría y Geoquímica de los Sedimentos marinos en el área comprendida entre el Seno del Reloncaví y el golfo corcovado, Chile. Crucero CIMAR fiordo 10. Cienc. Tecnol. Mar 32 (1): 27-47.
- Pinilla, E., G. Soto & M. Arriagada. 2012. Diseño y estudio técnico de macrozonas de agrupaciones de concesiones en la Zona Sur Austral, X a XII regiones. Subsecretaría de Pesca, Gobierno de Chile.



- Rijstenbil J.W., J.W. Derksen, L.J. Gerringa, T.C. Poortvliet, A. Sandee, M. van den Berg, J. van Drie & J.A. Wijnholds 1994. Oxidative stress induced by copper: defense and damage in the marine planktonic diatom *Ditylum brightwellii*, grown in continuous cultures with high and low zinc levels. *Mar. Biol.* 119: 583-590.
- Rodrigo, C. 2006. Topografía submarina en canales de la Patagonia norte. En: N Silva & S. Palma (eds). *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a Cabo de Hornos*, pp. 19-23. Comité Oceanográfico Nacional, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.
- Salzwedwl, H., N. Zapata, M. Eilbrecht & A. Arbola. 2002. Zonificación del borde costero-guía metodológica para el nivel comunal: la experiencia de la Región del Bío Bío. Proyecto de cooperación técnica chileno-alemana ordenamiento territorial de la zona costera de la región del Bío Bío. *Trama Impresiones*, Chile. 61 pp
- Russell, M., C. Robinson, P. Walsham, L. Webste & C. Moffat. 2011. Persistent organic pollutants and trace metals in sediments close to Scottish marine fish farms. *Aquaculture* 319:262-271.
- Sánchez-Bayo, F. & K. Goka. 2006. Influence of light in acute toxicity bioassays of imidacloprid and zinc pyrithione to zooplankton crustaceans. *Aquat. Toxicol.* 78: 262–27.
- Scelzo, M. 1997. Toxicidad del cobre en larvas nauplii del camarón comercial *Artemesia longinaris* Bate (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). *Invest. Mar. Valparaíso* 25(1): 77-185.
- Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCENIHR). 2009. Voluntary Risk Assessment Report on Copper and its compounds Environmental Part. Disponible en: [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scher/docs/scher\\_o\\_115.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scher/docs/scher_o_115.pdf)
- Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). 2004. Anuario estadístico de Pesca 2003. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Valparaíso (Chile). 156 pp
- Sievers, H. 2008. Temperature and salinity in the austral Chilean channels and fjords. Progress in the oceanographic Knowledge of Chilean interior waters, from Puerto Montt to Cape Horn. N. Silva & S. Palma (eds.) Comité Oceanográfico Nacional – Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 31–36.
- Singh, N. & A. Turner. 2008. Leaching of copper and zinc from spent antifouling paint particles. *Environ. Pollut.* 157: 371-376.
- Silva, N. 2008. Dissolved oxygen, pH, and nutrients in the austral Chilean channels and fjords. Progress in the oceanographic Knowledge of Chilean interior waters, from Puerto Montt



- to Cape Horn. N. Silva & S. Palma (eds.) Comité Oceanográfico Nacional – Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 37–43.
- Silva, N. & C. Calvete. 2002. Características oceanográficas físicas y químicas de canales australes chilenos entre el golfo de Penas y el estrecho de Magallanes (Crucero Cimar–fiordo 2). *Cienc. Tecnol. Mar.* 22 (1): 23–88.
- Silva, N & A. Valdenegro. 2003. Caracterización oceanográfica física y química de la zona de canales y fiordos australes de Chile entre el estrecho de Magallanes y Cabo de Hornos (Cimar 3 fiordos). *Cienc. Tecnol. Mar.* 26 (2): 19-60.
- Silva, N., C. Calvete & H. Sievers 1997. Características oceanográficas físicas y químicas de canales australes chilenos entre Puerto Montt y laguna San Rafael (Crucero Cimar Fiordo 1). *Cienc. Tecnol. Mar.* 20: 23 - 106.
- Smith, J., P. Yeats & T. Milligan. 2005. Sediment geochronologies for fish farm contaminants in Lime Kiln Bay, Bay of Fundy. In: Hargrave, B.T. (Ed.), *Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture*. Springer, Berlin, pp. 221e238.
- Sneddon, R. & L. Tremblay. 2011. The New Zealand King Salmon Company Limited: Assessment of Environmental Effects - Copper and Zinc. The New Zealand King Salmon Company Ltd. Cawthron Report No. 1984. 53 pp. Disponible en: <http://www.epa.govt.nz/Publications/Appendix%20%20Copper%20Zinc%20Report.pdf>.
- Sokal, R. & F. Rohlf. 1995. *Biometry*. Third edition. W.H. Freeman and Company, New York, New York, USA. 887 pp.
- Sowles, J. 2003. Water Quality and Benthic Impacts of Marine Aquaculture in Maine. Maine Department of Marine Resources, Ecology Division. Report to the Maine Aquaculture Task Force. 7 p. Disponible en: <http://www.penbay.org/aqwaterqualsowles03.html>.
- Stark, J., M. Riddle, I. Snape & R. Scouller. 2003. Human impacts in Antarctic marine soft-sediments assemblages: correlations between multivariate biological patterns and environmental variables at Casey Station. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.* 56: 717-734.
- Tchepikova, I. & I. Chubarenko. 2001. Modelling of man-made contribution to salinity increase into the Vistula Lagoon (Baltic Sea). *Ecol. Model.* 138(2001) 87-100.
- The Norwegian Pollution Control Authority (SFT). 2004a. Regulations relating to restrictions on the use, etc. of certain dangerous chemicals. Disponible en: [http://www.sft.no/english/legislation/dangerous\\_chemicals\\_regulations.pdf](http://www.sft.no/english/legislation/dangerous_chemicals_regulations.pdf).



- The Norwegian Pollution Control Authority (SFT). 2004b. Sustancias activas presentes en los productos anti-incrustantes existentes en el mercado Europeo. Disponible en: [http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/bicocidforskrift\\_vedlegg6\\_forslag.pdf](http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/bicocidforskrift_vedlegg6_forslag.pdf).
- The Scottish Environment Protection Agency (SEPA). 2004. Manual para el Cultivo de Peces Marinos. Anti-incrustantes provisionalmente autorizados en Escocia, para su uso en la acuicultura. Disponible en: <http://www.sepa.org.uk/guidance/fishfarmmanual/manual.asp>
- Thomas, K. 2001. The environmental fate and behaviour of antifouling paint booster biocides: a review. *Biofouling* 17(1):73– 86.
- Thomas, K. & S. Brooks. 2010. The environmental fate and effects of antifouling paint biocides. *Biofouling* 26:73-78.
- Thomas, K., M. McHugh, M. Hilton & M. Waldock. 2002. Antifouling paint booster biocides in UK coastal waters: inputs, occurrence and environmental fate. *Sci Total Environ.* 293:117–27.
- Tolhurst, L., J. Barry, R. Dyer & K. Thomas. 2007. The effect of resuspending sediment contaminated with antifouling paint particles containing Irgarol 1051 on the marine macrophyte *Ulva intestinalis*. *Chemosphere* 68: 1519–1524.
- Tsuda, T., S. Aoki, M. Kojima & T. Fujita. 1992. Accumulation and excretion of pesticides used in golf courses by carp (*Cyprinus carpio*) and willow shiner (*Gnathopogon caerulescens*). *Comp. Biochem. Physiol. C* 101: 63–66.
- Uriarte, A. 2000. Environmental considerations for site selection of marine fish farms. *Cah. Options. Mediterr.* 55: 67-74.
- US EPA .2009. Recommended Water Quality Criteria. 21 pp. Disponible en: <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/current/upload/nrwqc-2009.pdf>.
- van Leeuwen, C.J., A. Espeldoorn & F. Mol. 1986. Aquatic toxicological aspects of dithiocarbamates and related compounds. III. Embryolarval studies with rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquat. Toxicol.* 9: 129–145.
- Voulvoulis, N., M. Scrimshaw & J. Lester.1999. Alternative antifouling biocides. *Appl. Organomet. Chem.* 13: 135– 43.



- Warrer-Hansen, I. 1982. Methods of treatment of waste water from trout farming. EIFAC Tech. Pap. (41):133–21.
- Watermann, B., Weaver, L. & K. Hass. 2004. Feasibility study for new eco-labels according to DIN EN ISO 14024 for select product groups. Sub-project 3: Biocide-free antifouling (AF) products. Federal Environmental Agency, Berlin, Alemania. 61 pp. Disponible en: (<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2830.pdf>).
- Watermann B.T., B. Daehne, S. Sievers, R. Dannenberg, J.C Overbeke J.W. Klijnstra & O. Heemken. 2005. Bioassays and selected chemical analysis of biocidefree antifouling coatings. Chemosphere 60: 1530–1541.
- Weston, D. & R. Gowen. 1988. Assessment and prediction of the effects of salmon net-pen culture on the benthic environment. Washington Department of Fisheries. Technical Reports 414: 1-62.
- Willemsen, P.R., K. Overbeke & A. Suurmond. 1998. Repetitive testing of TBTO, Sea-Nine 211 and farnesol using *Balanus amphitrite* (Darwin) cypris larvae: variability in larval sensitivity. Biofouling 12:133–147.
- Yebra, D.M., S. Kiil & K. Dam-Johansen. 2004. Antifouling technology-past, present and future step towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. Prog. Org. Coat. 50: 75–104.
- Yokoyama T., H. Saka, S. Fujita & Y. Nishiuchi. 1988. Sensitivity of Japanese eel, *Anguilla japonica*, to 68 kinds of agricultural chemicals. Bull. Agric. Chem. Insp. Stn. 28: 26–33.
- Yonehara, Y. 2000. Recent topics on marine antifouling coatings. Bull. Soc. Sea Water Sci. Jpn. 54:7– 12.

# **A N E X O S**

---



# **A N E X O 1**

---

Tablas

**Tabla 1.1.**Principales características de pinturas anti-incrustantes. Basado en Dafforn *et al.* (2011) y Yebra *et al.* (2004).

Tipo de pintura	Principal característica
Matriz soluble o convencional	Estas pinturas fueron desarrolladas para evitar la pérdida de eficiencia del biocida (usualmente óxido cuproso), incorporando un aglomerante que puede ser disuelto en el agua. El aglomerante utilizado es la resina natural colofonia (“rosin”). La pintura se sumerge en agua y una disolución gradual de la resina permite la lixiviación del biocida. Sin embargo, bajo condiciones estacionarias (sin movimiento), la actividad biocida es mínima.
Lixiviación de contacto	Usa como biocida partículas de óxido cuproso, dispersadas en una matriz de polímero insoluble al agua, que no se erosiona en contacto con el agua. Una variedad de polímeros son utilizados, como vinilo, “epoxi”, polímeros de caucho acrílico o clorado. Después de la inmersión en el agua, los iones de biocida se difunden a través de una gruesa capa, y con el tiempo, va decayendo la velocidad de liberación por debajo del valor mínimo requerido para evitar el “fouling”.
Copolímeros de autopulido (“SFC”)	Comenzaron utilizando tributilina como compuesto activo (“TBT self polishing copolymer coatings”), que luego fue reemplazado por óxido cuproso y co-biocidas (“Tin-free SFC coatings”). En el último caso, está basado en una resina de copolímero (usualmente metil metacrilato) con partículas de cobre y co-biocidas dispersas en la matriz que en contacto con el agua y a través de una hidrólisis, produce una liberación lenta y constante de biocidas, permitiendo un control de la tasa de liberación.
“Foul release”	Estos tipos de cubiertas no contienen ingredientes activos y trabaja bajo el principio de que el “fouling” aparece en la superficie, y debido a una baja bio-adhesión es fácil removerlo. Contienen productos basados en silicona. Las propiedades de las siliconas liberadoras de “fouling”, son principalmente atribuidas a su superficie impermeable, es decir, el agua resbala en la superficie. La aplicación de estas cubiertas en superficies planas, requieren de un sistema de 3 componentes que producen una buena adhesión al sustrato. Los principales componentes necesarios son una base, una capa de adhesión y una capa de recubrimiento. Sin embargo, para las redes de nylon, la base y la capa de adhesión no son necesarias.



**Tabla 1.2.**

Principales características de las pinturas anti-incrustantes comercializadas en Chile en base a las fichas de seguridad de los productos. N.d.: No disponible.

Producto	Solventes	Ingrediente (s) activo (s)	Aglutinante	Pigmentos	Empresa comercializadora
A/F Base solvente	Base solvente (aguarrás)	Oxido cuproso	Colofonia modificada	óxido cuproso y óxido de hierro, cargas minerales	Sherwin Williams
A/F Base agua	Base agua	Oxido cuproso	Resina acrílica	N.d.	Sherwin Williams
Biodeg A/F sin cobre	Base solvente (aguarrás)	Biocidas orgánicos	Resina acrílica	óxidos de hierro, cargas minerales	Sherwin Williams
Aquanet CC100	Base Agua	Oxido cuproso	Resinas acrílicas	N.d.	Bayer S.A.
Aquanet LG100	Base agua	Oxido cuproso	Resinas acrílicas	N.d,	Bayer S.A.
REALL WS	Base agua	Oxido cuproso	Emulsión acrílica	N.d.	Pinturas Cerrillos
REALL SS	Base solvente (aguarrás mineral)	Oxido cuproso	Colofonia modificada	N.d	Pinturas Cerrillos
Norimp 1500	Base solvente (aguarrás mineral)	Oxido cuproso	Colofonia	N.d.	Ceresita
Norimp 2000 CH	Base solvente (aguarrás mineral)	Oxido cuproso	Colofonia	N.d.	Ceresita
Econet 1500 SB	Base agua	Oxido cuproso	N.d.	N.d.	Ceresita
Econet RF	Base agua	Oxido cuproso	N.d.	N.d.	Ceresita
Quipsal	Base solvente (aguarrás)	Oxido cuproso	Sin ficha seguridad	Sin ficha seguridad	Quipasur Ltda/ Kupfer
Ecoquipsal	Base agua	Oxido cuproso	Sin ficha seguridad	Sin ficha seguridad	Quipasur Ltda
Hempanet 7150 A	Base solvente (white spirit, xileno)	Oxido cuproso Oxido de zinc	Colofonia	N.d.	Pinturas Hempel Ltda.
Flexgard XI-C	Base agua	Oxido cuproso	Sin ficha seguridad	Sin ficha seguridad	Badinotti Chile S.A.
Flexgard XI-CH	Base agua	Oxido cuproso	N.d.	óxido de hierro	Badinotti Chile S.A.
Aquasafe-A	Base agua	Oxido cuproso	N.d.	N.d.	Equipos Industriales
Aquasafe-B	Base solvente (n.d.)	Oxido cuproso	N.d.	N.d.	Equipos Industriales



**Tabla 1.2. (Continuación).**

<b>Producto</b>	<b>Solventes</b>	<b>Ingrediente (s) activo (s)</b>	<b>Aglutinante</b>	<b>Pigmentos</b>	<b>Empresa comercializadora</b>
Solignum 7C1-2	Base agua	Oxido de zinc Piritionato de zinc Cobre (sin especificación)	N.d.	Oxido férrico	Solignum Chile S.A.
Solignum 7C1-6	Base agua	Oxido de zinc	N.d.	Oxido férrico	Solignum Chile S.A.



**Tabla 1.3.**

Disponibilidad de información en las fichas técnicas y/o de seguridad de las pinturas anti-incrustantes comercializadas en Chile para su uso en acuicultura. n.d.= no disponible.

Nombre comercial	Ingrediente (s) activo (s) (%)	Espectro biocida	Información ambiental/ecológica	Existencia de Ficha Técnica (T) o de Seguridad (S)
A/F Base Solvente	Óxido cuproso (%n.d) y otros biocidas (%n.d)	Fouling y Algas en específico	No contiene estaño u otras sustancias tóxicas organometálicas. No se cuenta con información de bioacumulación. No se recomienda el cultivo de moluscos bajo las redes impregnadas con antifouling.	Presenta ficha T y S.  <a href="http://www.sherwin.cl/industrial/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=301%3Aaf-para-redes-salmones-b04464&amp;catid=134%3Aantifouling&amp;Itemid=65">http://www.sherwin.cl/industrial/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=301%3Aaf-para-redes-salmones-b04464&amp;catid=134%3Aantifouling&amp;Itemid=65</a>
A/F Base Agua	Óxido cuproso (%n.d)	Fouling y Algas en específico	No contiene estaño u otras sustancias tóxicas organometálicas. No bio-acumulable en Salmón del Pacífico. No se recomienda el cultivo de moluscos bajo las redes impregnadas con antifouling.	Presenta ficha T y S.  <a href="http://www.sherwin.cl/industrial/index.php?lineamercado=26&amp;lineacategoria=134&amp;categoria=134&amp;lineaproducto=302&amp;seccion=26&amp;estado=2&amp;option=com_content&amp;view=article&amp;id=302&amp;Itemid=65">http://www.sherwin.cl/industrial/index.php?lineamercado=26&amp;lineacategoria=134&amp;categoria=134&amp;lineaproducto=302&amp;seccion=26&amp;estado=2&amp;option=com_content&amp;view=article&amp;id=302&amp;Itemid=65</a>
Biodeg® A/F sin cobre	Biocidas orgánicos biodegradables (%n.d)	Fouling y Algas en específico	No se cuenta con información de bio-acumulación. No existe restricción alguna para el cultivo de bivalvos en zonas cercanas a las redes impregnadas.	Presenta ficha T y S.  <a href="http://www.sherwin.cl/industrial/index.php?lineamercado=26&amp;lineacategoria=134&amp;categoria=134&amp;lineaproducto=302&amp;seccion=26&amp;estado=2&amp;option=com_content&amp;view=article&amp;id=302&amp;Itemid=65">http://www.sherwin.cl/industrial/index.php?lineamercado=26&amp;lineacategoria=134&amp;categoria=134&amp;lineaproducto=302&amp;seccion=26&amp;estado=2&amp;option=com_content&amp;view=article&amp;id=302&amp;Itemid=65</a>



Tabla 1.3. (Continuación).

Nombre comercial	Ingrediente (s) activo (s) (%)	Espectro biocida	Información ambiental/ecológica	Existencia de Ficha Técnica (T) o de Seguridad (S)
Aquanet CC100*	Óxido cuproso (21,5±0,5%). Este producto debe diluirse en un 100% respecto del volumen inicial.	Fouling en general	Producto no biológicamente degradable (criterio OECD= Organisation for Economic Co-operation and Development). Sin embargo, es naturalmente degradable en el tiempo. Bioacumulación no conocida. Tóxico para organismos acuáticos, puede causar efectos adversos durables en ambientes acuáticos	Presenta ficha T y S. (n.d online).
Aquanet LG100	Óxido cuproso (14,5±0,5% en peso)	Fouling en general	Producto no biológicamente degradable (criterio OECD), sin embargo, es naturalmente degradable en el tiempo. Bioacumulación no conocida. OECD	Presenta ficha T y S. (n.d online).
Reall WS	Óxido cuproso (11% a 15% en peso y 13% a 17% en volumen).-Se recomienda diluir de 15 a 20% en agua.	Microrganismos, algas y crustáceos	No contiene solventes, está exento de estaño, plomo, bario y de cualquier otro metal pesado tóxico. No se produce bioacumulación.	Presenta ficha T y S. <a href="http://www.pinturascerrillos.cl/link.cgi/Productos/PinturasCerrillos/PinturasAntifouling/152">http://www.pinturascerrillos.cl/link.cgi/Productos/PinturasCerrillos/PinturasAntifouling/152</a>
Reall SS	Óxido cuproso (10% a 12% en volumen)	Microrganismos, algas y crustáceos	No contiene solventes, está exento de estaño, plomo, bario y de cualquier otro metal pesado tóxico. No se produce bioacumulación	Presenta ficha T y S. <a href="http://www.pinturascerrillos.cl/link.cgi/Productos/PinturasCerrillos/PinturasAntifouling/153">http://www.pinturascerrillos.cl/link.cgi/Productos/PinturasCerrillos/PinturasAntifouling/153</a>



Tabla 1.3. (Continuación).

Nombre comercial	Ingrediente (s) activo (s) (%)	Espectro biocida	Información ambiental/ecológica	Existencia de Ficha Técnica (T) o de Seguridad (S)
Norimp 1500	Óxido cuproso (8±0,5%) -Producto se vende concentrado, para su uso se debe agregar 5% de aguarrás	Incrustaciones de algas, crustáceos y moluscos en su totalidad (algunas especies de Briozoos podrían ser resistentes)	No existe información sobre bioacumulación	Presenta ficha T y S.  <a href="http://www.ceresitaindustrial.cl/antifouling-base-solvente/norimp-jotun.html">http://www.ceresitaindustrial.cl/antifouling-base-solvente/norimp-jotun.html</a>
Norimp 2000 CH	Óxido cuproso (11±0,5%) y otros biocidas	Incrustaciones de algas, crustáceos y moluscos en su totalidad (algunas especies de Briozoos podrían ser resistentes)	No existe información sobre bioacumulación	Presenta ficha T y S.  (n.d online).
Econet 1500 SB	Óxido cuproso (8±1%)	Incrustaciones de algas, crustáceos y moluscos en su totalidad.	No existe información sobre bioacumulación	Presenta solo ficha T.  <a href="http://www.ceresitaindustrial.cl/antifouling-base-acuosa/econet-proyecto-ceresita.html">http://www.ceresitaindustrial.cl/antifouling-base-acuosa/econet-proyecto-ceresita.html</a>
Econet RF	Óxido cuproso (%n.d)	Incrustaciones de algas, crustáceos y moluscos en su totalidad.	n.d.	Presenta solo ficha T.  <a href="http://www.ceresitaindustrial.cl/antifouling-base-acuosa/econet-proyecto-ceresita.html">http://www.ceresitaindustrial.cl/antifouling-base-acuosa/econet-proyecto-ceresita.html</a>
Quipsal	Óxido cuproso (10±0,3%)	Algas y otros organismos	n.d.	Presenta solo ficha T.  (n.d. online)
Ecoquipsal	Óxido cuproso (10±0,3%)	Algas y otros organismos	n.d.	Presenta solo ficha T.  (n.d. online)



**Tabla 1.3. (Continuación).**

Nombre comercial	Ingrediente (s) activo (s) (%)	Espectro biocida	Información ambiental/ecológica	Existencia de Ficha Técnica (T) o de Seguridad (S)
Hempanet 7150 A	Óxido cuproso (10-15%) y Óxido de zinc (%n.d)	Sin especificaciones técnicas.	Contiene compuestos triorganoestánicos.	Presenta solo ficha S.  <a href="http://www.e-seia.cl/archivos/1131__Anexo_VIII__Ficha_Seguridad.pdf">http://www.e-seia.cl/archivos/1131__Anexo_VIII__Ficha_Seguridad.pdf</a>
Flexgard XI-C	Óxido cuproso (20±0,5%) y Óxido de zinc (2,5% en peso). Este producto debe diluirse en un 100% respecto del volumen inicial.	Sin especificaciones técnicas.	n.d.	Presenta solo ficha T.  (n.d. online).
Flexgard XI-CH	Óxido cuproso (10-20%) y Óxido de zinc (1-5%)	Sin especificaciones técnicas.	La degradabilidad del producto no consta. El producto es muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. LC50 (pez): 0,01<LC50≤0,1 mg/L (óxido de zinc) EC50 (Daphnia): 0,1<EC50≤1 mg/L (óxido de cobre (I)).	Presenta solo ficha S.  (n.d. online).
Aquasafe-A	Óxido cuproso (n.d%).	Sin especificaciones técnicas.	n.d.	Presenta solo ficha S.  (n.d. online).
Aquasafe-B	Óxido cuproso (n.d%).	Sin especificaciones técnicas.	n.d.	Presenta solo ficha S.  (n.d. online).
Solignum 7C1-2	Óxido de zinc (10 - 30%) Piritionato de zinc (0,1 - 1%) Cobre (no especificado) (221 ppm, <<0,1%) (Fuente información complementaria, no de fichas)	Microorganismos y algas marinas	No existe información de degradabilidad.	Presenta ficha T y S (n.d. online)
Solignum 7C1-6	Óxido de zinc (10 - 30%)	Microorganismos y algas marinas	No existe información de degradabilidad.	Presenta ficha T y S (n.d. online)





**Tabla 1.4.**  
Cantidad, tipo y marca de pinturas anti-incrustantes por taller.

Taller de Impregnación	Pintura por taller (litros/mes)	Marca Pintura	Pintura por marca (litros/mes)	base		
Redes Quellón	140000,0	A/F Base solvente	54000,0	solvente		
		Biodeg	6000,0	solvente		
		Econet 1500 SB	15000,0	agua		
		REALL SS	40000,0	solvente		
		REALL WS	15000,0	agua		
		Aquanet CC100	10000,0	agua		
Marmau	128333,0	Norimp 1500	Sin información	solvente		
		Aquanet CC100	Sin información	agua		
Aceredes	82687,5	A/F Base solvente	18225,0	solvente		
		A/F Base agua	4787,5	agua		
		Biodeg ® sin cobre	9825,0	solvente		
		Biodeg ® sin cobre reforzado	12750,0	solvente		
		Ecoquipsal	11737,5	agua		
		Reall SS	3162,5	solvente		
		Aquanet CC100	15550,0	agua		
		Econet 1500 SB	2125,0	agua		
		Aquasafe agua	912,5	agua		
		Aquasafe solvente	2400,0	solvente		
		Reall WS	1212,5	agua		
		Salmonet	60000,0	Aquanet CC100	38750	agua
				Ecoquipsal	21250	agua
		Badinotti	102666,7	Flexgard XI-CH	16426,7	agua
Flexgard XI-C	16426,7			agua		
Aquanet CC100	6160,0			agua		
Reall WS	6160,0			agua		
A/F Base agua	3593,3			agua		
A/F Base solvente	3593,3			solvente		
Econet 1500 SB	41066,7			agua		
indeterminado	9240,0					
Red Mar	38500,0	Econet 1500 SB	Sin información	agua		
		Reall SS	Sin Información	solvente		
Nisa Redes	16491,5	Aquanet CC100	6414,8	agua		
		A/F Base agua	8355,4	agua		
		Ecoquipsal	877,6	agua		
		Econet 1500 SB	843,8	agua		
Kaweshkar	133618,0	A/F Base agua	89062,0	agua		
		Aquanet CC100	23794,0	agua		
		Econet 1500 SB	20762,0	agua		



Tabla 1.4. (Continuación).

Taller de Impregnación	Pintura por taller (litros/mes)	Marca Pintura	Pintura por marca (litros/mes)	base
Ingered	42250,0	Norimp 1500	40000,0	solvente
		Econet RF	2250,0	agua
EBH	39546,0	Aquanet CC100	23938,0	agua
		Ecoquipsal	7779,0	agua
		Econet 1500 SB	1402,0	agua
		A/F Base solvente	6427,0	solvente
Servasur	100000,0	A/F Base solvente	40000,0	solvente
		Reall SS	60000,0	solvente

Tabla 1.5.

Uso de pintura anti-incrustante por ciclo productivo coho y trucha (10 a 12 meses de cultivo). L: Litros.

Sistema de Cultivo	Tamaño de las peceras (m <sup>2</sup> )	N° de peceras	N° impregnaciones en red pecera	N° impregnaciones en red lobera	Pintura total usada en pecera (L)	Pintura total usada en loberas (L)
balsa jaula rectangular	20 x 20 x 16	10	2	1	8938	3298
balsa jaula rectangular	30 x 30 x 16	10	2	1	15000	8332
balsa jaula circular	30	1	2	1	1706	1358
balsa jaula circular	40	1	2	1	2274	1810



**Tabla 1.6.**

Uso de pintura anti-incrustante por ciclo productivo de salar (14 a 18 meses de cultivo). L: Litros.

Sistema de Cultivo	Tamaño de las peceras (m <sup>2</sup> )	N° de peceras	N° impregnaciones en red pecera	N° impregnaciones en red lobera	Pintura total usada en pecera (L)	Pintura total usada en loberas (L)
balsa jaula rectangular	20 x 20 x16	10	3	2	13407	6596
balsa jaula rectangular	30 x 30 x 16	10	3	2	22500	16664
balsa jaula circular	30	1	3	2	2559	2716
balsa jaula circular	40	1	3	2	3411	5430

**Tabla 1.7.**

Respuestas fisiológicas, poblacionales y comunitarias según especie y exposición a concentraciones de cobre.

Grupo	Especie	Concentración Cobre	Efecto o Respuesta	Referencia
<b>M I C R O B I O S</b>	Comunidad bacteriana	10 µg/L	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción 60% de comunidad bacterial</li> </ul>	Jonas, 1989
<b>M I C R O A L G A S</b>	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	0,1 mg/L	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50% de reducción en crecimiento</li> <li>• Reducción de su fotosíntesis</li> </ul>	Cid <i>et al.</i> , 1995
	<i>Ditylum brightwellii</i>	3-126 nM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decrecimiento en la reducción de glutaciones</li> </ul>	Rijstenbil <i>et al.</i> , 1994
	comunidad del fitoplancton	80 µg/L y 160 µg/L	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decrecimiento diversidad del fitoplancton</li> <li>• Dominancia del nanofitoplancton <i>Chlorophyceae</i></li> <li>• Disminución biomasa cianobacterias</li> <li>• Cambio en la estructura de tallas y composición de la comunidad fitoplanctónica.</li> </ul>	LeJeune <i>et al.</i> , 2006



Tabla 1.7. (Continuación).

Grupo	Especie	Concentración Cobre	Efecto o Respuesta	Referencia
M A C R O A L G A S	<i>Macrocystis pyrifera</i>	menores a 10 µg/L	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectan los aspectos reproductivos como la producción de esporofitos y su crecimiento</li> <li>• Afecta crecimiento del tubo germinador en estados microscópicos</li> </ul>	Martin <i>et al.</i> , 1990
	<i>Lessonia nigrescens</i>	7,8 µg/L	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfieren en el desarrollo de esporas luego del asentamiento</li> </ul>	Contreras <i>et al.</i> , 2007
	<i>Fucus vesiculosus</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfieren en el desarrollo de esporas luego del asentamiento</li> </ul>	Andersson & Kautsky, 1996
P O R I F E R O S	Esponjas	1,7 µg/L	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminución dominancia de especies</li> </ul>	Webster <i>et al.</i> , 2001



Tabla 1.7. (Continuación).

Grupo	Especie	Concentración Cobre	Efecto o Respuesta	Referencia
C R U S T Á C E O S	<i>Allorchestes compressa</i>	3,7 µg/L	• Efectos en el peso, sobrevivencia y biomasa	Ahsanullah & Williams, 1991
	<i>Balanus improvisus</i>	50 µg/L	• Reducción de la velocidad de natación	Lang <i>et al.</i> , 1980
	<i>Balanus improvisus</i>	30 µg/L	• Disminución respuesta fototáctica	Lang <i>et al.</i> , 1980
A S C I D E O S	<i>Ciona intestinalis</i>	46 µg/L (0,72 µM)	• Reducción de la embriogénesis y fijación larval	Bellas <i>et al.</i> , 2001
M O L U S C O S	<i>Crassostrea gigas</i>	sobre 12 µg/L	• Decrecimiento en el desarrollo embrional	Coglianese & Martin, 1981
	Mejillón	0,01 ppm	• Afecta el desarrollo temprano de su ciclo de vida, desde su fertilización hasta su etapa de velíger.	Yaroslavtseva & Sergeera, 2007



**Tabla 1.8.**

Concentraciones máximas de principales biocidas reportadas en el ambiente y rangos con efectos negativos en organismos y comunidades acuáticas. Concentraciones máximas extraídas de Dafforn *et al.*, 2011. (LC50)\*: Concentración letal en que el 50% del total de individuos muere en un tiempo determinado. N.d.= No disponible.

Nombre común	Concentraciones máximas reportadas		Concentraciones en Bioensayos a nivel de organismo ( $\mu\text{g/L}$ )		Concentraciones con efectos negativos comunitarios
	Agua ( $\mu\text{g/L}$ )	Sedimento ( $\mu\text{g/g}$ )	Rangos letales (LC50)*	Rangos subletales con efectos negativos	
Cobre	5,7 (USA) (BCI Engineering and Scientists, 2001), 5,7 (Australia) (Reitsema, 2008) -10 (Francia) (Carruesco <i>et al.</i> , 1986) -20,7 (Grecia) (Dassenakis <i>et al.</i> , 1996)	162 (USA) (Trefry <i>et al.</i> , 2008) 17,9 (Australia) (Reitsema, 2008) 80,4 (Grecia) (Dassenakis <i>et al.</i> , 1996) 41 (Israel) (Homung <i>et al.</i> , 1989) -100 – 150 (Canada) (Burrige <i>et al.</i> , 1999) -270 (Escocia) (Dean <i>et al.</i> , 2007)	178 en copépodo <i>T. furcata</i> (Bechmann, 1994). 400 (96 horas) en el cordado <i>M. aeglefinus</i> (Burrige & Zitko, 2002).	10 en microalga <i>P. tricorotum</i> (Franklin <i>et al.</i> , 2001) 10 en macroalga <i>M. pyrifera</i> (Martinez <i>et al.</i> , 1990) 3,7 en anfípodo <i>A. compressa</i> (Ahsanullah & Williams, 1991) 30-50 en nauplios de <i>B. improvisus</i> (Lang <i>et al.</i> , 1980). >12 en el molusco <i>C. gigas</i> (Coglianese & Martin, 1981).	30 $\mu\text{g/g}$ en sedimentos Antárticos con pérdida de diversidad de especies de la infauna marina (Stark <i>et al.</i> , 2003).
Clorotanolin	N.d.	N.d.	76 (96 horas) en el pez <i>Oncorhynchus mikiss</i> (Ernst <i>et al.</i> , 1991) 130-200 (96 horas) en <i>Daphnia magna</i> (Ernst <i>et al.</i> , 1991).	1,1-1,4 en peces <i>Gnathopogon caeruleus</i> y <i>Cyprinus carpio</i> , con acumulación en el tejido (Tsuda <i>et al.</i> , 1992).	N.d.



Tabla 1.8. (Continuación).

Nombre común	Concentraciones máximas reportadas		Concentraciones en Bioensayos a nivel de organismo ( $\mu\text{g/L}$ )		Concentraciones con efectos negativos comunitarios
	Agua ( $\mu\text{g/L}$ )	Sedimento ( $\mu\text{g/g}$ )	Rangos letales (LC50)*	Rangos subletales con efectos negativos	
Diuron	2,16 (Australia) (Reitsema,2008) 0,257 (Japón) (Eguchi <i>et al.</i> , 2010) 6,7 (R.U) (Thomas, 2001) 1,13 (Holanda) (Lamoree <i>et al.</i> , 2002) 2 (España) (Martínez <i>et al.</i> , 2000)	0,55 (Australia) (Reitsema,2008) 0,012 (Japón) (Eguchi <i>et al.</i> , 2010) 1,42 (R.U) (Thomas, 2000) <0,01 (Holanda) (Thomas, 2000) 0,136 (España) (Martínez & Barcelo, 2001)	N.d.	0,5 en <i>Zostera marina</i> (Cheswoth <i>et al.</i> , 2004)	N.d.
Irgarol 1051 ®	0,006 (Australia) (Reitsema, 2008) 0,018 (Japón) (Eguchi <i>et al.</i> , 2010) 1,4 (R.U.) (Thomas, 2001) 0,09 (Holanda) (Lamoree <i>et al.</i> , 2002) 1 (España) (Hernando <i>et al.</i> , 2001) 0,09 (Grecia) (Sakkas <i>et al.</i> , 2002)	1,34 (Australia) (Reitsema, 2008) 0,01 (Japón) (Eguchi <i>et al.</i> , 2010) 1,01 (R.U.) (Boxall <i>et al.</i> , 2000) <1 (Holanda) (Thomas, 2000) 0,088 (España) (Martínez & Barcelo, 2001) 0,69 (Grecia) (Sakkas <i>et al.</i> , 2002).	N.d.	0,23 en <i>Ulva intestinalis</i> (Tolhurst <i>et al.</i> , 2007). 0,5 en <i>Zostera marina</i> (Cheswoth <i>et al.</i> , 2004).	>0,024 $\mu\text{g/L}$ representa un riesgo ecológico potencial en organismo dentro de la columna de agua (Dafforn <i>et al.</i> , 2011).

**Tabla 1.9.**

Principales biocidas potenciados utilizados en pinturas AF para acuicultura y ejemplificación de efectos en organismos acuáticos a concentraciones letales y subletales (modificado de Dafforn *et al.*, 2011 y Guardiola *et al.*, 2012).

Nombre común	Nombre químico	Clase química	Aplicación	Efectos negativos en organismos acuáticos
Clorotanolin	2,4,5,6-tetracloro-4-metilsulfonil piridina	Organoclorado	Fungicida	<b>Crustáceos:</b> Mortalidad larval en <i>Cancer magister</i> (Armstrong <i>et al.</i> , 1976). -Mortalidad en <i>Penaeus duorum</i> (Mayer, 1987). <b>Moluscos:</b> Toxicidad en embriones de <i>Crassostrea gigas</i> (US EPA, 2000) y <i>Mytilus edulis</i> (Bellas, 2006). Mortalidad en <i>Mytilus edulis</i> (Ernst <i>et al.</i> , 1991). <b>Tunicados:</b> Toxicidad en embriones e inhibición de asentamiento larval en <i>Ciona intestinalis</i> (Bellas, 2006). <b>Teleósteos:</b> Mortalidad en <i>Anguilla japonica</i> (Yokoyama <i>et al.</i> , 1988), <i>Cyprinodon variegates</i> (Montforts, 1999), <i>Galaxias auratus</i> (Davies & White, 1985), <i>Galaxias maculatus</i> (Davies & White, 1985), <i>Galaxias truttaceus</i> (Davies & White, 1985) y <i>Leistomus xanthurus</i> (Mayer, 1987). Mortalidad en juveniles de <i>Pseudaphritis urvilli</i> (Davies <i>et al.</i> , 1994).





Tabla 1.9. (Continuación).

Nombre comercial	Nombre químico	Clase química	Aplicación	Efectos negativos en organismos acuáticos
DCOIT (Sea Nine 211®)	4,5-dicloro-2-n-octil-4-isotiazolin-3-uno	Isotiazolona	Herbicida	<p><b>Crustáceos:</b> Mortalidad larval en <i>Balanus amphitrite</i> (Willemsen <i>et al.</i>, 1998, Jacobson &amp; Willingham, 2000).</p> <p><b>Moluscos:</b> Inmovilidad en embriones y larvas de <i>Crassostrea virginica</i> (US EPA, 2000). Inmovilidad en embriones y larvas, además de toxicidad en embriones de <i>Mytilus edulis</i> (US EPA, 2000, Bellas, 2006).</p> <p><b>Equinodermos:</b> Toxicidad en embriones de <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> y <i>Anthocardis crassispina</i> (Kobayashi &amp; Okamura, 2002).</p> <p><b>Tunicados:</b> Toxicidad en embriones e inhibición del asentamiento larval en <i>Ciona intestinalis</i> (Bellas, 2006).</p> <p><b>Teleósteos:</b> Mortalidad de <i>Cyprinodon variegatus</i> (US EPA, 2000).</p>
Diuron	3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetilurea	Fenilurea	Herbicida	<p><b>Alga:</b> Tóxico en reproducción de macroalga <i>Scenedesmus vacuolatus</i> (Backhaus <i>et al.</i>, 2004).</p>
Irgarol 1051®	2-metil-4-terbutilamino-6-ciclopropilamino-s-triazina	s-Triacina	Herbicida	<p><b>Alga:</b> Reducción de crecimiento en macroalga <i>Ulva intestinalis</i> (Tolhurst <i>et al.</i>, 2007).</p> <p><b>Pasto marino:</b> Reducción de la fotosíntesis y crecimiento en <i>Zostera marina</i> (Cheswoth <i>et al.</i>, 2004).</p>



**Tabla 1.10.**

Instrumentos regulatorios internacionales aplicables al uso de pinturas anti-incrustantes.

<b>Países</b>	<b>Normativa</b>
Unión Europea (Actualmente con 27 países miembros)	<p><b>-EU</b> -Regulation (EU) No 528/2012 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2012 concerning the making available on the market and use of biocidal products. <a href="http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:167:FULL:EN:PDF">http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:167:FULL:EN:PDF</a>. -Biocides: Substances included in Annex I or IA to Directive 98/8/EC <a href="http://ec.europa.eu/environment/biocides/annexi_and_ia.htm">http://ec.europa.eu/environment/biocides/annexi_and_ia.htm</a> -Decisions concerning the non-inclusion of substances in Annex I, IA or IB to Directive 98/8/EC. <a href="http://ec.europa.eu/environment/biocides/non_inclusions.htm">http://ec.europa.eu/environment/biocides/non_inclusions.htm</a>.</p> <p><b>Dinamarca</b> -Agencia de Protección Ambiental (“EPA”) <a href="http://www.mst.dk/English/Biocides/">(http://www.mst.dk/English/Biocides/)</a></p> <p><b>Escocia</b> -Fish Farm Manual <a href="http://www.sepa.org.uk/water/water_regulation/regimes/aquaculture/marine_aquaculture/fish_farm_manual.aspx">http://www.sepa.org.uk/water/water_regulation/regimes/aquaculture/marine_aquaculture/fish_farm_manual.aspx</a>. -Permitted Substances Working Plan, <a href="http://www.sepa.org.uk/water/water_regulation/regimes/aquaculture/marine_aquaculture/fish_farm_manual.aspx">http://www.sepa.org.uk/water/water_regulation/regimes/aquaculture/marine_aquaculture/fish_farm_manual.aspx</a>. -HSE (Health and Safety Executive) <a href="http://www.hse.gov.uk/biocides/faq.htm#neweureg">http://www.hse.gov.uk/biocides/faq.htm#neweureg</a>.</p> <p><b>Suecia</b> -Antifouling paints and products <a href="http://www.kemi.se/en/Content/In-focus/Antifouling-paints-and-products/">http://www.kemi.se/en/Content/In-focus/Antifouling-paints-and-products/</a>.</p>



Tabla 1.9. (Continuación).

Países	Normativa
<b>Países Europeos no perteneciente a la Unión Europea</b>	<b>Noruega</b> -Strategy for an Environmentally Sustainable Norwegian Aquaculture Industry ( <a href="http://www.regjeringen.no/upload/FKD/Vedlegg/Diverse/2009/strategy%20for%20an%20sustainable%20aquaculture.pdf">http://www.regjeringen.no/upload/FKD/Vedlegg/Diverse/2009/strategy%20for%20an%20sustainable%20aquaculture.pdf</a> )
<b>Países de Norte América</b>	<b>Canada</b> -Health Canada <a href="http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/agri-commerce/sus-dur/aquaculture-eng.php">http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/agri-commerce/sus-dur/aquaculture-eng.php</a> . - Re-evaluation Decision RVD2010-05, Revised Copper Pesticides. 2010. <a href="http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/alt_formats/pdf/pubs/pest/decisions/rvd2010-05/rvd2010-05-eng.pdf">http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/alt_formats/pdf/pubs/pest/decisions/rvd2010-05/rvd2010-05-eng.pdf</a> . -The Legislative Assembly of British Columbia-special Committee on Sustainable Aquaculture. 2007. <a href="http://www.raincoast.org/files/publications/reports/SCSA-vol1.pdf">http://www.raincoast.org/files/publications/reports/SCSA-vol1.pdf</a> . -Ministry of Environment Finfish Aquaculture Waste Control Regulation <a href="http://www.env.gov.bc.ca/epd/industrial/regs/finfish/index.htm#1">http://www.env.gov.bc.ca/epd/industrial/regs/finfish/index.htm#1</a> .  <b>USA</b> Code of Federal Regulation (“CFR”). <a href="http://www.xmarks.com/site/www.access.gpo.gov/ecfr/">http://www.xmarks.com/site/www.access.gpo.gov/ecfr/</a>
<b>Países de Oceanía</b>	<b>Australia</b> Pesticides and Veterinary Medicines Authority (“APVMA”) ( <a href="http://www.apvma.gov.au/">http://www.apvma.gov.au/</a> )  <b>Nueva Zelandia</b> - Chemicals and Additives Aquaculture. <a href="http://www.aquaculture.govt.nz/chemicals_and_additives.php">http://www.aquaculture.govt.nz/chemicals_and_additives.php</a> -Ecological Effects of Marine Finfish Aquaculture <a href="http://www.aquaculture.govt.nz/files/pdfs/Review_of_ecological_effects_of_fish_farming.pdf">http://www.aquaculture.govt.nz/files/pdfs/Review_of_ecological_effects_of_fish_farming.pdf</a> -Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality <a href="http://www.environment.gov.au/water/publications/quality/pubs/nwqms-guidelines-4-vol1.pdf">http://www.environment.gov.au/water/publications/quality/pubs/nwqms-guidelines-4-vol1.pdf</a> .



**Tabla 1.11.**  
Normativa ambiental y sanitaria vigente en Chile aplicable al uso de pinturas anti-incrustantes en acuicultura.

MINISTERIO	ORGANISMOS ASOCIADOS	LEY-REGLAMENTO-DECRETO-DOCUMENTOS
Defensa Nacional	-Dirección General del territorio y Marina Mercante (Directemar) ( <a href="http://www.directemar.cl">http://www.directemar.cl</a> )	<p><b>- Ley de Navegación (Decreto Ley N°2.222/1978)</b> (<a href="http://www.caf.com/attach/8/default/Ley222278DeNavegacion.pdf">http://www.caf.com/attach/8/default/Ley222278DeNavegacion.pdf</a>)</p> <p><b>-Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática (D.O. N° 34.419, 1992)</b> (<a href="http://www.creaucsc.cl/wp-content/uploads/2011/10/Reglamento-control-contaminaci%C3%B3n-acu%C3%A1tica.pdf">http://www.creaucsc.cl/wp-content/uploads/2011/10/Reglamento-control-contaminaci%C3%B3n-acu%C3%A1tica.pdf</a>)</p> <p><b>- Norma Chilena Oficial Requisitos de Calidad del Agua para Diferentes Usos (NCH 2245/2003)</b> (<a href="http://es.scribd.com/doc/66437680/NCh-1333-Calidad-Agua-Distintos-Usos">http://es.scribd.com/doc/66437680/NCh-1333-Calidad-Agua-Distintos-Usos</a>) Subsecretaría de Defensa <b>Directemar (Documentos)</b></p> <p><b>- Requisitos para autorización de Desinfectantes, Detergentes, Fungicidas y otros.</b> (<a href="http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas_SPMAA/Destacados/2012/instrucciones_desinfectantes_detergentes_otros_2012.pdf">http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas_SPMAA/Destacados/2012/instrucciones_desinfectantes_detergentes_otros_2012.pdf</a>)</p> <p><b>- Listado de Desinfectantes, Detergentes, Fungicidas y otros</b> (<a href="http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas_SPMAA/Destacados/2012/desinfectantes_nov2012.pdf">http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas_SPMAA/Destacados/2012/desinfectantes_nov2012.pdf</a>) <b>(Los registros de productos desinfectantes están basados en el listado oficial del ISP - Ministerio de Salud)</b></p>
Secretaría General de Gobierno		<p><b>- Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S.N° 95/2001)</b> (<a href="http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas_SPMAA/nac_reglamentos/ds_95_01_reglamento%20seia.pdf">http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas_SPMAA/nac_reglamentos/ds_95_01_reglamento%20seia.pdf</a>)</p> <p><b>- 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 de 2000)</b> (<a href="http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas_SPMAA/ds_n_90_de_2000_norma_emision_regulacion_contaminantes.pdf">http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas_SPMAA/ds_n_90_de_2000_norma_emision_regulacion_contaminantes.pdf</a>)</p>
Obras Públicas		<p><b>- Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes asociados a las descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillados (D.S. 609/1998)</b> (<a href="http://www.sinia.cl/1292/articles-27696_pdf_norma.pdf">http://www.sinia.cl/1292/articles-27696_pdf_norma.pdf</a>)</p>
Justicia		<p><b>- Código de Aguas (DFL N° 1122/1981)</b> <a href="http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5605">http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5605</a></p>
Medio Ambiente		<p><b>Ley Bases Generales del Medio Ambiente (N°19.300, modificada por la ley 20.173/2007).</b> (<a href="http://www.sinia.cl/1292/articles-26087_ley_bases.pdf">http://www.sinia.cl/1292/articles-26087_ley_bases.pdf</a>)</p>



Tabla 1.11. (Continuación).

MINISTERIO	ORGANISMOS ASOCIADOS	LEY-REGLAMENTO-DECRETO-DOCUMENTOS
Economía, Fomento y Turismo	-Subsecretaría de Pesca (Subpesca) (www.subpesca.cl) -Servicio Nacional de Pesca (Sernapesca) (www.sernapesca.cl)	- <b>General de Pesca y Acuicultura (N° 18.892/1989 y sus modificaciones)</b> ( <a href="http://www.subpesca.cl/controls/neochannels/neo_ch617/appinstancas/media247/Texto_Ley_de_Pesca_y_Acuicultura_MOD_20632.pdf">http://www.subpesca.cl/controls/neochannels/neo_ch617/appinstancas/media247/Texto_Ley_de_Pesca_y_Acuicultura_MOD_20632.pdf</a> ) - <b>Reglamento Ambiental para la Acuicultura (D.S.N° 320/2001).</b> ( <a href="http://www.subpesca.cl/controls/neochannels/neo_ch760/neochn760.aspx">http://www.subpesca.cl/controls/neochannels/neo_ch760/neochn760.aspx</a> ) - <b>Sernapesca (Documentos)</b> -Programa de control de fármaco (FAR) “Programa de control de residuos” -Programa de certificación (CER/NT3) “Requisitos sanitarios para la certificación de productos pesqueros de exportación, de acuerdo con los mercados de destino”.
Salud	-Instituto de Salud Pública ( <a href="http://www.ispch.cl">http://www.ispch.cl</a> )	- <b>Código Sanitario (Decreto con Fuerza de Ley 725; Decreto 725/1967)</b> ( <a href="http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas_SPMAA/leyes_nacional/dfi-725_codigo_sanitario.pdf">http://www.directemar.cl/images/stories/Descargas_SPMAA/leyes_nacional/dfi-725_codigo_sanitario.pdf</a> ) - <b>Reglamento Sanitario de los Alimentos (D. S. N° 977/1996)</b> ( <a href="http://www.sernac.cl/sernac2011/descargas/leyes/decreto/ds_977-96_reglamento_alimentos.pdf">http://www.sernac.cl/sernac2011/descargas/leyes/decreto/ds_977-96_reglamento_alimentos.pdf</a> ) - <b>Resolución exenta fija límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios en alimentos destinados al consumo humano (N° 1462/1999).</b> ( <a href="http://panoramix.burbuja.uchile.cl/rooms/sisib/quimica/resolucion_1462_99.pdf">http://panoramix.burbuja.uchile.cl/rooms/sisib/quimica/resolucion_1462_99.pdf</a> ) - <b>Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos (N° 148/2003)</b> ( <a href="http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1016975">http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1016975</a> ) - <b>Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas (N° 78/2009)</b> ( <a href="http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1016975">http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1016975</a> ) - <b>Reglamento Transporte de Cargas Peligrosas por Calles y Caminos (N°298/1994)</b> ( <a href="http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=12087">http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=12087</a> ) - <b>Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo (D.S.N°594/1994)</b> ( <a href="http://www.di.usm.cl/wp-content/files_flutter/1253019362ds594.pdf">http://www.di.usm.cl/wp-content/files_flutter/1253019362ds594.pdf</a> ) - <b>Norma Chilena Oficial Sustancias Peligrosas - Terminología y clasificación general (NCh382.Of98)</b> ( <a href="http://www.cleaningjet.cl/normas/Norma_Chilena_Sustancias_Peligrosas_Terminologia_Clasificacion_General.pdf">http://www.cleaningjet.cl/normas/Norma_Chilena_Sustancias_Peligrosas_Terminologia_Clasificacion_General.pdf</a> ) - <b>Norma Chilena Oficial Identificación de Riesgos de Sustancias Peligrosas (NCh 2190/2003)</b> ( <a href="http://www.confinor.com/web/Admin/file/normas/file/NCh%20N%C2%BA%202190-2003.pdf">http://www.confinor.com/web/Admin/file/normas/file/NCh%20N%C2%BA%202190-2003.pdf</a> )



Tabla 1.11. (Continuaci3n).

MINISTERIO	ORGANISMOS ASOCIADOS	LEY-REGLAMENTO-DECRETO-DOCUMENTOS
Salud		<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Norma Chilena Oficial Distintivos para Identificar Riesgos (NCH 2245/2003)</b> (no tiene direcci3n online)</li><li>- <b>Norma Chilena Oficial Grupo N3 3 L3quidos Inflamables (NCH 2120/3)</b> <a href="http://www.e-seia.cl/archivos/digital_94430_94433_1000099.pdf">http://www.e-seia.cl/archivos/digital_94430_94433_1000099.pdf</a></li><li>- <b>Reglamento de Pesticidas de Uso Sanitario y Dom3stico (D. S. N3 157/2005)</b> (<a href="http://www.prevencionchile.cl/wp/decreto-supremo-n%C2%BA-157">http://www.prevencionchile.cl/wp/decreto-supremo-n%C2%BA-157</a>)</li></ul> <b>ISP (Registro on-line)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Listado oficial plaguicidas y desinfectantes (<a href="http://200.68.11.21/RegistrosISP/fimenu.asp">http://200.68.11.21/RegistrosISP/fimenu.asp</a>)</li></ul>
Agricultura	Servicio Agr3cola Ganadero (SAG)	<b>SAG</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Procedimiento de Fiscalizaci3n de Plaguicidas de Uso Agr3cola (Resoluci3n N3 1.038/2003) y deroga Resoluci3n exenta del Servicio Agr3cola y Ganadero N3 3671/1999.</b> (<a href="http://www.sag.gob.cl/common/asp/pagAtachadorVisualizador.asp?argCryptedData=GP1TKTXdhRJAS2Wp3v88hP1H8NbKklvO&amp;argModo=&amp;argOrigen=BD&amp;argFlagYaGrabados=&amp;argArchivold=1623">http://www.sag.gob.cl/common/asp/pagAtachadorVisualizador.asp?argCryptedData=GP1TKTXdhRJAS2Wp3v88hP1H8NbKklvO&amp;argModo=&amp;argOrigen=BD&amp;argFlagYaGrabados=&amp;argArchivold=1623</a>)</li><li>- <b>Normas para la Evaluaci3n y Autorizaci3n de Plaguicidas (Resoluci3n N3 3.670/1999)</b> (<a href="http://www.sag.gob.cl/common/asp/pagAtachadorVisualizador.asp?argCryptedData=GP1TKTXdhRJAS2Wp3v88hN%2BfrvzgjllFY&amp;argModo=&amp;argOrigen=BD&amp;argFlagYaGrabados=&amp;argArchivold=1240">http://www.sag.gob.cl/common/asp/pagAtachadorVisualizador.asp?argCryptedData=GP1TKTXdhRJAS2Wp3v88hN%2BfrvzgjllFY&amp;argModo=&amp;argOrigen=BD&amp;argFlagYaGrabados=&amp;argArchivold=1240</a>)</li></ul>



**Tabla 1.12.**  
Normativa chilena vigente señalada en la ficha de seguridad de los productos comerciales.

Producto	Norma Nacional	Marca de Etiqueta
A/F Base Solvente	NCh 382, NCh 2190, Decreto 298/94	Líquido Inflamable, Clase 3
A/F Base Agua	Decreto N°594, NCh 2190,	Producto base agua
Biodeg ®	NCh 382, NCh 2190, Decreto 298/94, Decreto 594.	Líquido Inflamable, Clase 3
Aquanet CCT 100	Sin información	Sin información
Aquanet LG100	Sin información	Sin información
Reall WS	Dice: "Ninguna"	Dice: "Ninguna"
Reall SS	NCh 382, NCh 2190, Decreto 298, Decreto 148	Inflamable
Norimp1500	NCh 2245, NCh 382, NCh 2120/3, D.S. 594, D.S. 298, D.S.148.	Pintura contiene aguarrás. Clase 3 División 3.3
Norimp 2000 CH	NCh 2245, NCh 382, NCh 2120/3, D.S. 594, D.S. 298	Pintura contiene aguarrás. Clase 3 División 3.3
Econet 1500 SB	NCh 382, NCh 2190, Decreto 298, Decreto 594	Dice: "Sustancia no clasificada como peligrosa"
Econet RF	NCh 2245, NCh 382, NCh 2120/3, D.S. 594, D.S. 298, D.S.78	Sustancias peligrosas varias – clase 9
Quipsal 2000	Sin información	Sin información
Ecoquipsal Acuoso	Sin información	Sin información
Hempanet 7150/A	Sin información	Sin información
Flexgard XI-C	No presenta ficha seguridad	No presenta ficha seguridad
Flexgard XI-CH	Sin información	1)Nocivo y 2) Peligroso para el medio ambiente
Aquasafe base agua	No presenta ficha seguridad	No presenta ficha seguridad
Aquasafe base solvente	No presenta ficha seguridad	No presenta ficha seguridad
Solignum 7C1-2	Sin información	Sin información
Solignum 7C1-6	Sin información	Sin información



**Tabla 1.13.**

Comparación de la legislación de pinturas AF en Comunidad Europea y los contenidos de la actual legislación en Chile.

Normativa	Nomenclaturas y definiciones
<p><b>Internacional</b>            Directiva 98/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de febrero de 1998 relativa a la comercialización de biocida             (<a href="http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:123:0001:0063:ES:PDF">http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:123:0001:0063:ES:PDF</a>)</p>	<p><b>Biocidas</b>            Sustancias activas y preparados que contienen una o más sustancias activas, presentados en la forma en que son suministrados al usuario, destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo nocivo por medios químicos o biológicos.            Se incluye los siguiente</p> <p><b>GRUPO PRINCIPAL 1: Desinfectantes y biocida generales</b>            Estos tipos de productos excluyen los productos de limpieza que no persiguen un efecto biocida, incluidos los detergentes líquidos y en polvo y productos similares.            Tipo de producto 1: Biocida para la higiene humana            Tipo de producto 2: Desinfectantes utilizados en los ámbitos de la vida privada y de la salud pública y otros biocida            Tipo de producto 3: Biocida para la higiene veterinaria            Tipo de producto 4: Desinfectantes para las superficies que están en contacto con alimentos y piensos            Tipo de producto 5: Desinfectantes para agua potable</p> <p><b>GRUPO PRINCIPAL 2: Conservantes</b>            Tipo de producto 6: Conservantes para productos envasados            Tipo de producto 7: Conservantes para películas            Tipo de producto 8: Protectores para maderas            Tipo de producto 9: Protectores de fibras, cuero, caucho y materiales polimerizados            Tipo de producto 10: Protectores de mampostería            Tipo de producto 11: Protectores para líquidos utilizados en sistemas de refrigeración y en procesos industriales            Tipo de producto 12: Productos antimoho            Tipo de producto 13: Protectores de líquidos de metalistería</p> <p><b>GRUPO PRINCIPAL 3: Plaguicidas</b>            Tipo de producto 14: Rodenticidas            Tipo de producto 15: Avicidas            Tipo de producto 16: Molusquicidas            Tipo de producto 17: Piscicidas            Tipo de producto 18: Insecticidas, acaricidas y productos para controlar otros artrópodos            Tipo de producto 19: Repelentes y atrayentes</p> <p><b>GRUPO PRINCIPAL 4: Otros biocidas</b>            Tipo de producto 20: Conservantes para alimentos o piensos            Tipo de producto 21: Productos anti-incrustantes            Tipo de producto 22: Líquidos para embalsamamiento y taxidermia            Tipo de producto 23: Control de otros vertebrados</p>





Tabla 1.13. (Continuaci3n).

Normativa	Nomenclaturas y definiciones
<p><b>Nacional</b> (Ministerio de Salud) Decreto Supremo N° 157 Reglamento de pesticidas de uso sanitario y dom3stico</p>	<p><b>Plaga o Peste:</b> Cualquier biotipo o microorganismo vegetal o animal da±ino para personas, animales, plantas, semillas u objetos inanimados.</p>
<p><b>Nacional</b> (Ministerio de Agricultura) Resoluci3n N° 3670 Normas para la evaluaci3n y autorizaci3n de plaguicidas</p>	<p><b>Plaguicida:</b> Compuesto qu3mico, org3nico o inorg3nico, o sustancia natural que se utilice para combatir malezas, enfermedades o plagas potencialmente capaces de causar perjuicios en organismos u objetos. Se entender3 cada producto formulado y las sustancias activas con las que se formulan, con aptitudes insecticidas, acaricidas, nematocidas, molusquicidas, rodenticidas, lagomorfocidas, avicidas, fungicidas, bactericidas, alguicidas, herbicidas, defoliantes, desecantes, fitoreguladores, coadyuvantes, antitranspirantes, atrayentes, feromonas, repelentes, y otros que se empleen en las actividades agr3colas y forestales.</p>

**Tabla 1.14.**

Concentración de metales pesados registrados en las 15 estaciones de muestreo del sector Curaco de Vélez. Se entrega el promedio y la desviación estándar entre paréntesis. < indica bajo el límite de detección del análisis.

Estaciones	Metales pesados					
	Cu µg/g	Zn µg/g	Sn µg/g	Cd µg/g	Al %	Pb µg/g
E1	11(1)	34(2)	< 5	< 2	1,74(0,08)	< 5
E2	9(1)	37(1)	< 5	< 2	1,62(0,07)	< 5
E3	10(0)	36(2)	< 5	< 2	1,74(0,06)	< 5
E4	11(1)	35(2)	< 5	< 2	1,72(0,08)	< 5
E5	9(1)	31(6)	< 5	< 2	1,50(0,28)	< 5
E6	13(1)	35(2)	< 5	< 2	1,79(0,05)	< 5
E7	11(2)	34(2)	< 5	< 2	1,78(0,11)	< 5
E8	10(1)	31(2)	< 5	< 2	1,61(0,07)	< 5
E9	26(2)	42(2)	< 5	< 2	1,59(0,08)	< 5
E10	45(8)	48(1)	< 5	< 2	1,56(0,06)	< 5
E11	20(3)	45(3)	< 5	< 2	1,59(0,06)	< 5
E12	12(2)	38(2)	< 5	< 2	1,72(0,05)	< 5
E13	17(1)	38(6)	< 5	< 2	1,62(0,07)	< 5
E14	10(1)	33(3)	< 5	< 2	1,53(0,07)	< 5
E15	9(1)	33(3)	< 5	< 2	1,64(0,10)	< 5



**Tabla 1.15.**

Disimilitud entre estaciones de muestreo del sector Curaco de Vélez: resultado del análisis SIMPER basado en los contenidos de metales pesados (Cu, Zn, Al). Valores en negrita muestran diferencias significativas de acuerdo al análisis ANOSIM.

Estación	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15
E1															
E2	1.97														
E3	0.78	1.42													
E4	0.88	1.43	0.71												
E5	9.04	7.14	9.39	8.75											
E6	0.90	<b>2.56</b>	0.78	1.02	10.96										
E7	1.10	<b>2.78</b>	1.09	1.33	10.55	1.04									
E8	1.96	<b>1.79</b>	<b>2.36</b>	1.99	5.89	3.18	2.98								
E9	<b>7.40</b>	<b>4.75</b>	<b>6.34</b>	<b>5.93</b>	13.26	6.92	8.27	7.93							
E10	<b>23.62</b>	<b>19.71</b>	<b>22.04</b>	<b>21.11</b>	30.26	21.91	24.55	24.90	6.56						
E11	<b>8.02</b>	<b>4.56</b>	<b>6.36</b>	<b>6.35</b>	14.29	7.44	8.76	9.03	1.58	8.45					
E12	1.33	1.35	0.72	0.96	9.98	1.08	1.67	3.08	4.42	18.05	4.34				
E13	<b>2.90</b>	<b>1.29</b>	<b>2.29</b>	<b>2.05</b>	8.51	3.03	3.73	3.03	1.99	12.89	2.46	1.49			
E14	<b>3.60</b>	1.78	<b>3.67</b>	<b>3.18</b>	5.50	5.05	4.92	1.38	6.69	22.34	7.47	3.92	2.67		
E15	1.50	1.29	1.57	1.42	6.67	2.36	2.33	1.03	6.96	23.47	7.55	2.08	2.43	1.75	



**Tabla 1.16.**

Concentración de metales pesados registrados en las 15 estaciones de muestreo del sector Linlín. Se entrega el promedio y la desviación estándar entre paréntesis. < indica bajo el límite de detección del análisis.

Estaciones	Metales pesados					
	Cu µg/g	Zn µg/g	Sn µg/g	Cd µg/g	Al %	Pb µg/g
E16	10(2)	28(2)	9(1)	<2	1,83(0,15)	<5
E17	10(1)	39(5)	7(1)	<2	1,67(0,14)	<5
E18	12(1)	42(4)	7(1)	<2	1,62(0,14)	<5
E19	11(2)	38(4)	7(2)	<2	1,66(0,07)	<5
E20	18(1)	48(4)	7(0)	<2	1,71(0,03)	5(0)
E21	12(1)	41(2)	5(1)	<2	1,71(0,14)	5(0)
E22	9(1)	30(2)	7(1)	<2	1,84(0,08)	5(0)
E23	12(2)	37(2)	7(1)	<2	1,40(0,40)	6(0)
E24	12(1)	38(3)	<5	<2	1,07(0,02)	5(0)
E25	11(2)	34(2)	<5	<2	1,08(0,07)	6(0)
E26	29(9)	63(13)	<5	<2	0,95(0,03)	5(0)
E27	12(0)	40(2)	<5	<2	1,04(0,09)	6(0)
E28	14(2)	43(2)	<5	<2	0,88(0,06)	5(0)
E29	11(1)	34(2)	<5	<2	1,03(0,13)	<5
E30	13(6)	28(5)	<5	<2	1,27(0,39)	<5



**Tabla 1.17.**

Disimilitud entre estaciones de muestreo del sector Linlín: resultado del análisis SIMPER basado en los contenidos de metales pesados (Cu, Zn, Sn, Al, Pb). Valores en negrita muestran diferencias significativas de acuerdo al análisis ANOSIM.

Estación	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29	E30
E16															
E17	<b>5,0</b>														
E18	<b>7,2</b>	2,1													
E19	5,3	2,9	3,0												
E20	<b>10,3</b>	<b>4,2</b>	<b>2,6</b>	<b>4,7</b>											
E21	<b>10,1</b>	<b>3,1</b>	2,1	4,3	<b>3,4</b>										
E22	<b>4,9</b>	<b>3,0</b>	<b>3,6</b>	3,9	<b>7,1</b>	<b>3,0</b>									
E23	<b>17,4</b>	<b>12,5</b>	<b>11,9</b>	<b>13,3</b>	<b>14,1</b>	<b>12,0</b>	<b>13,0</b>								
E24	<b>14,3</b>	<b>6,0</b>	<b>4,5</b>	<b>7,0</b>	<b>6,9</b>	<b>3,5</b>	<b>6,6</b>	<b>11,9</b>							
E25	<b>15,6</b>	<b>8,4</b>	<b>7,2</b>	<b>9,3</b>	<b>10,4</b>	<b>6,0</b>	<b>8,0</b>	9,9	2,6						
E26	<b>44,2</b>	<b>29,1</b>	<b>23,7</b>	<b>29,1</b>	<b>16,5</b>	<b>23,7</b>	<b>36,3</b>	<b>33,9</b>	<b>20,4</b>	<b>26,1</b>					
E27	<b>21,6</b>	<b>12,7</b>	<b>11,0</b>	<b>13,7</b>	<b>13,2</b>	<b>10,1</b>	<b>13,8</b>	5,8	6,6	6,0	<b>25,6</b>				
E28	<b>18,7</b>	<b>8,7</b>	<b>6,4</b>	<b>9,6</b>	<b>7,6</b>	<b>5,8</b>	<b>10,9</b>	<b>13,8</b>	<b>1,0</b>	<b>4,0</b>	<b>15,7</b>	<b>7,1</b>			
E29	<b>13,9</b>	<b>6,6</b>	<b>5,4</b>	<b>7,5</b>	<b>8,9</b>	<b>4,3</b>	<b>6,3</b>	<b>12,3</b>	0,4	2,5	<b>24,2</b>	<b>7,0</b>	<b>1,8</b>		
E30	<b>13,2</b>	<b>8,0</b>	<b>7,2</b>	8,6	<b>10,0</b>	<b>5,6</b>	<b>6,2</b>	<b>14,1</b>	<b>3,4</b>	5,0	<b>28,0</b>	<b>10,3</b>	<b>5,7</b>	3,1	

**Tabla 1.18.**

Concentraci3n de metales pesados registrados en las 15 estaciones de muestreo del sector Llingua. Se entrega el promedio y la desviaci3n est3ndar entre par3ntesis. < indica bajo el l3mite de detecci3n del an3lisis.

Estaciones	Metales pesados					
	Cu µg/g	Zn µg/g	Sn µg/g	Cd µg/g	Al %	Pb µg/g
E31	75(29)	35(3)	<5	<2	1,44 (0,11)	<5
E32	130(50)	31(5)	<5	<2	1,46(0,08)	<5
E33	159(13)	28(3)	<5	<2	1,70(0,05)	<5
E34	1034(184)	119(21)	5(0)	<2	1,38(0,16)	<5
E35	661(732)	51(3)	<5	<2	1,66(0,06)	<5
E36	356(137)	33(2)	<5	<2	1,68(0,06)	<5
E37	378(26)	35(3)	<5	<2	1,66(0,06)	<5
E38	898(158)	48(6)	5(0)	<2	1,41(0,25)	<5
E39	645(57)	47(6)	<5	<2	1,60(0,06)	<5
E40	143(47)	40(10)	<5	<2	1,33(0,11)	<5
E41	303(42)	36(8)	7(1)	<2	1,07(0,14)	<5
E42	136(9)	20(7)	<5	<2	1,72(0,07)	<5
E43	63(30)	32(9)	5(0)	<2	1,10(0,04)	<5
E44	53(16)	24(3)	<5	<2	1,10(0,07)	<5
E45	31(9)	31(4)	5(0)	<2	1,69(0,11)	<5



**Tabla 1.19.**

Disimilitud entre estaciones de muestreo de la localidad de Llingua: resultado del análisis SIMPER basado en los contenidos de metales pesados (Cu, Zn, Al). Valores en negrita muestran diferencias significativas de acuerdo al análisis ANOSIM.

Estación	E31	E32	E33	E34	E35	E36	E37	E38	E39	E40	E41	E42	E43	E44	E45
E31															
E32	0,35														
E33	<b>1,44</b>	<b>1,10</b>													
E34	<b>20,96</b>	<b>21,35</b>	<b>23,21</b>												
E35	<b>7,15</b>	<b>6,73</b>	<b>6,02</b>	<b>14,72</b>											
E36	<b>1,90</b>	<b>1,47</b>	<b>0,54</b>	<b>19,54</b>	<b>4,60</b>										
E37	<b>1,70</b>	<b>1,31</b>	<b>0,58</b>	<b>18,20</b>	<b>4,23</b>	0,24									
E38	<b>6,58</b>	<b>6,12</b>	<b>7,16</b>	<b>11,17</b>	5,49	<b>4,96</b>	<b>4,33</b>								
E39	<b>3,43</b>	<b>3,01</b>	<b>2,67</b>	<b>12,55</b>	<b>3,31</b>	<b>1,35</b>	<b>0,98</b>	<b>2,15</b>							
E40	0,71	0,83	<b>2,73</b>	<b>18,68</b>	<b>7,40</b>	<b>2,88</b>	<b>2,52</b>	<b>5,81</b>	<b>3,60</b>						
E41	<b>3,10</b>	<b>3,24</b>	<b>7,06</b>	<b>19,48</b>	<b>10,50</b>	<b>6,65</b>	<b>6,06</b>	<b>6,18</b>	<b>6,20</b>	1,99					
E42	<b>2,00</b>	<b>1,55</b>	0,30	<b>26,60</b>	<b>7,08</b>	<b>0,94</b>	<b>1,08</b>	<b>8,41</b>	<b>3,36</b>	<b>3,54</b>	<b>8,02</b>				
E43	<b>2,21</b>	<b>2,49</b>	<b>6,18</b>	<b>23,3</b>	<b>11,78</b>	<b>6,55</b>	<b>6,10</b>	<b>8,48</b>	<b>7,40</b>	<b>1,49</b>	<b>0,94</b>	<b>6,92</b>			
E44	<b>2,36</b>	<b>2,53</b>	<b>6,15</b>	<b>26,01</b>	<b>12,50</b>	<b>6,68</b>	<b>6,30</b>	<b>9,14</b>	<b>7,98</b>	<b>1,80</b>	<b>1,15</b>	<b>6,65</b>	<b>0,31</b>		
E45	<b>1,43</b>	<b>1,24</b>	0,34	<b>24,29</b>	<b>7,02</b>	<b>1,12</b>	<b>1,18</b>	<b>8,62</b>	<b>3,68</b>	<b>2,80</b>	<b>7,45</b>	0,58	6,13	<b>6,17</b>	



**Tabla 1.20.**  
Comparación interanual de Informes Ambientales (INFA) en concesiones muestreadas.

Centro	Año INFA	Prom_ MOT E1	Prom_ MOT E2	Prom_ MOT E3	Prom_ pH E1	Prom_ pH E2	Prom_ pH E3	Prom_ Eh E1	Prom_ Eh E2	Prom_ Eh E3
101888	2004	1,83	1,97	1,60	7,75	7,97	7,88	74,00	126,00	171,67
101888	2005	3,13	3,90	2,30	7,86	7,81	7,73	71,33	146,33	83,00
101888	2006	2,20	2,37	2,10	7,57	7,66	7,45	27,00	5,33	42,00
101888	2007	1,33	1,33	1,57	7,49	7,62	7,53	42,33	21,67	4,67
101888	2010	1,59	1,12	1,23	7,21	7,29	7,26	352,00	340,88	334,50
100987	2004	0,93	1,08	1,66	7,84	7,85	7,67	-134,33	-133,33	-364,67
100987	2005	2,27	2,44	8,15	7,36	7,51	6,88	84,00	98,00	-157,67
100987	2006	1,91	1,74	2,39	7,57	7,48	7,45	81,30	81,30	130,63
100987	2007	1,18	1,49	1,55	7,40	7,30	7,57	53,67	-165,67	-33,00
101285	2004	1,54	1,15	1,32	7,47	7,50	7,49	154,67	114,33	10,67
101285	2005	2,89	1,80	2,10	7,65	7,51	7,59	138,00	134,67	145,00
101285	2006	1,88	1,91	2,84	7,35	7,32	7,28	27,00	85,00	-125,67

**Tabla 1.21.**  
Frecuencia de la información contenida en las declaraciones de impacto ambiental (DIAs) sometidas al sistema de evaluación ambiental (<http://www.sea.gob.cl/>).

Nombre Empresa	Año	Coordenadas	Batimetría (m)	Correntometría (cm/s)	Oxígeno (mg/mL)	pH	Redox (mlivolt)	Tipo de Fondo	Materia Orgánica (%)	Microbiología	Macrofauna	Shannon Weaner
Mar adentro	2005	-42° 19' 11,16", -73° 21' 03,76"	19-52	14,7 (Sur y norte)		7-7,22	140,3-152,2	arena				
	2004	-42,330915, -73,450206	35-53	5,3 NW	6,46-7,02	7,08-7,47	225-368,6	Fango-arenafina	1,13-1,98	1,8nmp/100 ml	27 especies	0,96-2,2
Mainstream	2005	42° 20' 20,80" S, 73° 27' 46,59"	20-26						0,91-1,14			
Cultivos Azules		-42,372002, -73,616494						arena media	0,823-2,278		15 familias	
Pesquera Agromar	2002	-42°22'29", -73°38'39,8"	0-15									
Congelados Del Sur	2005	"42°22'41.0" S73°38'37.6"	0-14									
Hueñocoihue	2004	610.153, 5.306.586 datum 56				6,93-7,08	116-55	arena gruesa y fango	0,18-30,49			
Agromar	2010	5307430N, 611.939W	8,5-15			6,87-7,02	240,2-285,1	arena media a fina	0,9-1			0,64-1,10



**Tabla 1.22.**

VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS MEDIDAS EN 15 ESTACIONES EN EL SECTOR CURACO DE VÉLEZ. \* INDICA ESTACIÓN CERCA AL MÓDULO DE CULTIVO Y <sup>c</sup> CONTROL

Estación	Profundidad (m)	Grava (%)	Arena (%)	Fango (%)	Materia Orgánica (%)	Temperatura (°C)	Redox (mV)	pH
E1	17,0	0,2	94,6	5,2	1,2	13,1	362,1	6,96
E2*	14,8	4,8	87,3	7,9	1,6	12,1	260,8	7,21
E3	16,8	4,9	90,2	4,9	1,6	12,2	276,7	6,71
E4*	18,3	0,0	96,4	3,6	1,0	12,4	304,6	6,92
E5	19,9	0,1	94,8	5,0	1,1	12,4	343,6	6,98
E6*	20,3	0,0	97,2	2,8	1,1	12,2	238,7	7,06
E7	19,8	0,0	91,6	8,4	1,3	12,1	292,8	6,83
E8	19,5	0,1	94,8	5,1	1,1	12	159,9	7,21
E9*	18,3	0,2	95,5	4,4	1,2	12,1	246,8	7,00
E10	17,4	0,5	92,3	7,2	1,2	12,1	266,8	7,14
E11*	17,0	3,0	93,2	3,9	1,5	12,2	270,7	6,98
E12	14,8	19,6	71,3	9,1	2,0	12,5	210,5	7,29
E13*	15,0	0,4	95,9	3,7	1,2	12,6	211,4	6,98
E14	16,8	0,3	92,8	7,0	1,4	12,5	240,5	7,43
E15 <sup>c</sup>	16,2	0,0	94,0	6,0	1,1	12,4	337,6	7,40



**Tabla 1.23.**  
Variables biológicas medidas en 15 estaciones en el sector Curaco de Vélez.

<b>Estación</b>	<b>Abundancia total (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Riqueza de taxa</b>	<b>Diversidad de especies (H')</b>
E1	30	1	0,000
E2	70	5	0,673
E3	70	3	0,346
E4	50	4	0,579
E5	60	5	0,678
E6	180	8	0,794
E7	140	7	0,786
E8	50	3	0,413
E9	60	4	0,540
E10	40	4	0,602
E11	110	5	0,638
E12	40	1	0,000
E13	80	5	0,602
E14	30	3	0,477
E15	40	3	0,452



**Tabla 1.24.**  
Resultados del análisis de BIO-ENV para el sector Curaco de Vélez.

Nº variable	Combinación de variables	Coefficiente de correlación de Spearman (pw)
1	Cu	0,682
2	Cu, Zn	0,588
1	Zn	0,498
3	Cu, Zn, Al	0,430

**Tabla 1.25.**  
Variables físico-químicas medidas en 15 estaciones en el sector Linlín. \* Indica estación cercana al módulo de cultivo y <sup>c</sup>control.

Estación	Profundidad (m)	Grava (%)	Arena (%)	Fango (%)	Materia Orgánica (%)	Temperatura (°C)	Redox (mV)	pH
E16	15,6	0,0	92,2	7,7	0,7	11,5	328,2	7,2
E17*	29,2	0,1	96,8	3,1	0,9	11,6	287,1	7,1
E18	32,6	0,0	95,8	4,2	0,9	11,3	258,4	7,12
E19	37,5	0,0	95,4	4,6	1,0	11,6	242,1	6,9
E20*	42,1	0,0	96,5	3,5	1,8	11,6	129,1	7,4
E21*	48,1	0,9	96,6	2,5	1,2	12,2	135,7	7,2
E22	49,4	0,0	93,8	6,2	1,0	11,7	319,1	7,2
E23	55,1	0,0	91,9	8,1	1,5	11,6	238,1	7,3
E24*	52,0	0,0	94,7	5,3	1,0	11,8	237,0	7,6
E25	56,2	0,0	97,9	2,1	1,0	11,6	339,1	7,3
E26*	44,8	0,1	95,2	4,7	1,6	12,1	230,8	7,5
E27	45,3	0,0	99,0	1,0	1,0	12,1	226,8	7,4
E28*	37,4	0,5	93,5	6,0	1,3	12,5	276,5	7,5
E29	26,7	0,0	98,2	1,8	0,7	12,4	316,6	7,3
E30 <sup>c</sup>	5,0	0,3	98,5	1,2	0,8	11,8	366,0	7,7



**Tabla 1.26.**  
Variables biológicas medidas en 15 estaciones en el sector Linlín.

<b>Estación</b>	<b>Abundancia total (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Riqueza de taxa</b>	<b>Diversidad de especies (H')</b>
E16	150	8	0,850
E17	70	5	0,673
E18	150	6	0,509
E19	110	7	0,802
E20	160	4	0,299
E21	90	2	0,151
E22	240	13	1,026
E23	190	11	0,962
E24	310	10	0,863
E25	250	10	0,843
E26	1660	13	0,585
E27	640	20	1,113
E28	390	11	0,916
E29	390	11	0,868
E30	30	3	0,477



**Tabla 1.27.**  
Resultados del análisis de BIO-ENV para el sector Linlín.

N° variable	Combinación de variables	Coefficiente de correlación de Spearman (pw)
1	Al	0,254
2	Zn, Al	0,233
2	Sn, Al	0,227
3	Cu, Zn, Al	0,226
3	Zn, Sn, Al	0,199
4	Cu, Zn, Sn, Al	0,174
2	Zn, Sn	0,161
2	Cu, Zn	0,148
1	Sn	0,146
3	Cu, Zn, Sn	0,130

**Tabla 1.28.**  
Variables físico-químicas medidas en 15 estaciones en el sector Llingua. \* Indica estación cercana al módulo de cultivo y <sup>c</sup>control.

Estación	Profundidad (m)	Grava (%)	Arena (%)	Fango (%)	Materia Orgánica (%)	Temperatura (°C)	Redox (mV)	pH
E31*	42,0	0,1	98,1	1,8	1,3	12,0	279,9	7,7
E32	23,6	0,1	97,5	2,4	1,0	11,9	308,9	7,2
E33	52,6	0,0	92,2	7,8	1,2	11,1	235,5	6,9
E34*	53,6	0,1	85,9	14,0	6,2	11,8	33,0	7,4
E35*	57,5	0,3	87,6	12,1	2,0	11,3	46,4	7,4
E36	60,6	0,0	91,8	8,2	1,1	11,9	250,9	6,9
E37	58,0	0,0	94,7	5,3	1,1	12,0	200,9	7,2
E38	47,8	0,0	87,0	13,0	1,3	11,9	162,9	7,0
E39*	55,4	0,0	89,8	10,2	1,9	11,6	94,1	7,4
E40*	52,6	1,7	91,4	6,9	1,3	14,2	190,3	7,3
E41	42,3	0,1	95,3	4,6	1,0	12,2	237,7	6,8
E42*	40,6	0,8	96,5	2,7	0,9	11,5	276,2	7,4
E43	16,4	3,0	95,0	1,9	0,9	11,1	313,5	7,7
E44	27,8	5,3	89,8	4,8	1,1	11,4	305,3	7,8
E45 <sup>c</sup>	30,0	0,3	95,4	4,2	1,0	12,1	250,8	7,5



**Tabla 1.29**  
Variables biológicas medidas en 15 estaciones en el sector Llingua.

<b>Estación</b>	<b>Abundancia total (ind/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Riqueza de taxa</b>	<b>Diversidad de especies (H')</b>
E31	480	4	0,131
E32	250	9	0,850
E33	450	12	0,722
E34	320	4	0,474
E35	580	8	0,638
E36	220	12	1,014
E37	10	1	0,000
E38	210	6	0,682
E39	240	5	0,571
E40	760	5	0,509
E41	350	10	0,823
E42	120	6	0,586
E43	370	12	0,797
E44	200	11	0,917
E45	140	5	0,490



**Tabla 1.30.**  
Resultados del análisis de BIO-ENV para el sector Llingua.

N° variable	Combinación de variables	Coefficiente de correlación de Spearman (pw)
1	Al	0.023
2	Cu, Al	-0.031
2	Zn, Al	-0.059
1	Zn	-0.063
1	Cu	-0.079
3	Cu, Zn, Al	-0.080
2	Cu, Zn	-0.081

**Tabla 1.31.**

Matriz fondo marino, indicando los rangos aceptables para cada variable y parámetro técnico a utilizar en la evaluación del estado ambiental, según normativa y literatura internacional. BAT=Batimetría; Cd=Cadmio; Cu=Cobre; GRA=Granulometría; MOT=Materia orgánica Pb=Plomo; Zn=Zinc.

Fuente	BAT	GRA	MOT %	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg
Guidelines Canadian, 2002 <sup>1</sup>				4,2	112	108	271
Persaud <i>et al.</i> , 1993			1				
Dosdat <i>et al.</i> (1996) <sup>2</sup>	> 30 m	Arena o grava					
Demaison & Moore (1980) <sup>3</sup>			< 4				
McLachlan (1980) <sup>4</sup>		1%					

<sup>1</sup>Directrices canadienses interinas de calidad de sedimentos marinos en base al peso seco. <sup>2</sup> valores que indican una buena condición del ambiente para realizar acuicultura. <sup>3</sup> Condición ambiental aceptable. <sup>4</sup> Nivel óptimo para arenas de 62 a 250 µm.

**Tabla 1.32.**

Matriz columna de agua, indicando los valores máximos permisibles o rangos aceptables para cada variable y parámetro técnico a utilizar en la evaluación del estado ambiental, según la normativa nacional y literatura internacional. Simbología ídem Tabla 1.31. COR=Correntometría; OD=Oxígeno disuelto; S=Salinidad; T=Temperatura.

Fuente	COR cm/s	OD % sat.	T °C	S USP
<b>Norma 2º Calidad Aguas Marinas<sup>1</sup></b>		70-89	D3	
<b>D. S. N° 002-2008-MINAM (Perú)<sup>3.1</sup></b>		≥ 4 mL/L	D3	
3.2		50,0	≥ 3 mL/L	D3
3.3		≥ 2,5 mL/L	D3	
3.4		≥ 4 mL/L	D3	
<b>Dosdat et al. (1996)<sup>3.</sup></b>	> 15	>100	24 - 12	25 - 35

<sup>1</sup>Valores que indican una buena condición del ambiente para realizar acuicultura. <sup>3</sup>Condición ambiental aceptable. D3: La variación no debe ser mayor a 3 °C (temperatura promedio mensual  $\pm$  3 °C). Norma peruana para agua de mar: <sup>3.1</sup>(C1) Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos (Sub Categoría 1), <sup>3.2</sup>(C2) Extracción y Cultivo de otras Especies Hidrobiológicas (Sub Categoría 2) y <sup>3.3</sup>(C3) Otras Actividades Marino Costeras (Sub Categoría 3) y <sup>3.4</sup>(C4) Conservación del Ambiente Marino.





**Tabla 1.33.**  
Incidencia de la corriente en la capa de 3 m sector Curaco de Vélez.

Tabla de incidencia del vector

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
1.1- 3.9	0	2	0	1	0	1	1	2	7
4- 6.9	11	5	5	7	9	8	13	11	69
7- 9.9	17	8	8	14	15	15	17	20	114
10- 12.9	13	3	5	12	20	10	9	10	82
13- 15.9	7	8	6	13	12	8	4	24	82
16- 18.9	8	3	9	8	11	3	2	16	60
19- 21.9	4	0	4	4	9	2	2	8	33
22- 24.9	2	1	0	0	1	0	0	4	8
<b>Totales</b>	<b>62</b>	<b>30</b>	<b>37</b>	<b>59</b>	<b>77</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>95</b>	<b>455</b>
%Dirección	13.63	6.59	8.13	12.97	16.92	10.33	10.55	20.88	100.00
Máximos	22.76	22.64	21.88	21.15	22.36	20.09	19.96	23.05	23.05
Media	11.48	10.88	12.64	12.05	12.64	10.71	9.24	12.78	11.55
Desv. STD	4.91	4.73	4.97	4.48	4.74	4.00	3.84	5.05	0.45

Componente	Minimo	Maximo	Promedio	Desv. estandar
U(E-O)	-19.9	21.8	-1.1	8.2
V(N-S)	-22.2	22.5	-0.1	9.6



**Tabla 1.34.**  
Incidencia de la corriente en la capa de 5 m sector Curaco de Vélez.

Tabla de incidencia del vector

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
1.1- 3.9	4	2	10	4	5	1	5	5	36
4- 6.9	9	6	10	11	13	5	12	20	86
7- 9.9	16	4	8	21	8	8	16	18	99
10- 12.9	11	0	3	18	6	3	7	28	76
13- 15.9	10	0	4	16	7	2	4	30	73
16- 18.9	2	0	0	10	4	0	4	22	42
19- 21.9	1	1	0	19	1	0	0	15	37
22- 24.9	2	0	0	2	0	0	2	2	8
<b>Totales</b>	<b>55</b>	<b>13</b>	<b>35</b>	<b>101</b>	<b>44</b>	<b>19</b>	<b>50</b>	<b>140</b>	<b>457</b>
%Dirección	11.98	2.83	7.63	22.00	9.59	4.14	10.89	30.50	99.56
Máximos	23.40	21.03	15.82	23.12	20.39	13.99	23.03	23.67	23.67
Media	10.04	6.39	6.84	12.65	9.53	7.88	9.45	12.66	9.43
Desv. STD	4.97	4.62	3.79	5.33	5.00	3.11	4.98	4.89	0.75

Componente	Minimo	Maximo	Promedio	Desv. estandar
U(E-O)	-23.0	19.2	-1.5	7.9
V(N-S)	-21.3	22.0	0.9	9.0



**Tabla 1.35.**  
Incidencia de la corriente en la capa de 8 m sector Curaco de Vélez.

Tabla de incidencia del vector

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
1.1- 3.9	10	2	5	4	6	3	3	5	38
4- 6.9	15	9	13	13	6	6	9	9	80
7- 9.9	13	7	9	25	12	1	6	26	99
10- 12.9	11	3	10	23	6	0	8	39	100
13- 15.9	10	1	6	20	3	0	3	34	77
16- 18.9	3	0	1	10	0	0	2	25	41
19- 21.9	4	0	0	9	2	0	0	11	26
22- 24.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Totales</b>	<b>66</b>	<b>22</b>	<b>44</b>	<b>104</b>	<b>35</b>	<b>10</b>	<b>31</b>	<b>149</b>	<b>461</b>
%Dirección	14.32	4.77	9.54	22.56	7.59	2.17	6.72	32.32	100.00
Máximos	19.44	15.18	17.88	21.19	20.66	8.38	17.02	21.26	21.26
Media	9.45	7.40	8.62	11.58	8.39	4.42	8.80	12.52	8.90
Desv. STD	4.77	3.19	4.07	4.65	4.47	2.05	4.18	4.43	0.92

Componente	Minimo	Maximo	Promedio	Desv. estandar
U(E-O)	-18.6	16.6	-1.0	7.9
V(N-S)	-20.3	19.3	1.6	8.2



**Tabla 1.36.**  
Índices estadísticos de calidad del modelo hidrodinámico.

	BIAS [m/s]	RMSE [m/s]	Correlaci3n
u_este 5m	-0.07	0.097	0.801
v_norte 5m	-0.03	0.062	0.896

**Tabla 1.37**

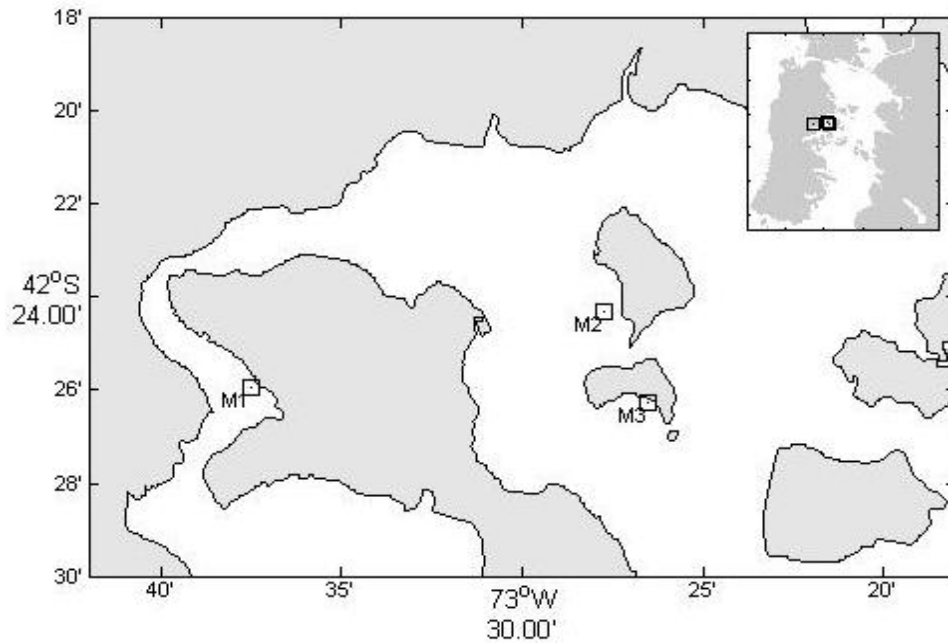
Concentración de metales pesados en pinturas anti-incrustantes expresadas en %. Valores en base natural con y sin aplicación de factor de corrección por humedad y ceniza. ND= Bajo el límite de detección de la técnica.

Muestra	Cu % peso b. natural	Cu % peso b. seca	Cu2O % peso b. natural	Cu2O % peso b. seca	Zinc %	Estaño %	Cadmio %	Aluminio %	Plomo %
1	0,17	2,82	0,38	0,86	ND	ND	ND	ND	ND
2	0,01	1,16	0,02	0,04	0,00	ND	ND	ND	ND
3	10,18	23,65	22,90	51,53	0,02	0,0028	ND	0,03	0,01
4	0,00	0,01	0,00	0,01	ND	0,0007	ND	ND	ND
5	0,72	5,77	1,62	3,65	0,00	0,0010	ND	ND	ND
6	0,06	1,44	0,14	0,32	ND	ND	ND	ND	ND
7	2,32	8,94	5,22	11,75	0,01	0,0036	ND	0,01	0,001
8	1,13	3,30	2,55	5,74	0,97	0,0009	ND	0,43	0,001
9	0,05	0,58	0,11	0,26	0,01	ND	ND	ND	ND
10	2,56	7,48	5,77	12,97	0,70	ND	ND	0,14	ND
11	0,07	0,18	0,17	0,37	0,90	0,0008	ND	0,64	ND
12	1,01	7,34	2,27	5,10	0,00	ND	ND	0,00	ND
13	0,01	0,41	0,01	0,03	0,01	ND	ND	ND	ND
14	0,00	0,31	0,01	0,02	ND	ND	ND	ND	ND

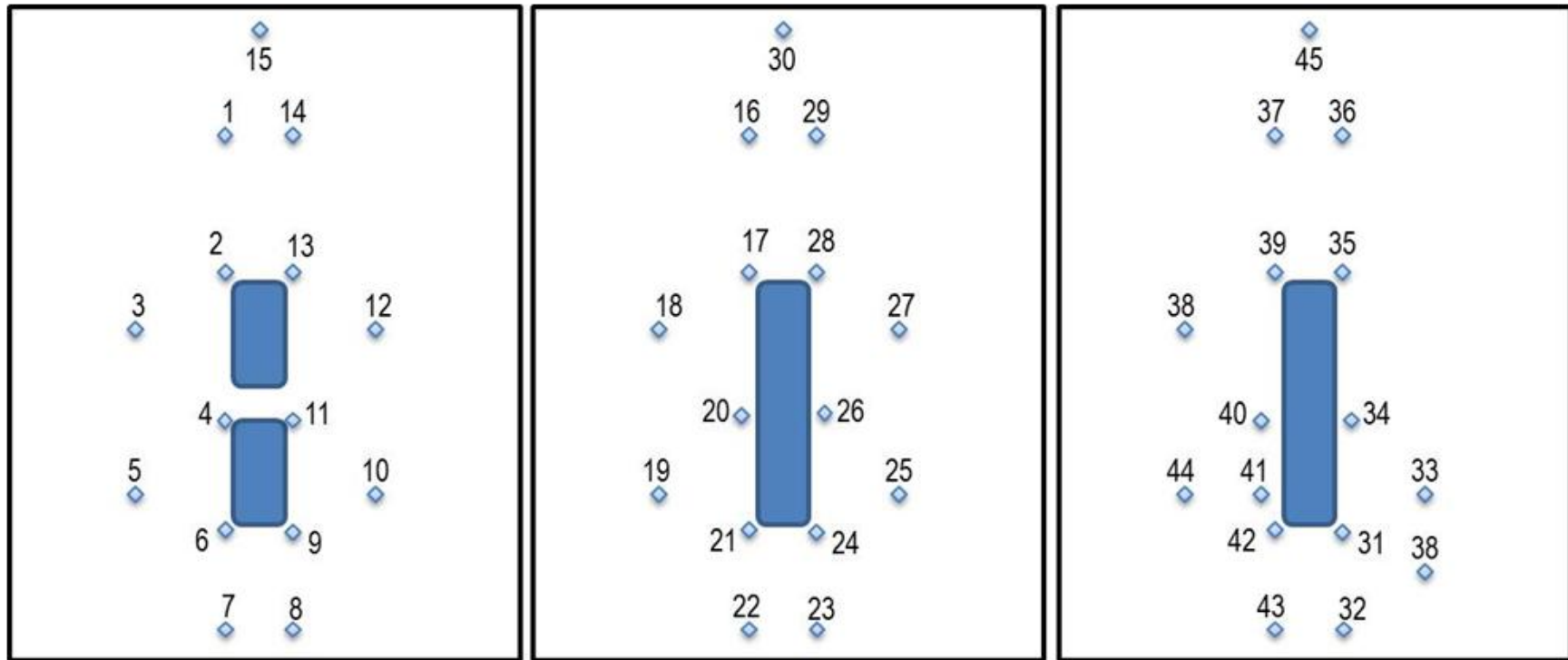
# **A N E X O 2**

---

Figuras



**Figura 2.1.** Mapa de las áreas de muestreo en la zona de canales interiores de Chiloé Central. M1: Curaco de Vélez ( $42^{\circ} 26' 3.216''$  S -  $73^{\circ} 37' 31.836''$  W), M2 Bahía Linlín ( $42^{\circ} 25' 40.992''$  S -  $73^{\circ} 27' 42.984''$  W) y M3 Llingua-Punta Lonhui ( $42^{\circ} 27' 42.984''$  S -  $73^{\circ} 26' 33.000''$ ).



a). Curaco de Velez

b). Linl3n

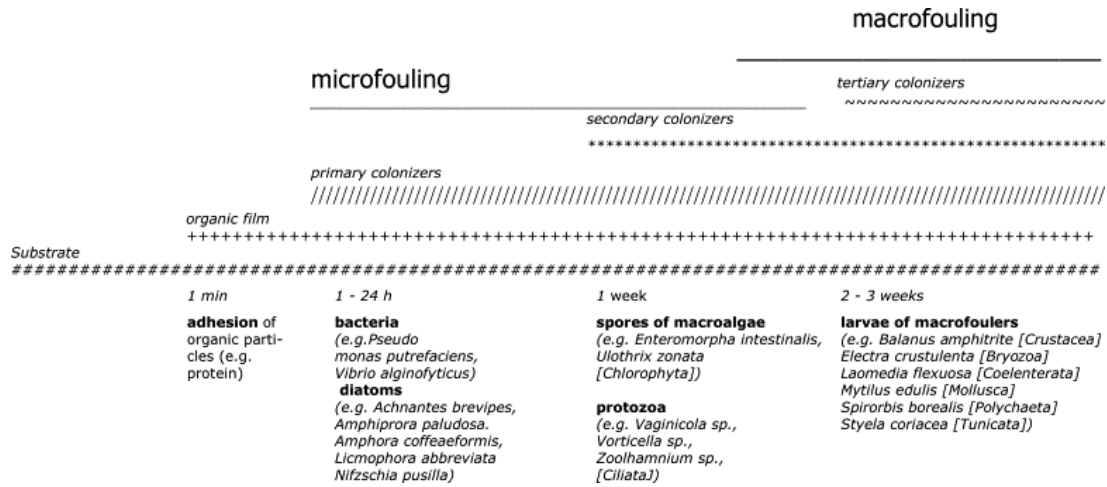
c). Llingua

**Figura 2.2.** Diagrama esquem3tico de la disposici3n espacial de las estaciones de muestreo en 3reas piloto de Chil3 Central.





**Figura 2.3.** Secuencia fotográfica del muestreo de sedimentos y su posterior embalamiento para su envío a CESMEC.

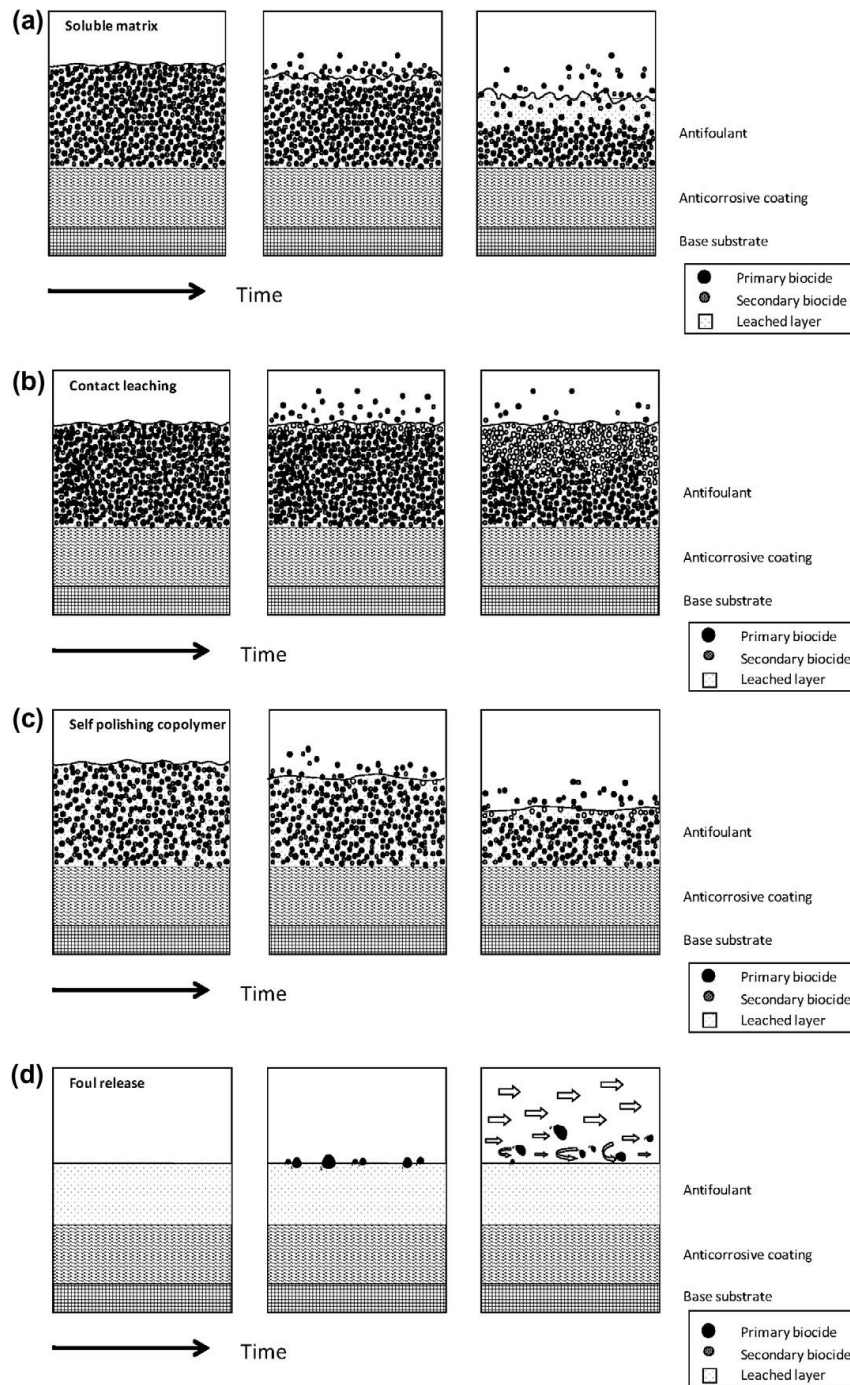


**Figura 2.4.** Estructura de asentamiento temporal de “biofouling (Tomado de Yebra *et al.*, 2004). Existe un asentamiento primario, secundario y terciario que abarca de microorganismos (“microfouling”) a macroorganismos (“macrofouling”).





**Figura 2.5.** Especies “fouling” asociadas a estructuras de cultivo en acuicultura (Tomado de Fitridge *et.al.*, 2012). A. *Ciona intestinalis* (Chordata: Ascidiaceae). B. *Ectopleura crocea* (Cnidaria: Hidrozoo). C. *Mytilus edulis* (Mollusca: Bivalvia). D. *Ectopleura larynx* (Cnidaria: Hidrozoo).



**Figura 2.6.** Tipos de matriz de pintura anti-incrustantes desarrolladas para cascos de embarcaciones marítimas, adoptados por la industria de la acuicultura. a). Matriz soluble. b). Lixiviación de contacto. c). Copolímeros de autopulido. d). "Foul release".

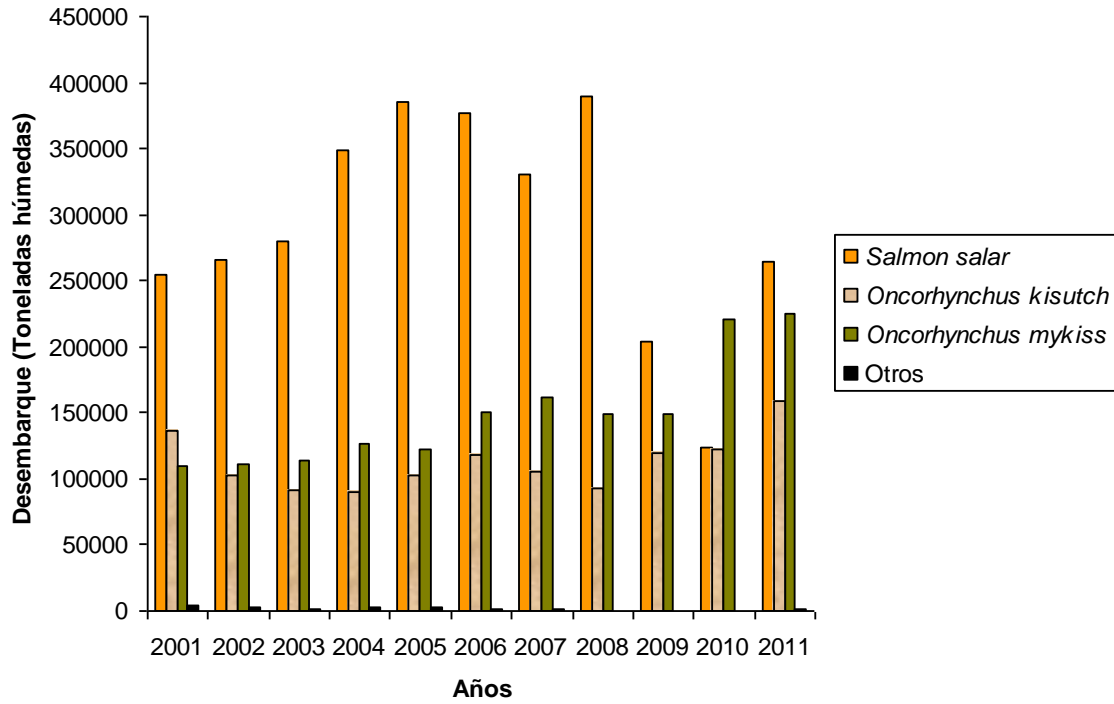


Figura 2.7. Desembarque total nacional de especies de salmónidos, en el periodo 2001-2011 (Fuente: Sernapesca, 2012).



### Uso de pinturas por taller de impregnación

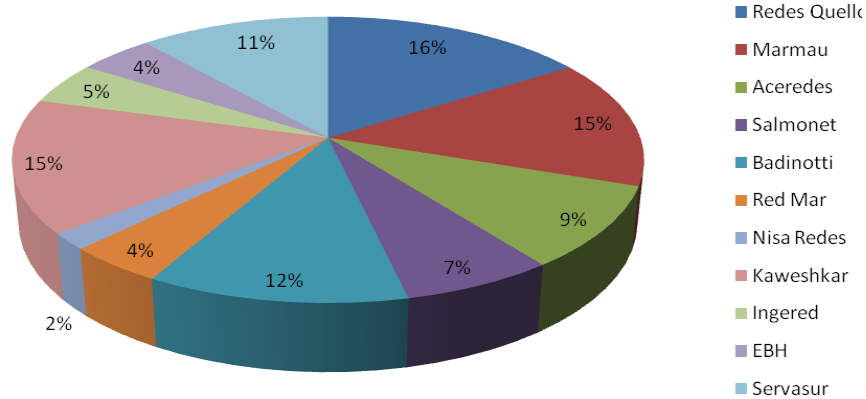


Figura 2.8. Contribución porcentual mensual de uso de pintura anti-incrustante por taller de impregnación.

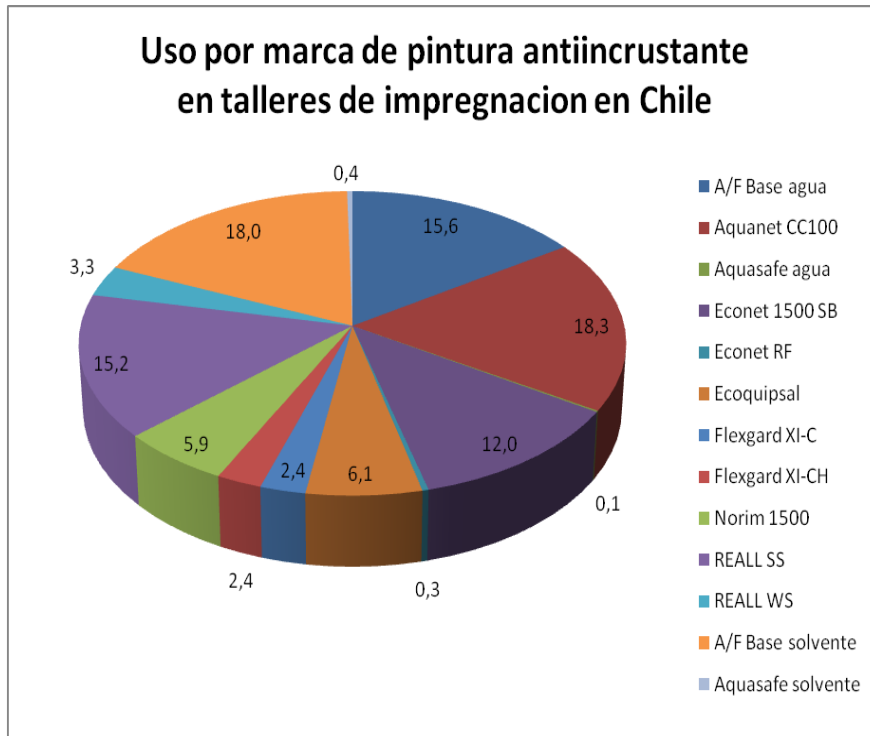
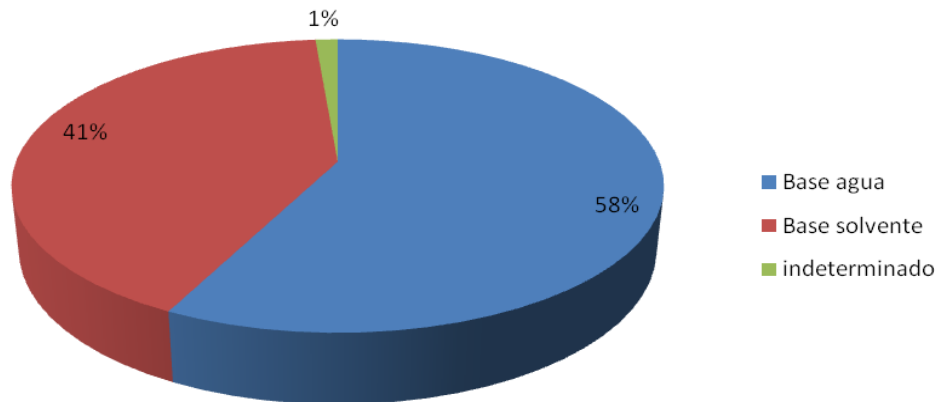


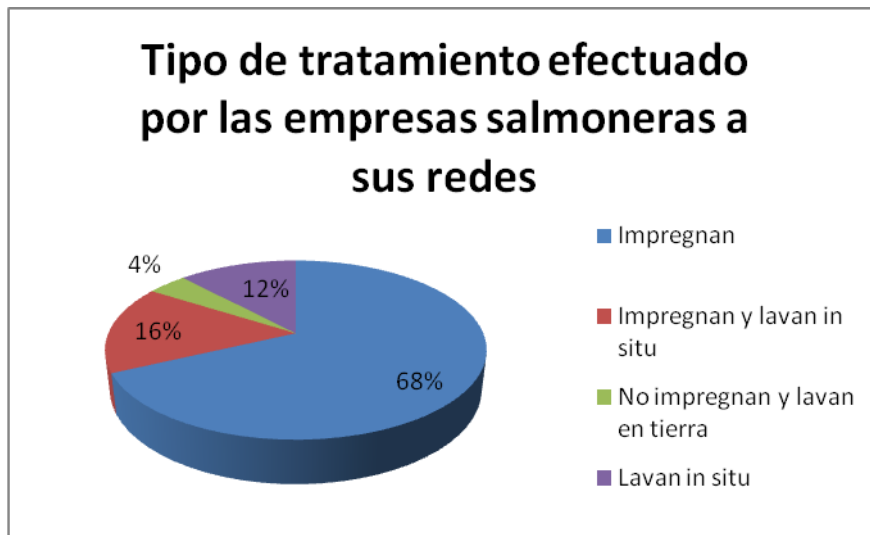
Figura 2.9. Contribución porcentual de uso de pinturas anti-incrustantes en talleres de impregnación, desglosadas por marca.



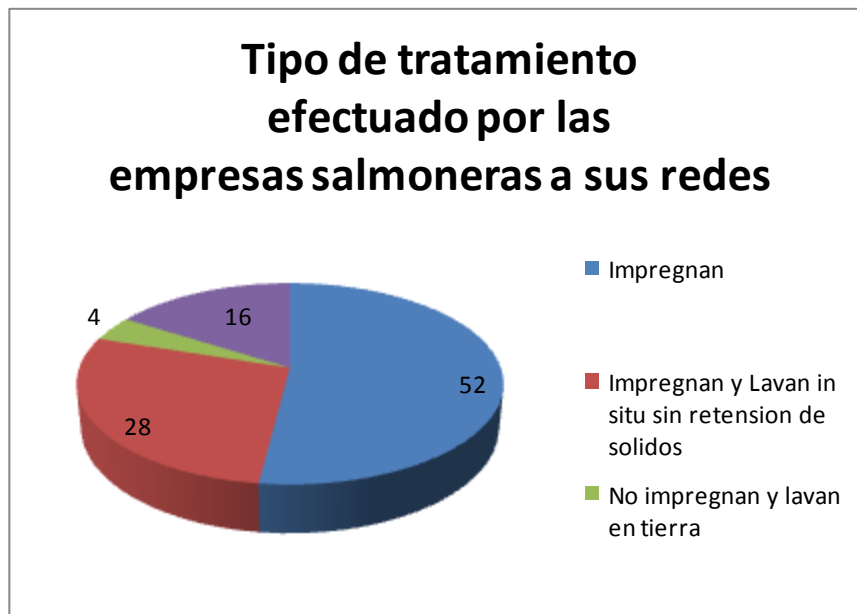
### Pinturas Anti-incrustantes por tipo de base usada



**Figura 2.10.** Contribución porcentual de uso de pinturas anti-incrustantes en talleres de impregnación, desglosadas por tipo de base.



a)



b)

**Figura 2.11.** Tipo de tratamiento efectuado por las empresas salmoneras a sus redes. a). invierno. b). primavera.





### Uso de pinturas anti-incrustantes por empresa salmoneras

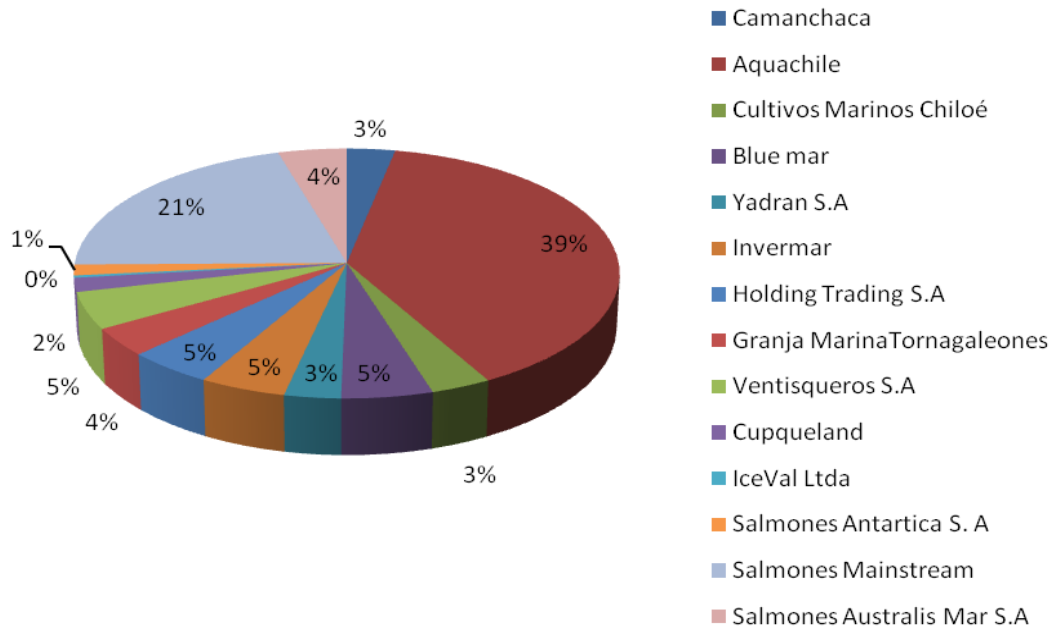


Figura 2.12. Contribución porcentual de uso de pintura anti-incrustante en empresas salmoneras.

### Pinturas anti-incrustantes por tipo de base usada en empresas salmoneras

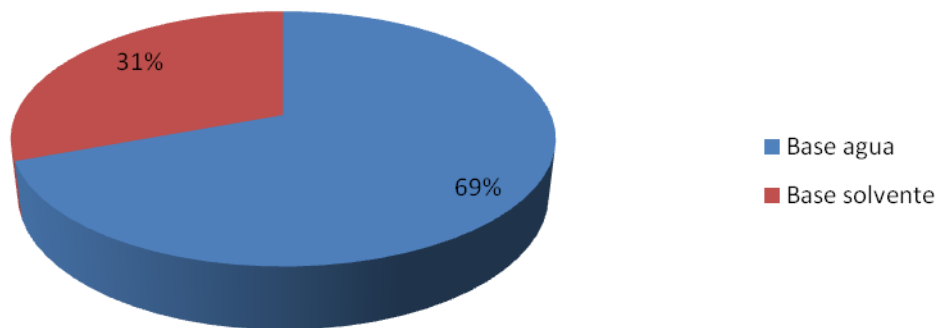


Figura 2.13. Contribución porcentual de uso de pinturas anti-incrustantes en empresas salmoneras, desglosadas por tipo de base.

### Uso por marca de pinturas anti-incrustantes en empresas salmoneras

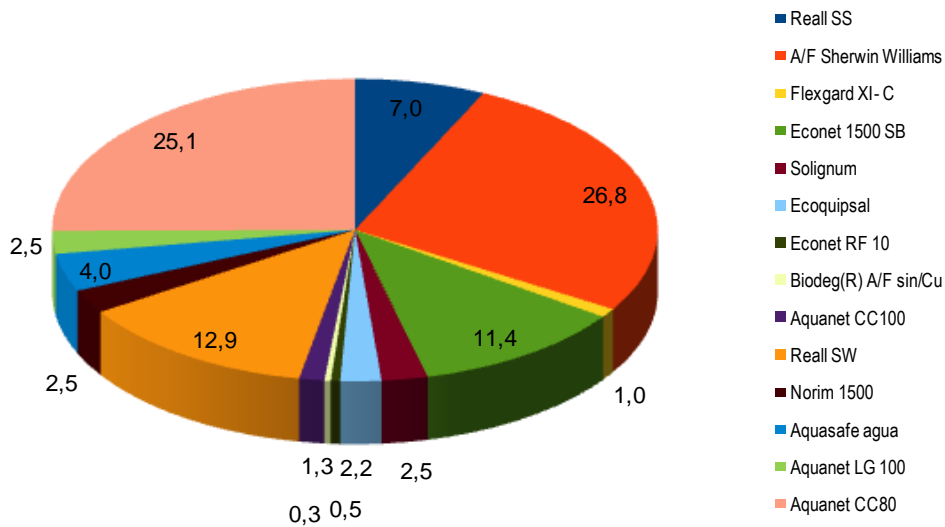


Figura 2.14. Contribución porcentual de uso de pinturas anti-incrustantes en empresas salmoneras, desglosadas por marca.

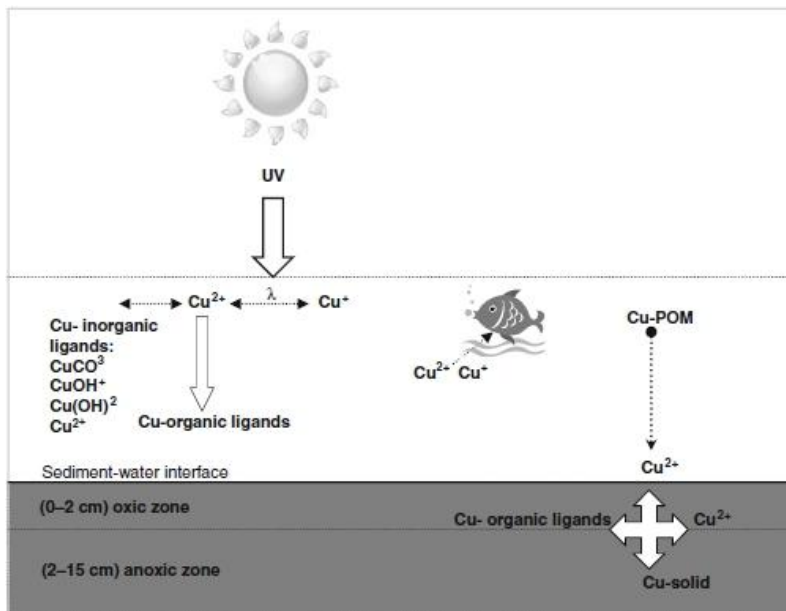
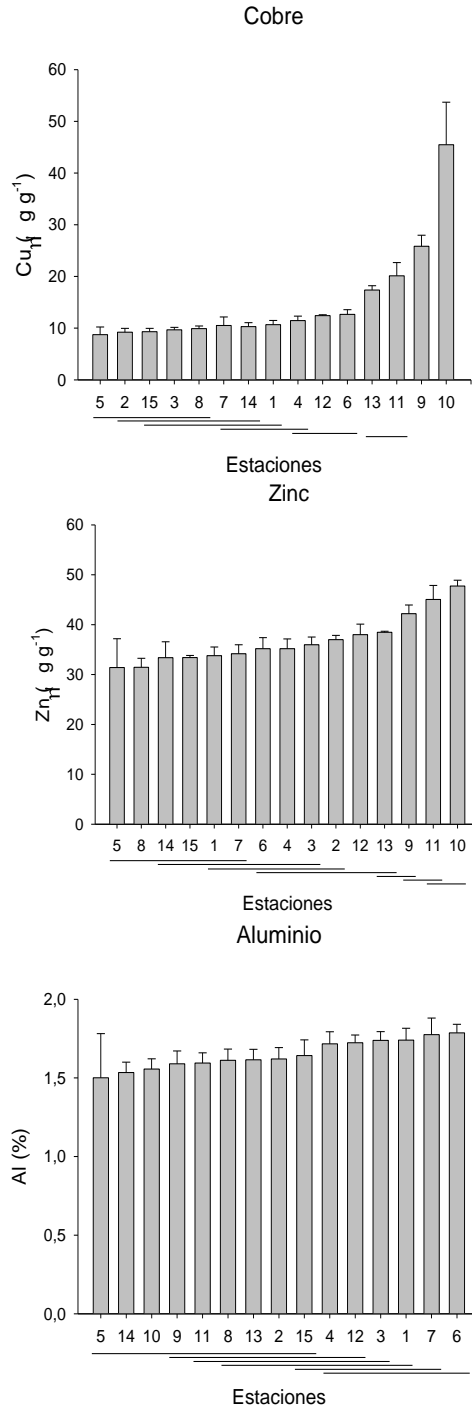


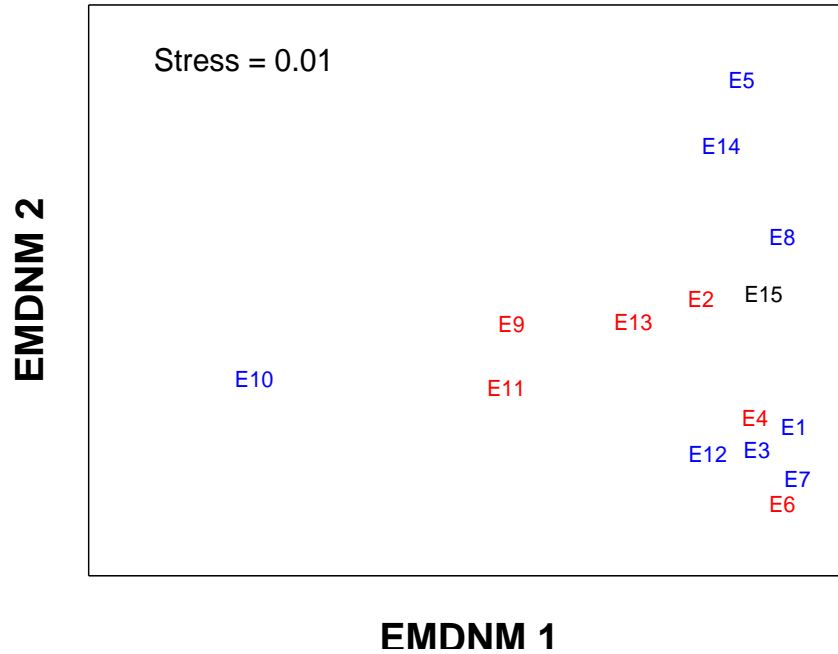
Figura 2.15. Especiación del cobre en el ambiente acuático a partir del óxido cuproso (Kiaune & Singhasemanon, 2011). POM=materia orgánica particulada.



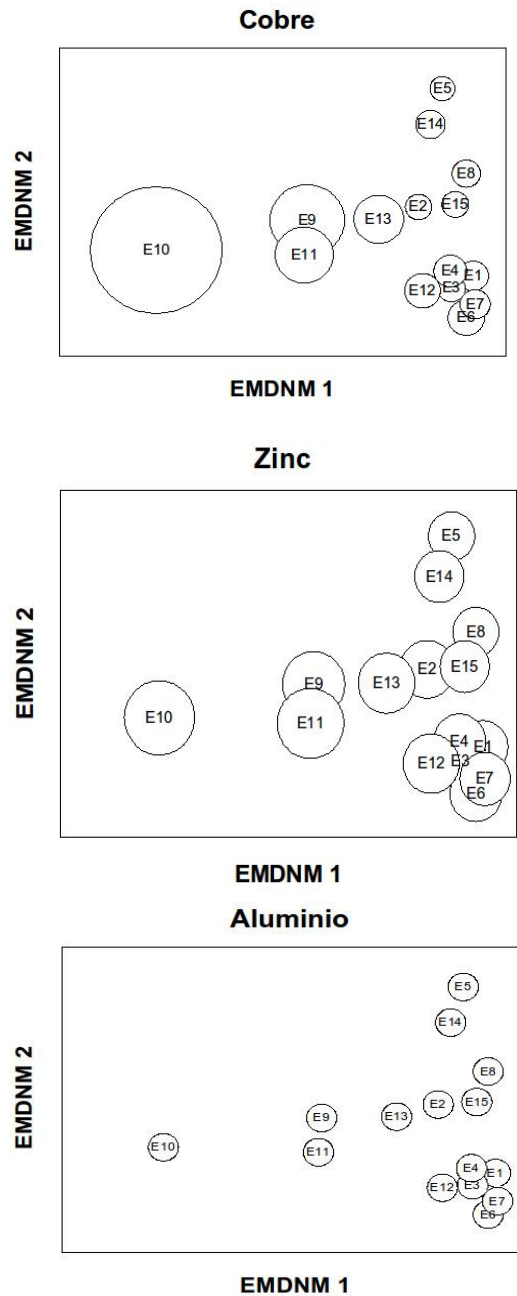
**Figura 2.16.** Promedios ( $\pm 1$  desviaci3n estandar) del contenido de metales pesados (Cu, Zn y Al) en los sedimentos del sector Curaco de Vélez. Las líneas unen promedios que no difieren significativamente entre sí ( $P > 0,05$ ).



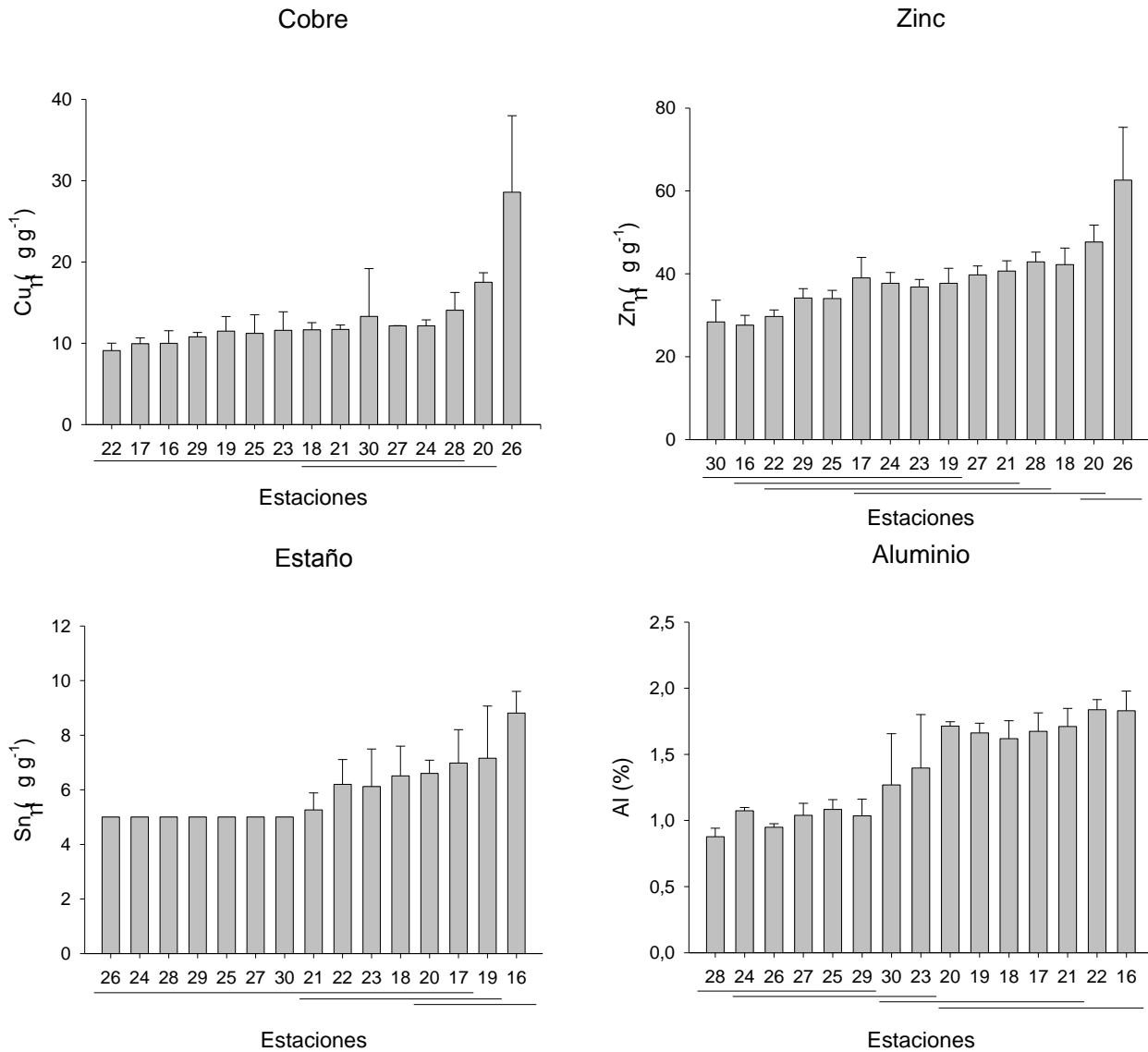
## Metales pesados



**Figura 2.17.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de los contenidos de metales pesados en el sector Curaco de Vélez.



**Figura 2.18.** Análisis de Escalamiento Multidimensional no métrico (EMDNM) para metales pesados (Cu, Zn y Al) en sedimentos de Curaco de Vélez. Los círculos representan la concentración relativa en las estaciones de muestreo.



**Figura 2.19.** Promedios ( $\pm 1$  desviaci3n est3ndar) de los contenidos de metales pesados (Cu, Zn, Sn y Al) en los sedimentos del sector Linl3n. Las l3neas unen promedios que no difieren significativamente entre s3 ( $P > 0,05$ ).



## Metales pesados

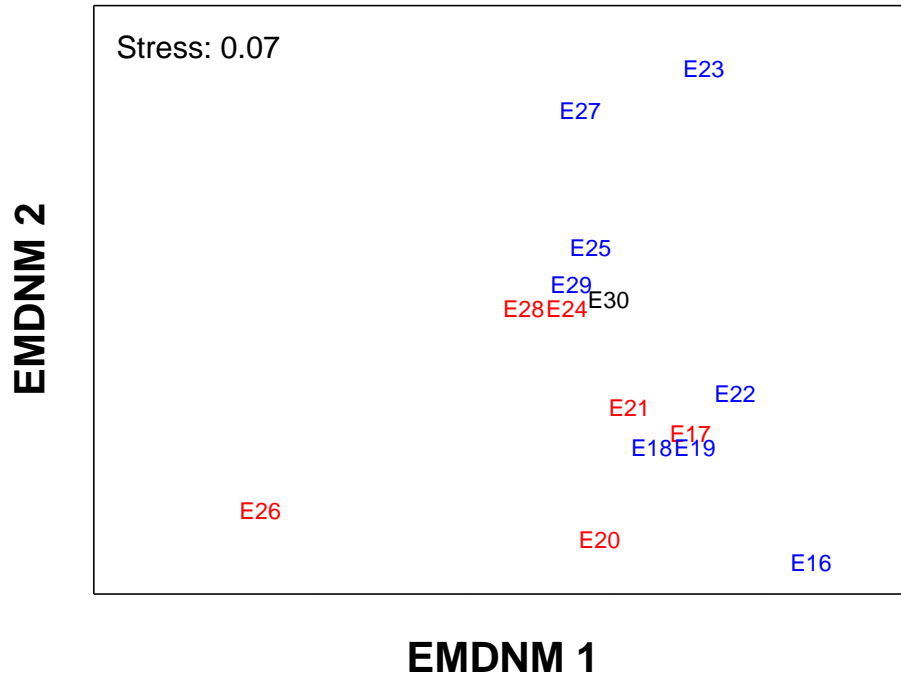
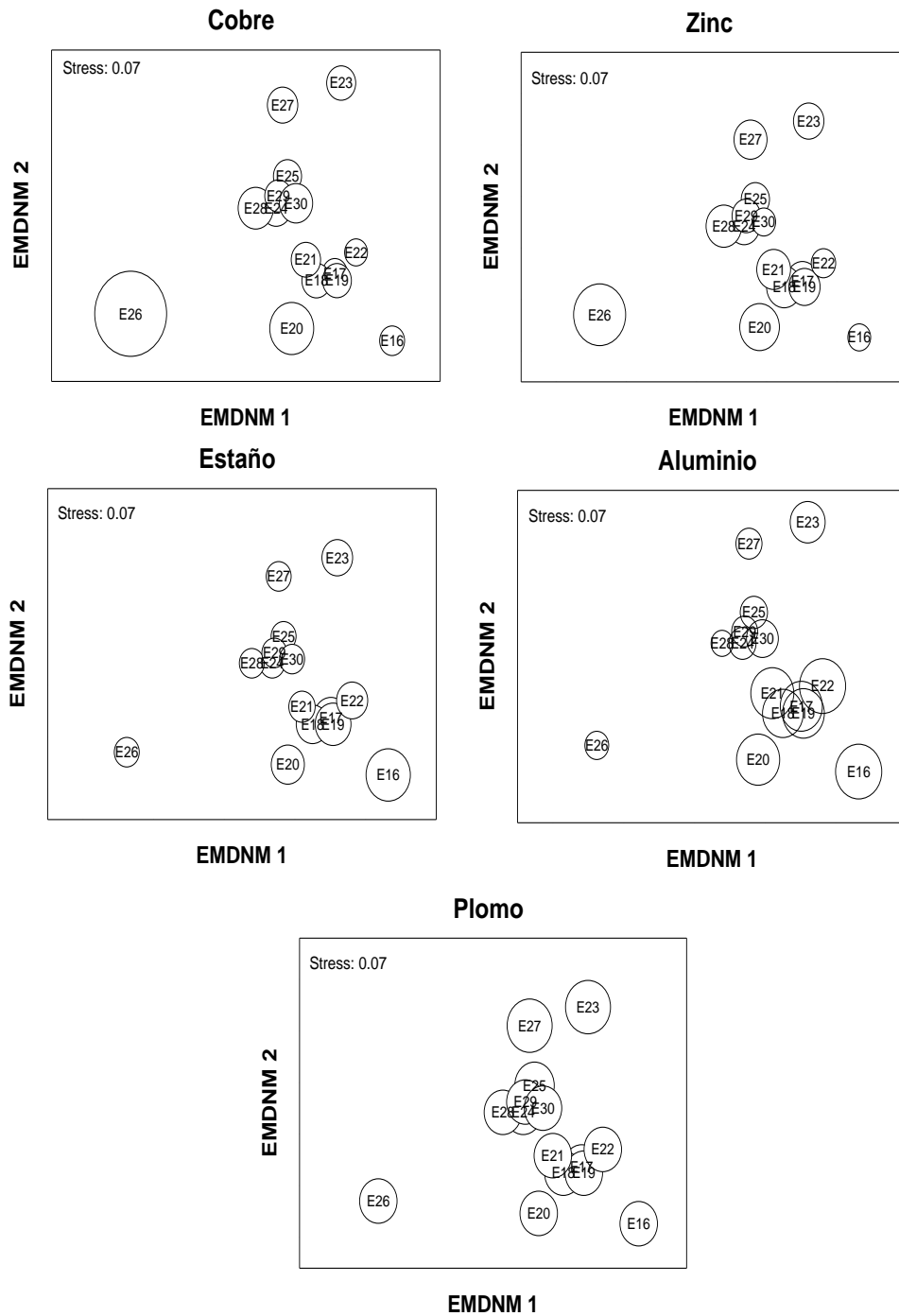
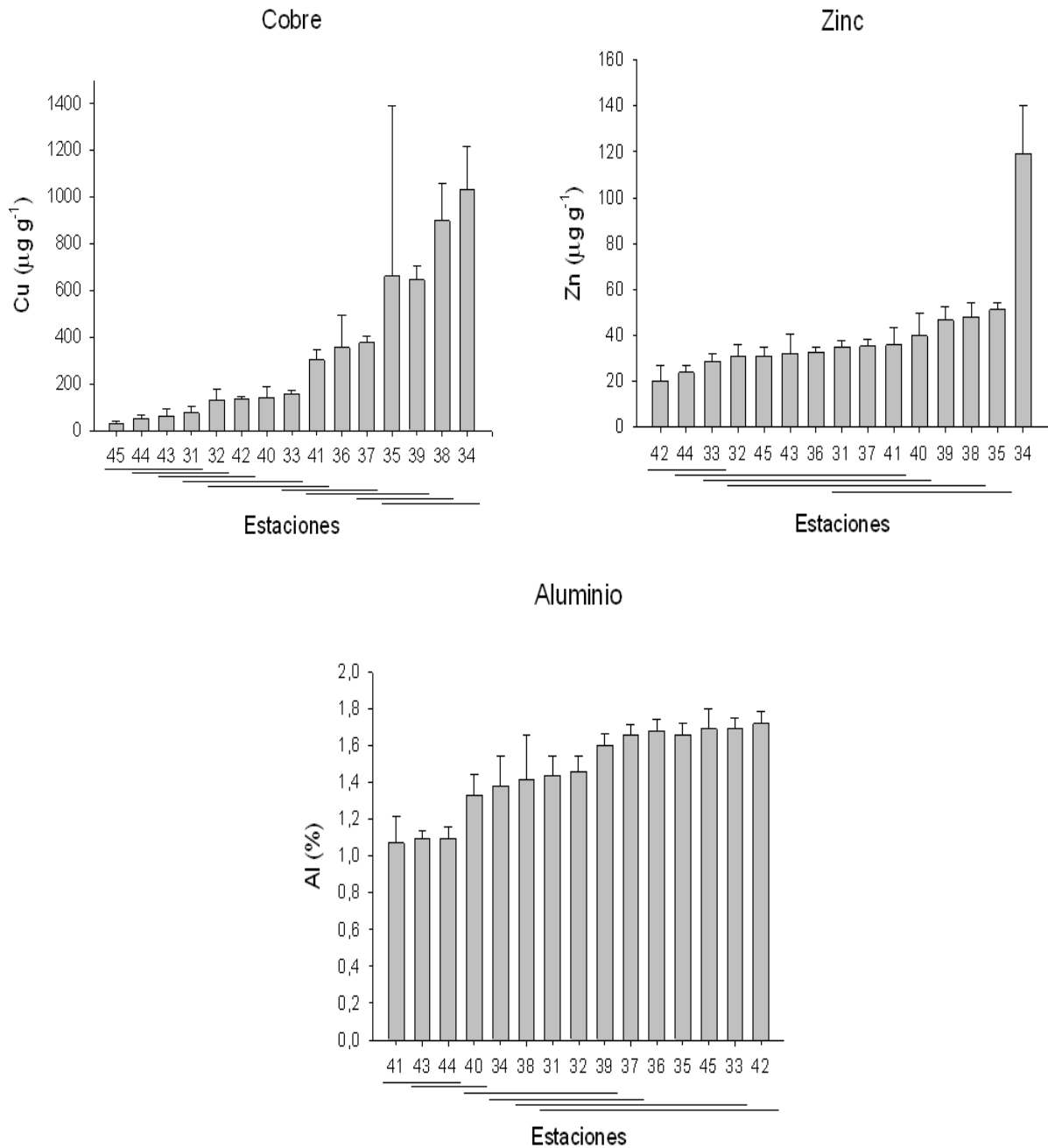


Figura 2.20. Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de los contenidos de metales pesados en el sector Linlín.



**Figura 2.21.** Representación gráfica del Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de los contenidos de metales pesados (Cu, Zn, Sn, Al y Pb) en el sector Linlín. Los círculos representan la concentración relativa en las estaciones de muestreo.

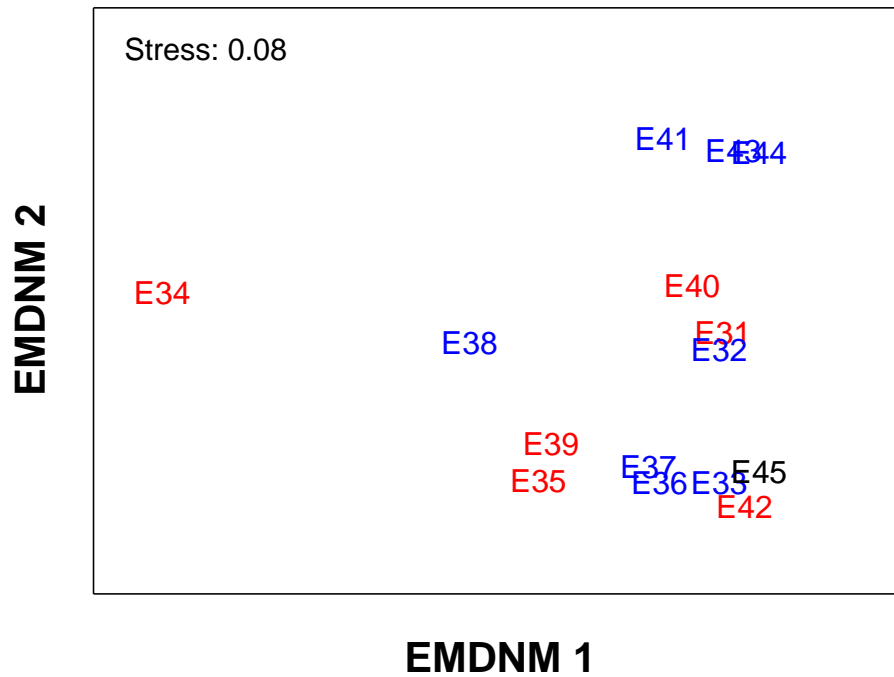




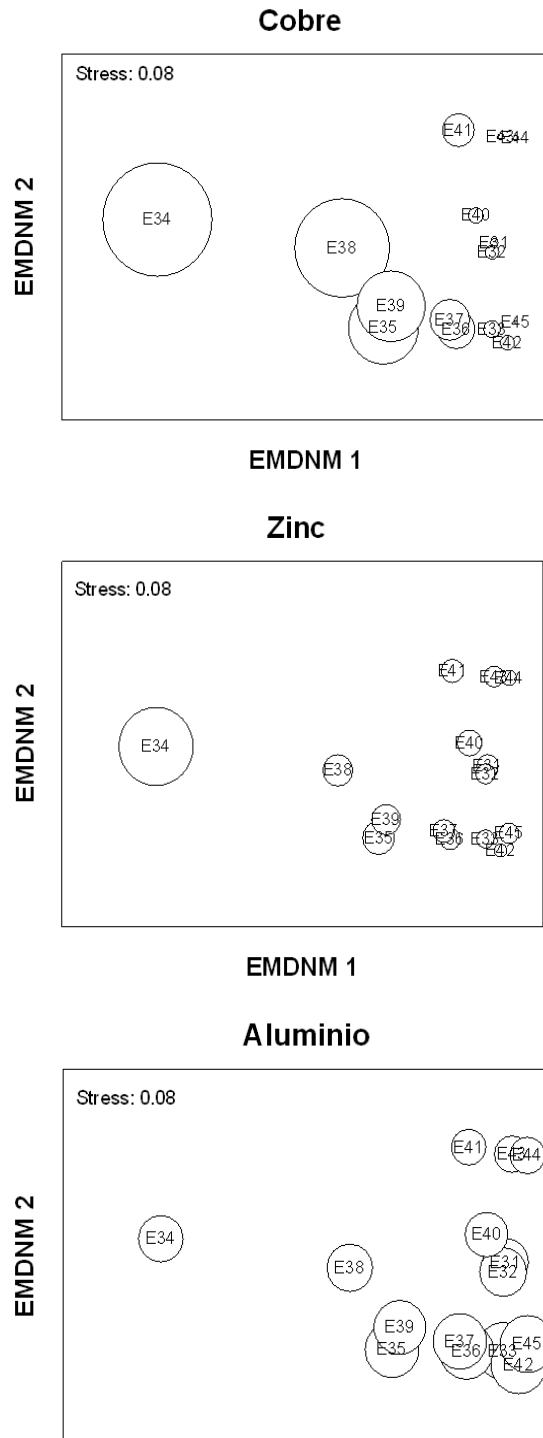
**Figura 2.22.** Promedios ( $\pm 1$  desviación estándar) de los contenidos de metales pesados (Cu, Zn y Al) en los sedimentos del sector Llingua. Las líneas unen promedios que no difieren significativamente entre sí ( $P > 0,05$ ).



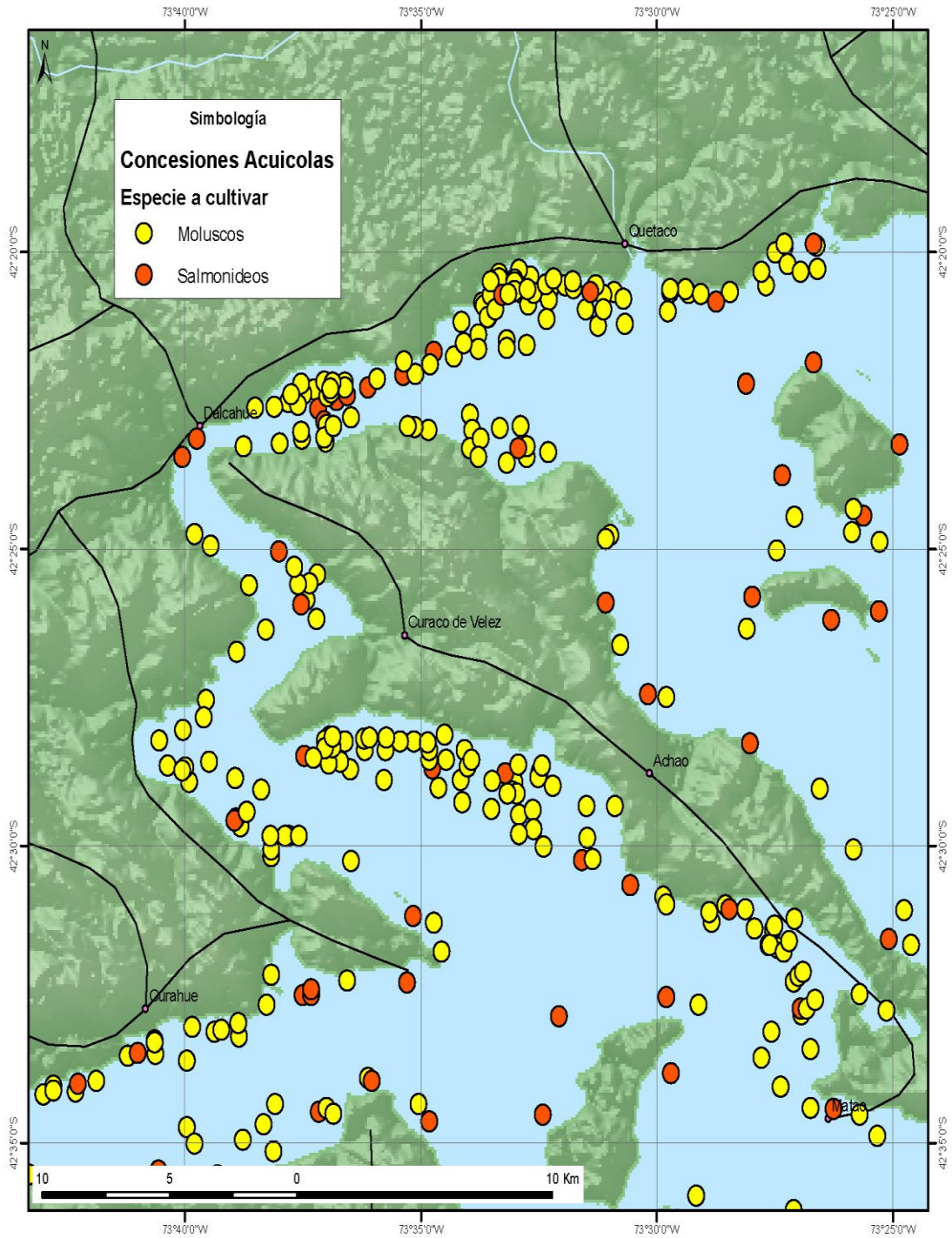
## Metales pesados



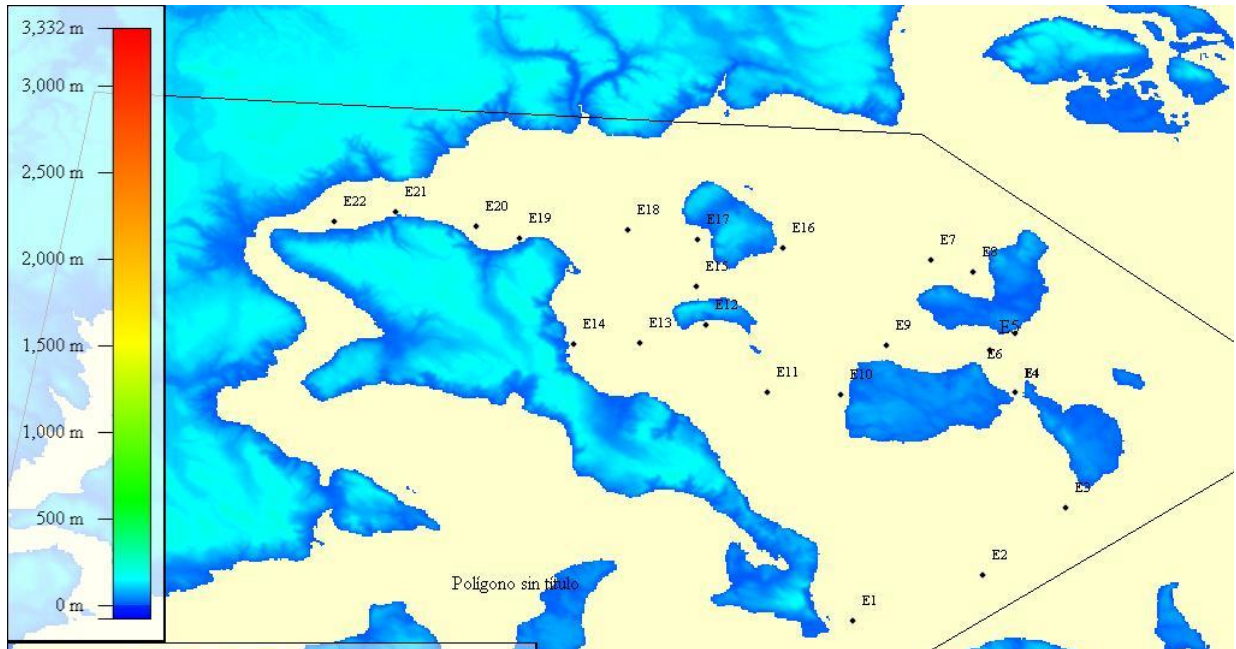
**Figura 2.23.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNM) llevado a cabo con los datos de los contenidos de metales pesados en el sector Llingua.



**Figura 2.24.** Representación gráfica del EMDNM en relación a los contenidos de metales pesados (Cu, Zn y Al) en el sector Llingua. Los círculos representan la concentración relativa en las estaciones de muestreo.



**Figura 2.25.** Distribuci3n en Chiloé central de concesiones de acuicultura, segun grupo de especies cultivadas.



**Figura 2.26.** Posici3n de las estaciones donde se realizaron mediciones con CTD durante el crucero del 22 de octubre de 2012.

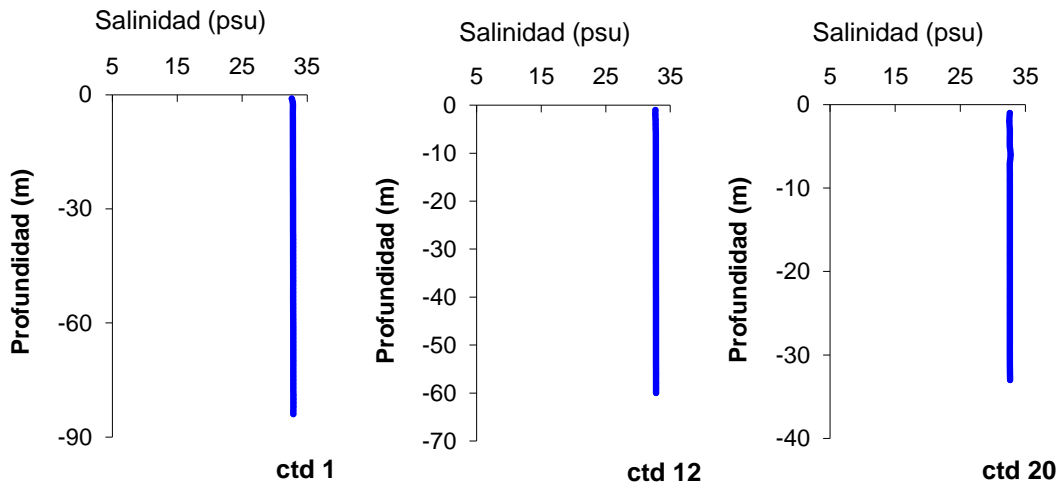


Figura 2.27. Perfiles característicos de la distribución vertical de salinidad (psu) para las los CTD. El número del CTD indica el número de la estación de muestreo.

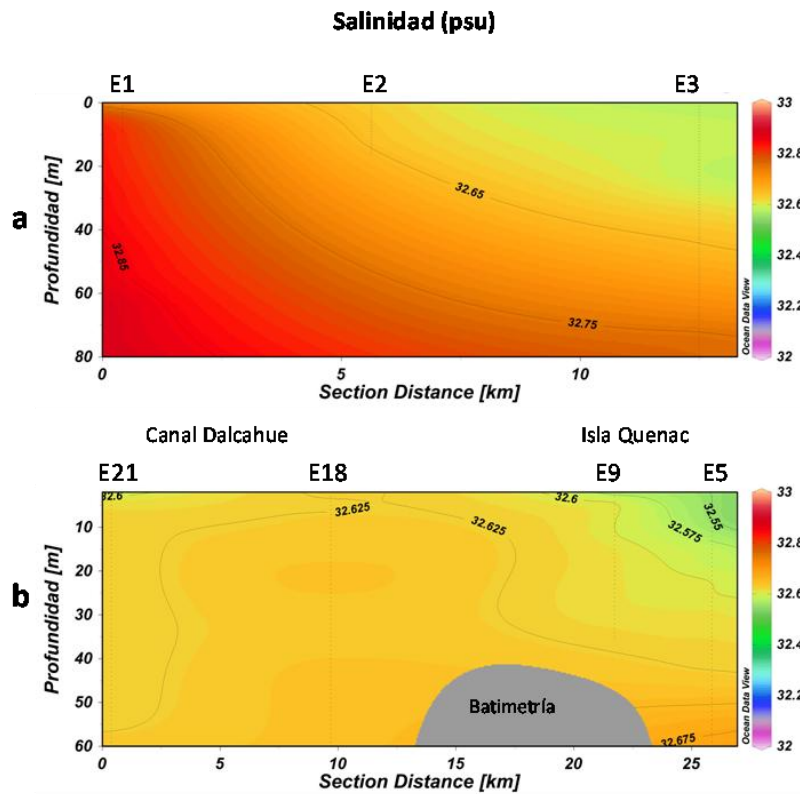


Figura 2.28. Secciones verticales de salinidad (psu). a) Sección E1 a E3 (isla Quinchao-isla Caguach). b) Sección correspondiente desde E21-E18 (canal Dalcahue) hasta E9-E5 (isla Quenac).

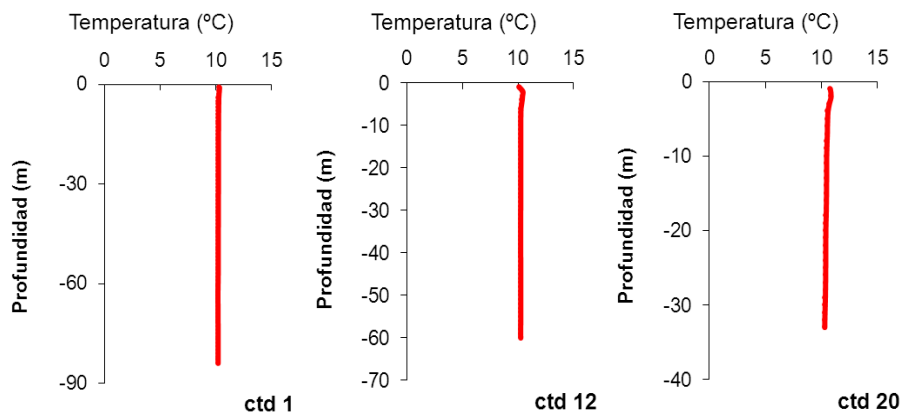


Figura 2.29. Perfiles característicos de la distribución vertical de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) para las los CTD. El número del ctd indica el número de la estación de muestreo.

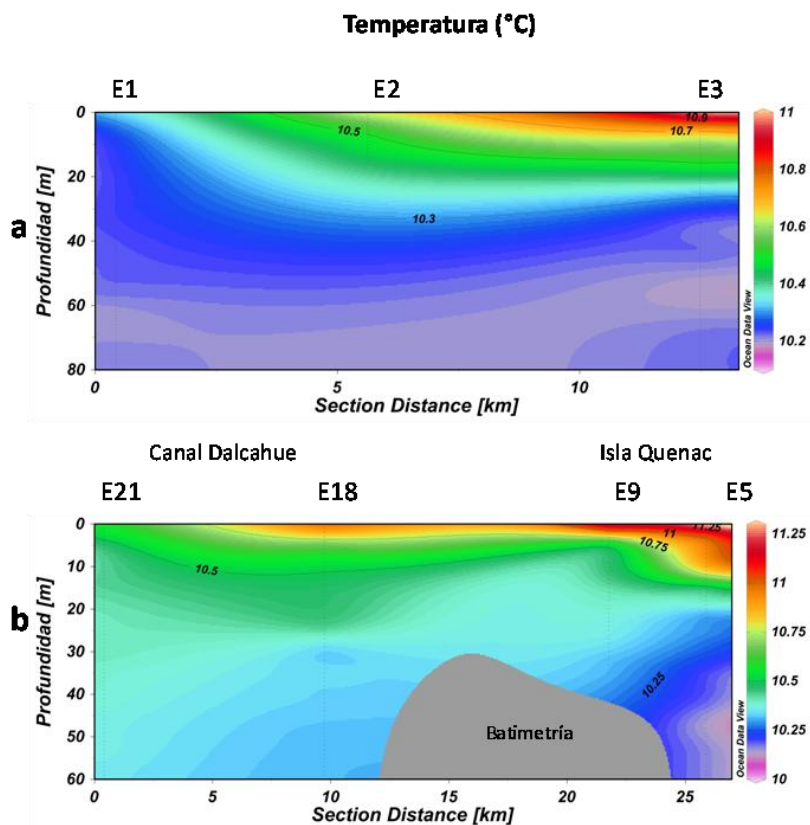


Figura 2.30. Secciones verticales de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ). a) Sección E1 a E3 (isla Quinchao-isla Caguach). b) Sección correspondiente desde E21-E18 (canal Dalcahue) hasta E9-E5 (isla Quenac).



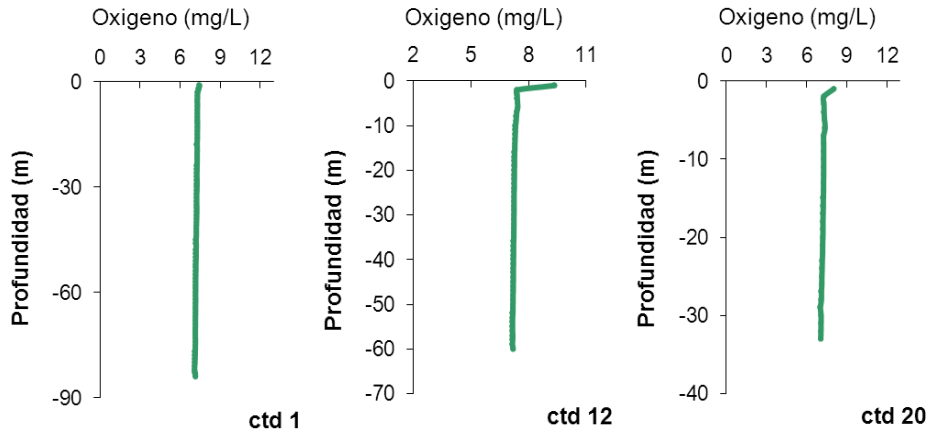


Figura 2.31. Perfiles característicos de la distribución vertical de la concentración de oxígeno disuelto (mg/L) para las los CTD. El número del CTD indica el número de la estación de muestreo.

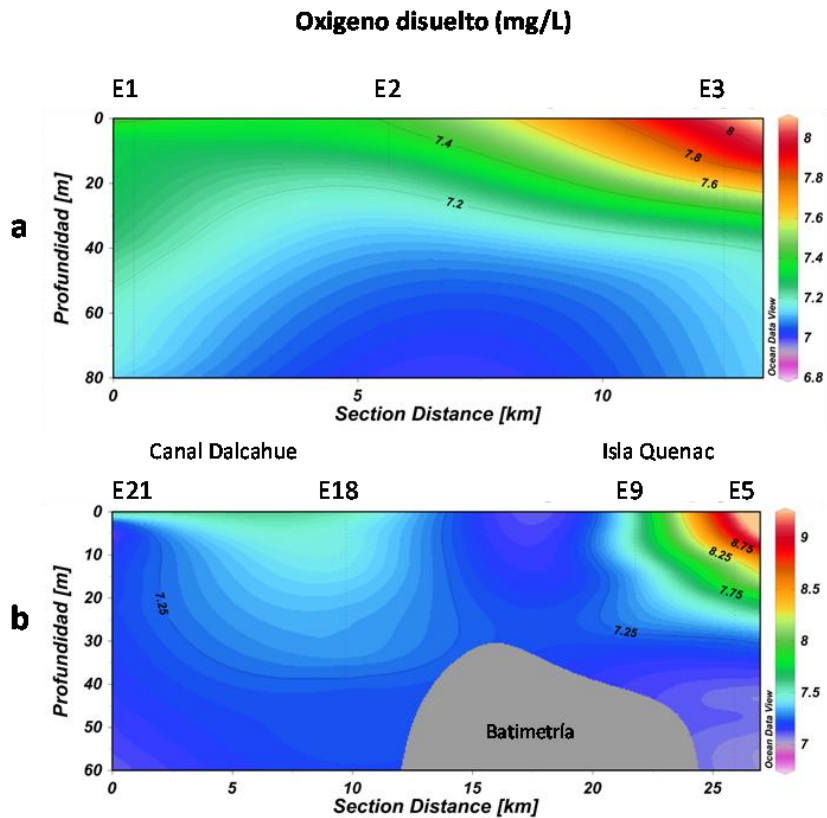
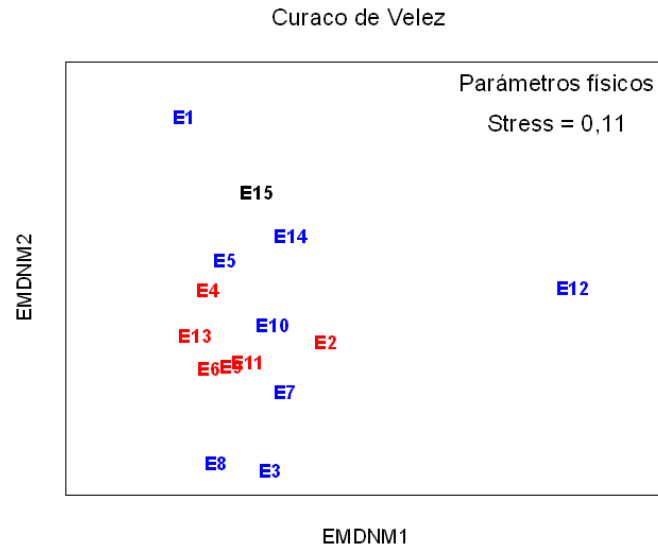
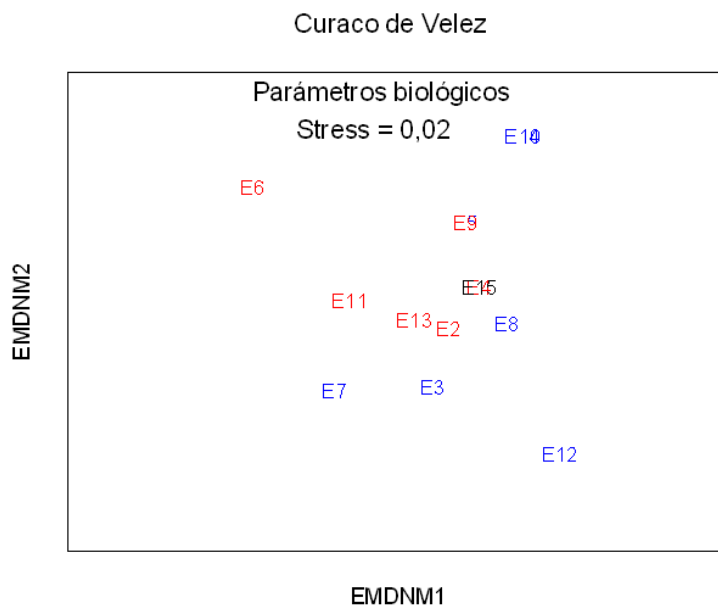


Figura 2.32. Secciones verticales de oxígeno disuelto (mg/L). a) sección E1 a E3 (isla Quinchao-isla Caguach). b) Sección correspondiente desde E21-E18 (canal Dalcahue) hasta E9-E5 (isla Quenac).

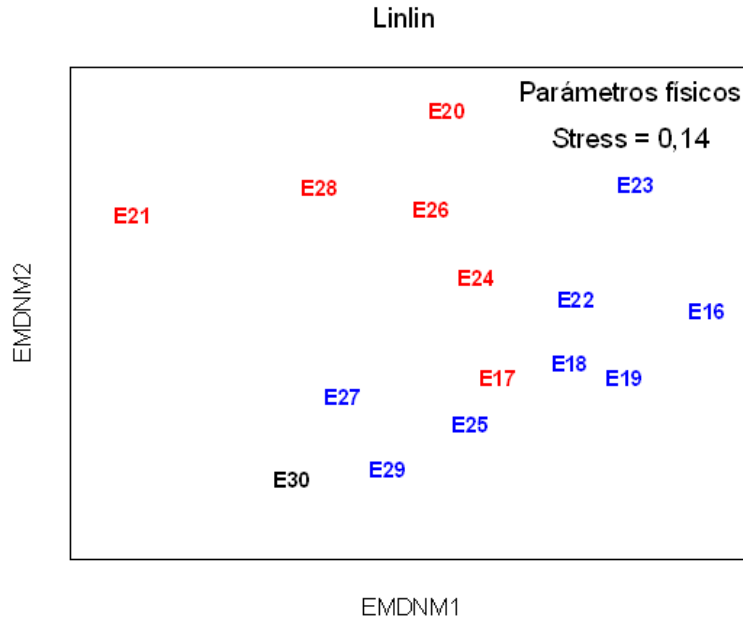




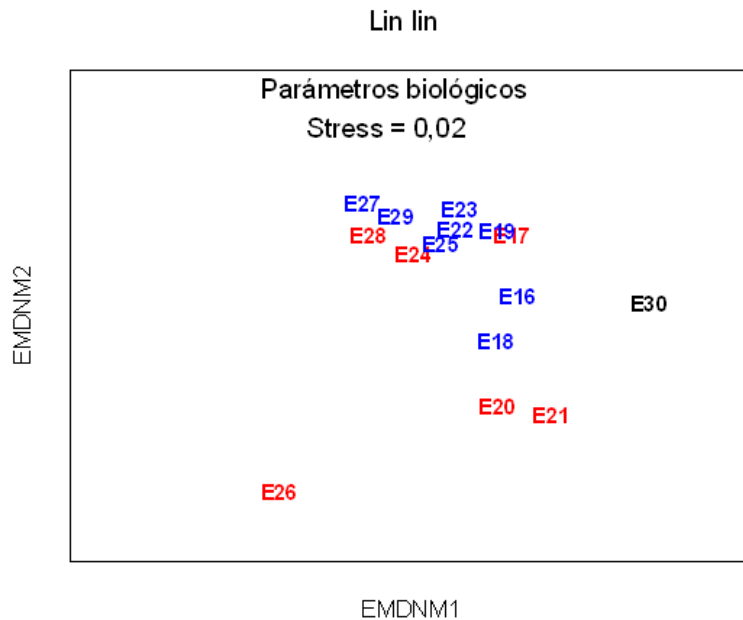
**Figura 2.33.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNNM) llevado a cabo con los datos de las características físico-químicas de los sedimentos en el sector Curaco de Vélez.



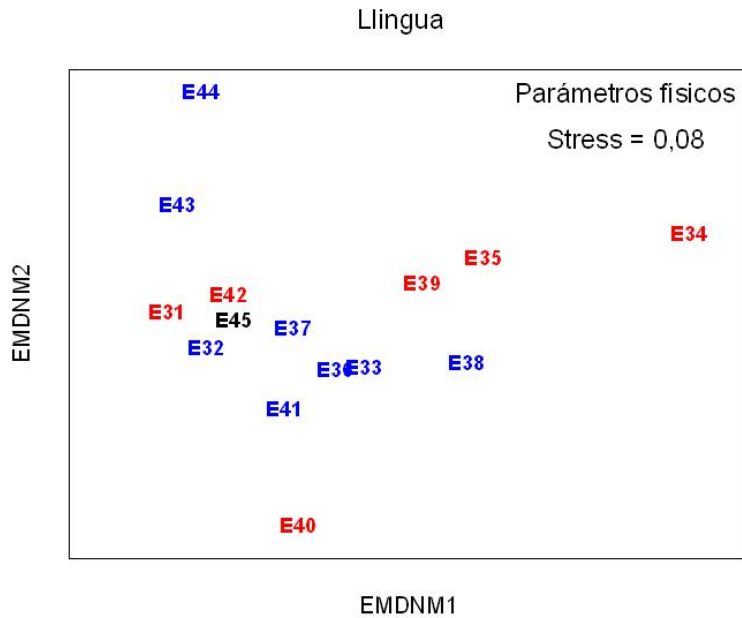
**Figura 2.34.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNNM) llevado a cabo con los datos de la macrofauna en el sector Curaco de Vélez.



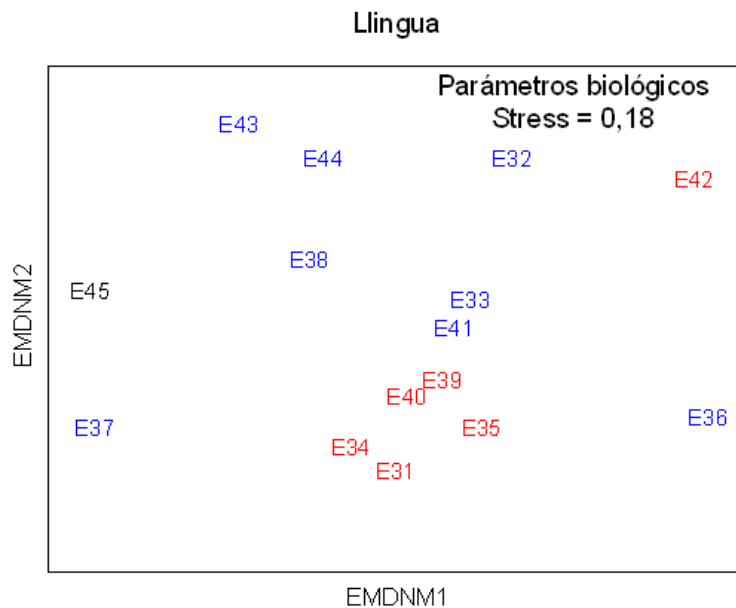
**Figura 2.35.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNNM) llevado a cabo con los datos de las características físico-químicas de los sedimentos en el sector Linlín.



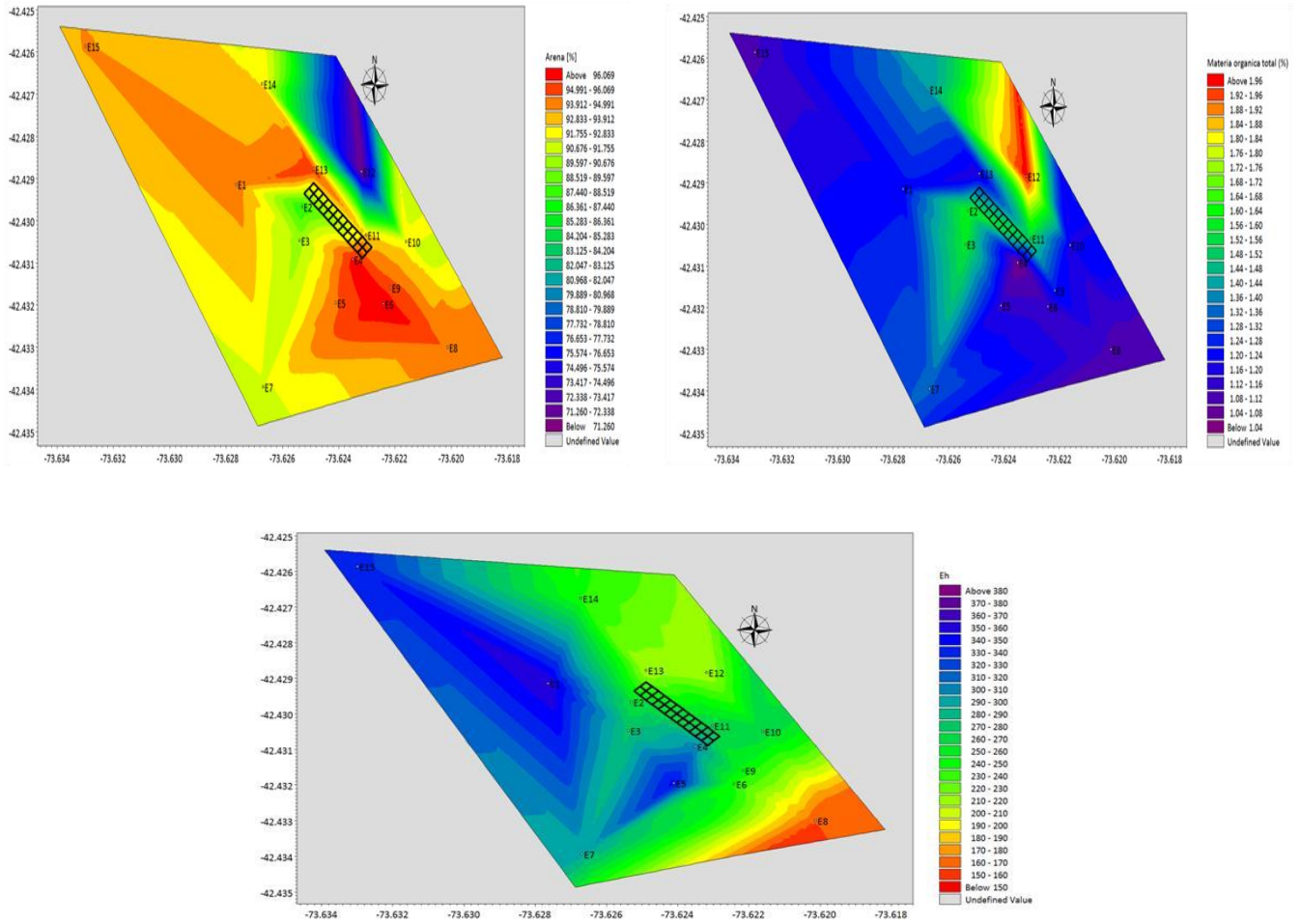
**Figura 2.36.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNNM) llevado a cabo con los datos de la macrofauna en el sector Linlín.



**Figura 2.37.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNN) llevado a cabo con los datos de las características físico-químicas de los sedimentos en el sector Llingua.



**Figura 2.38.** Representación gráfica del Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (EMDNN) llevado a cabo con los datos de la macrofauna en el sector Llingua.



**Figura 2.39.** Distribuci3n de arena, materia orgánica (%) y potencial redox en sedimentos del sector Curaco de Vélez.

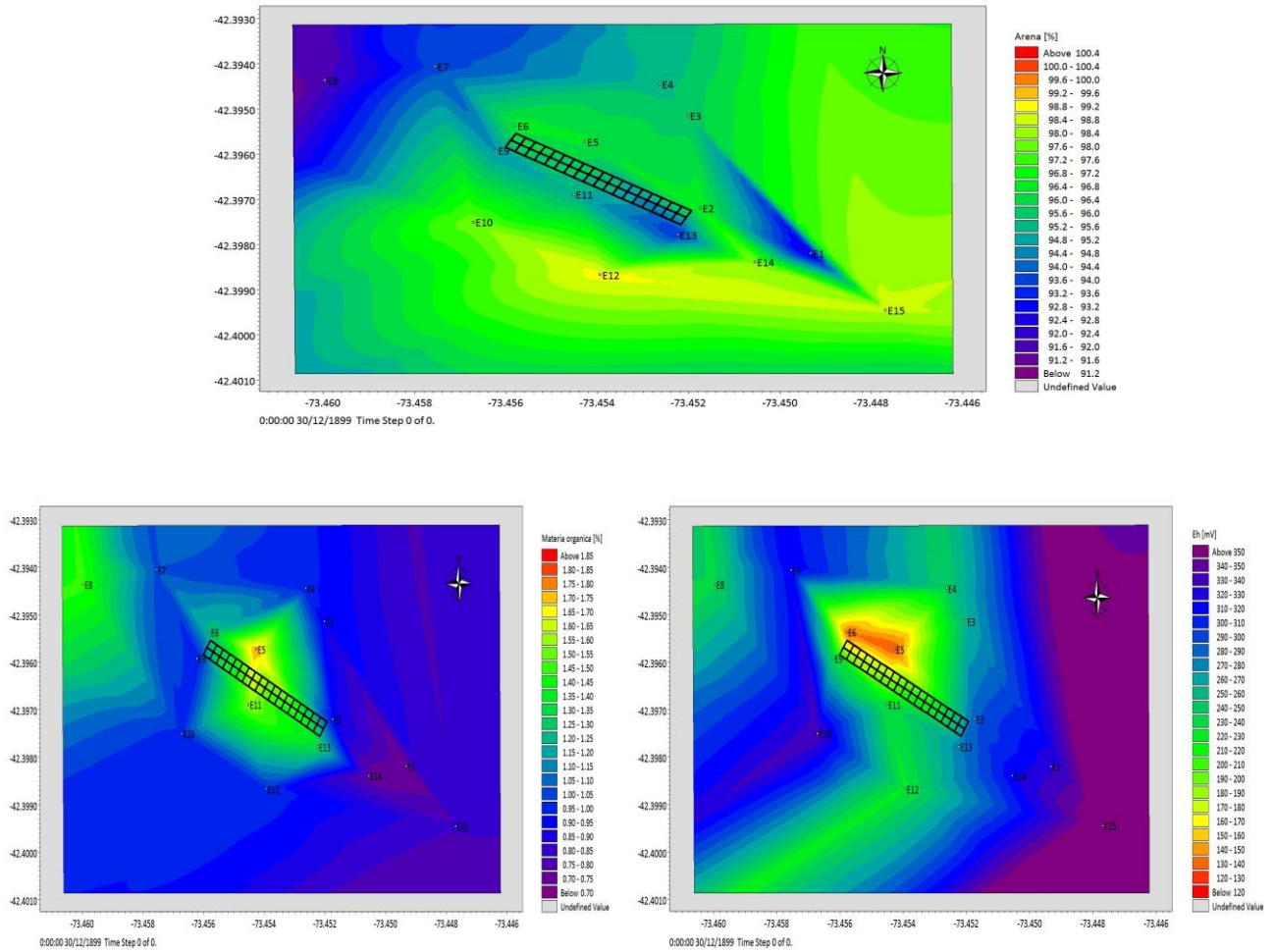
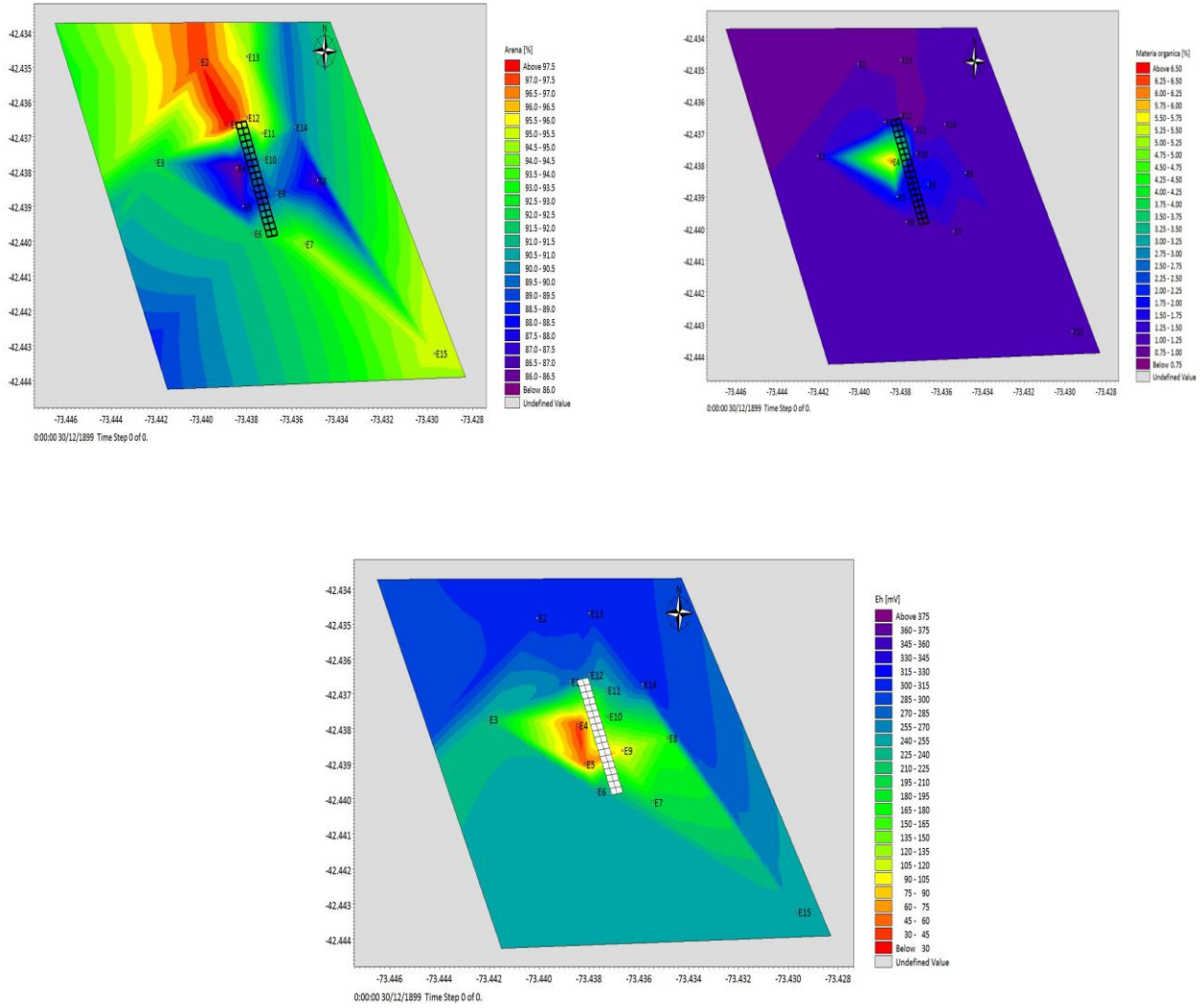


Figura 2.40. Distribuci3n de arena, materia orgánica (%) y potencial redox en sedimentos del sector Linlín.



**Figura 2.41.** Distribuci3n de arena, materia orgánica (%) y potencial redox en sedimentos del sector Llingua.



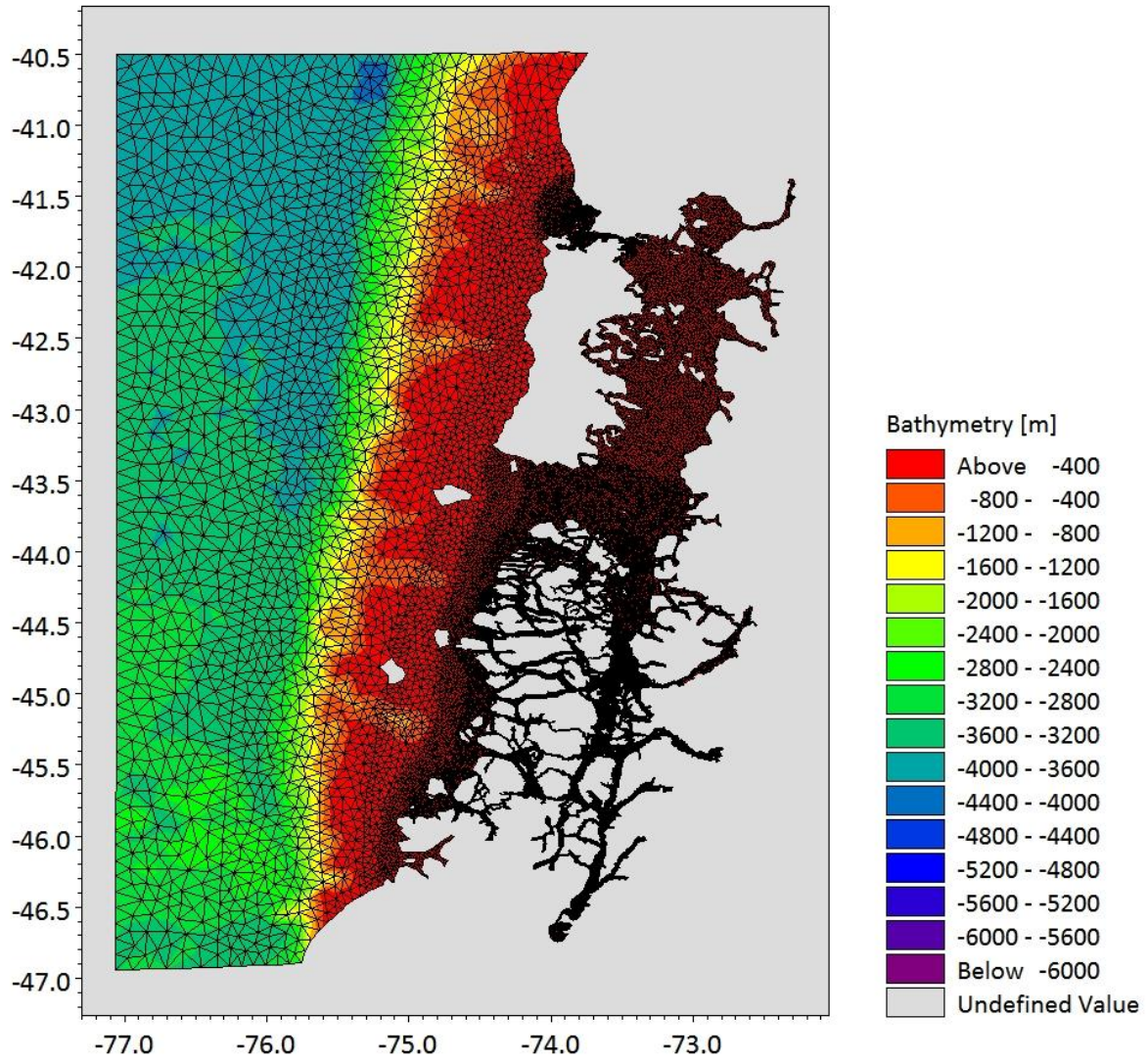


Figura 2.42. Dominio regional del modelo hidrodinámico.

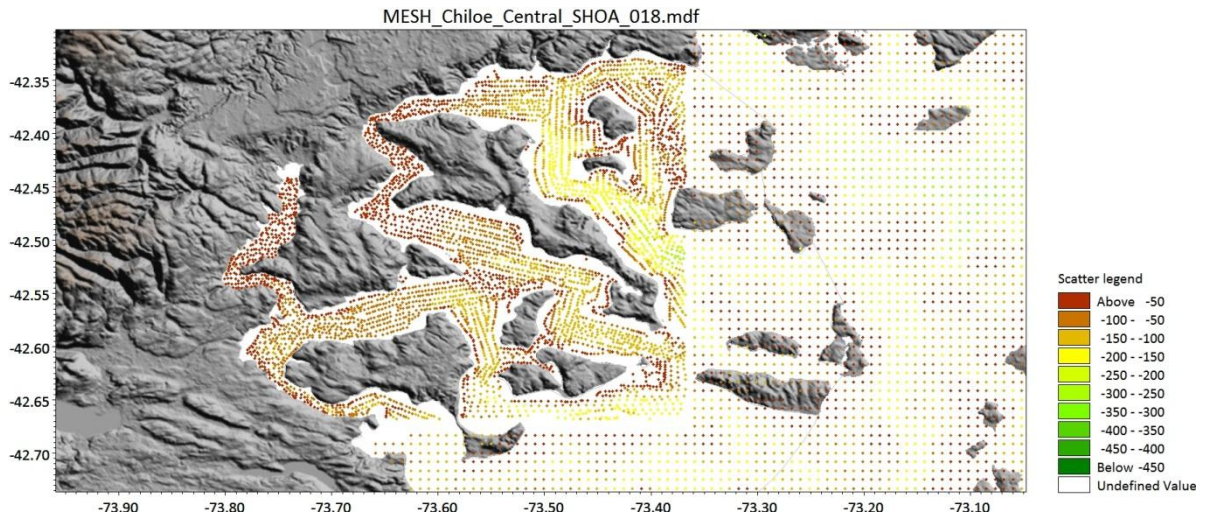


Figura 2.43. Sondas y puntos con informaci3n batim3trica utilizada en la generaci3n del modelo topogr3fico.

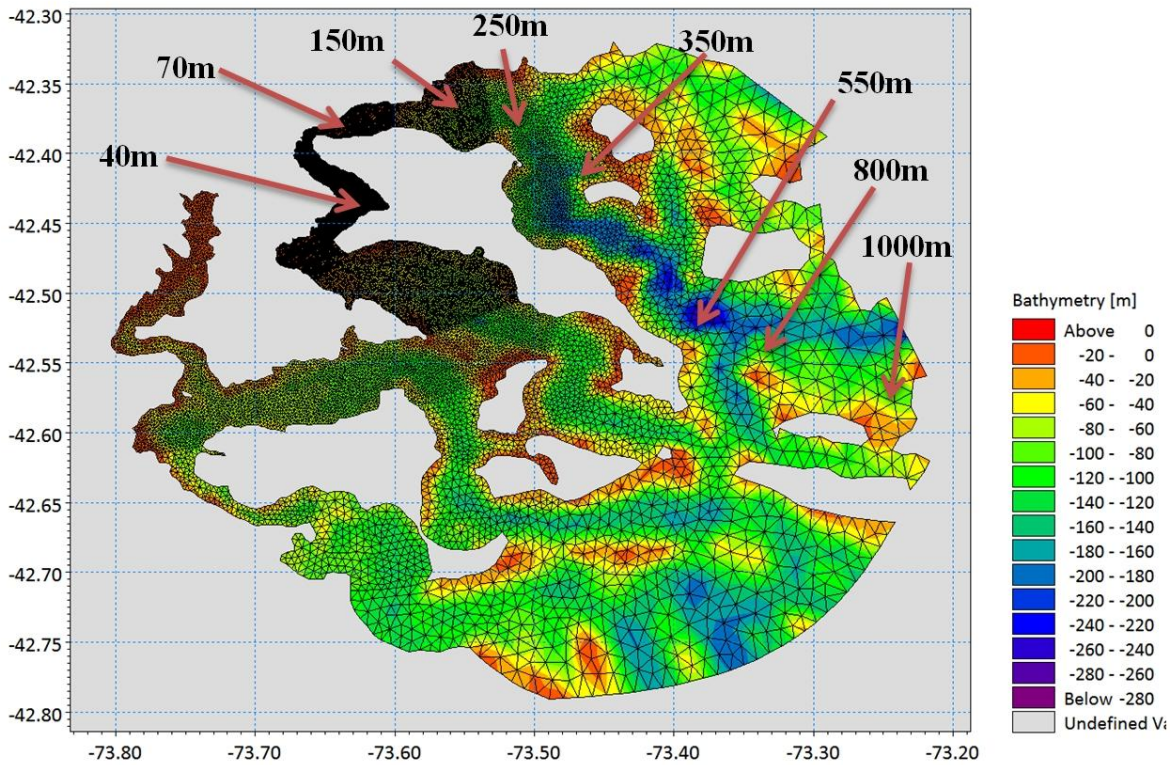


Figura 2.44. Dominio de alta resoluci3n en la zona de Chilo3 central.



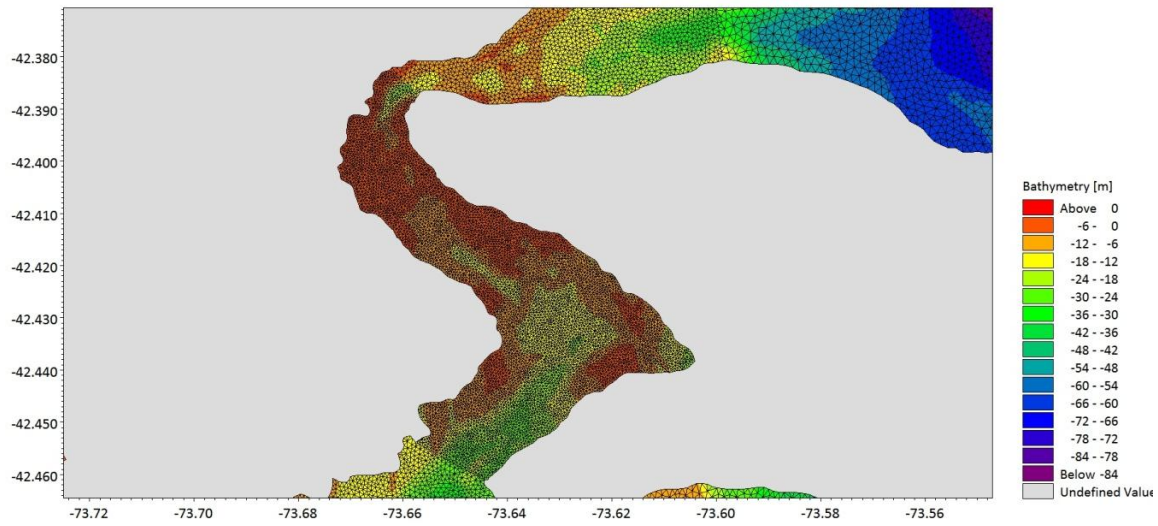


Figura 2.45. Dominio del modelo de alta resolución en la zona de interés, canal Dalcahue.

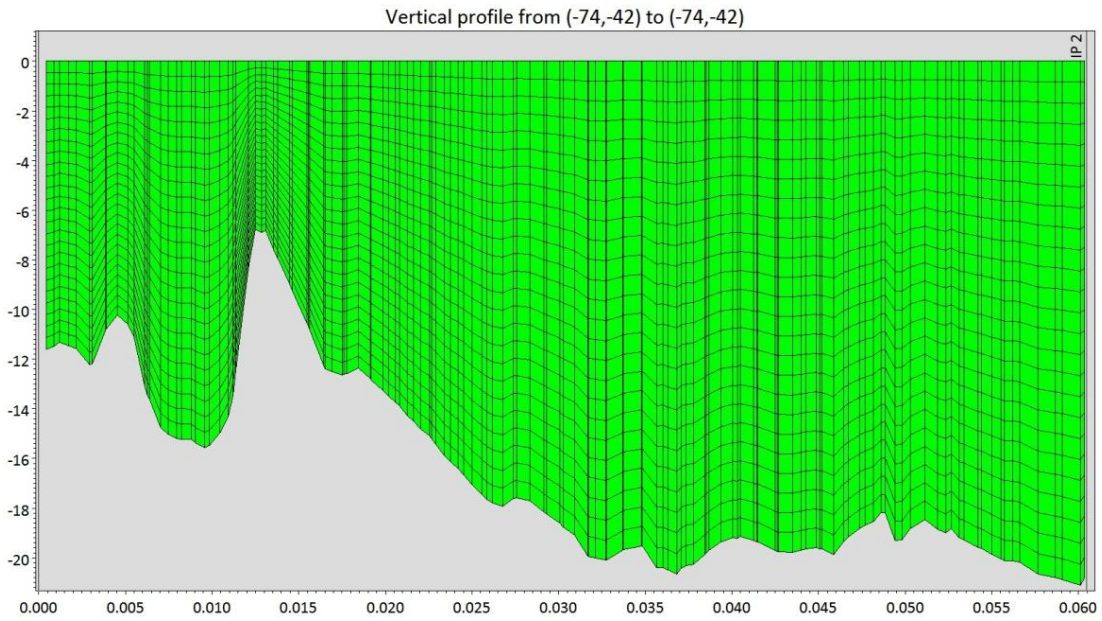


Figura 2.46. Resolución vertical del modelo de alta resolución discretizado en 25 capas sigma.

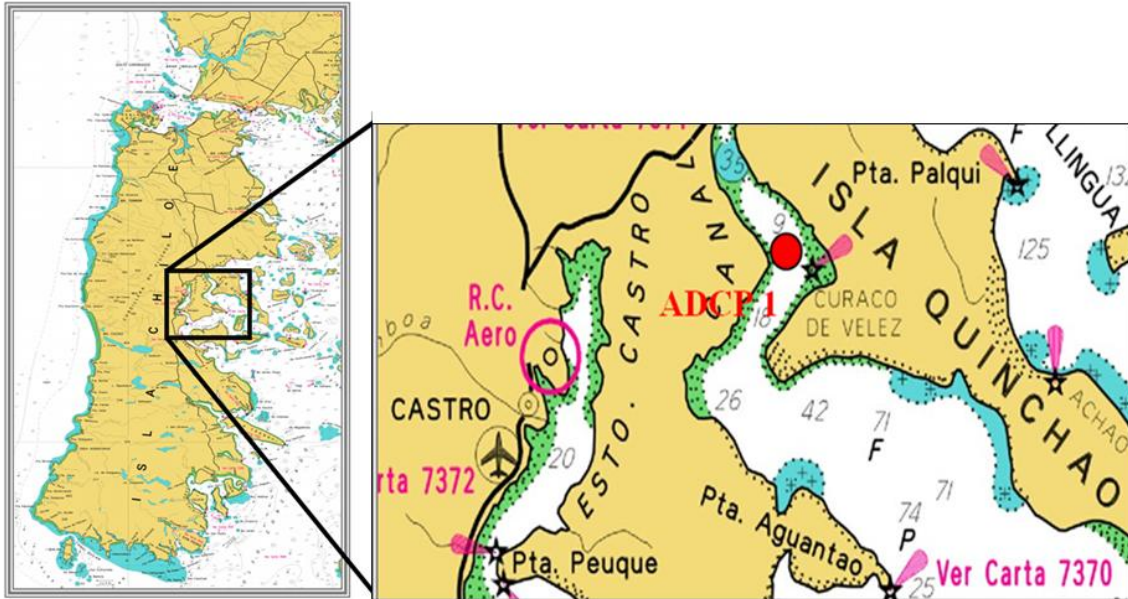
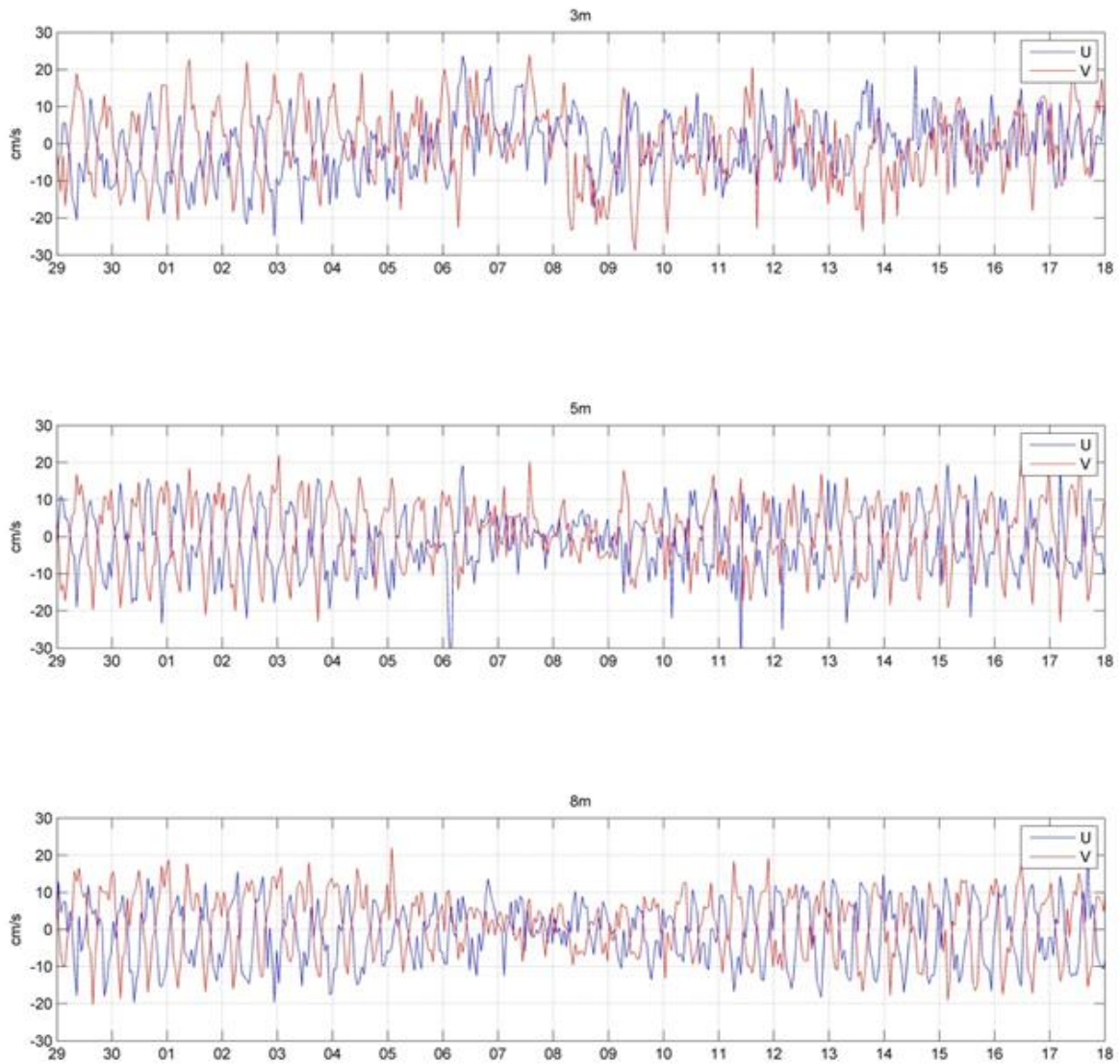
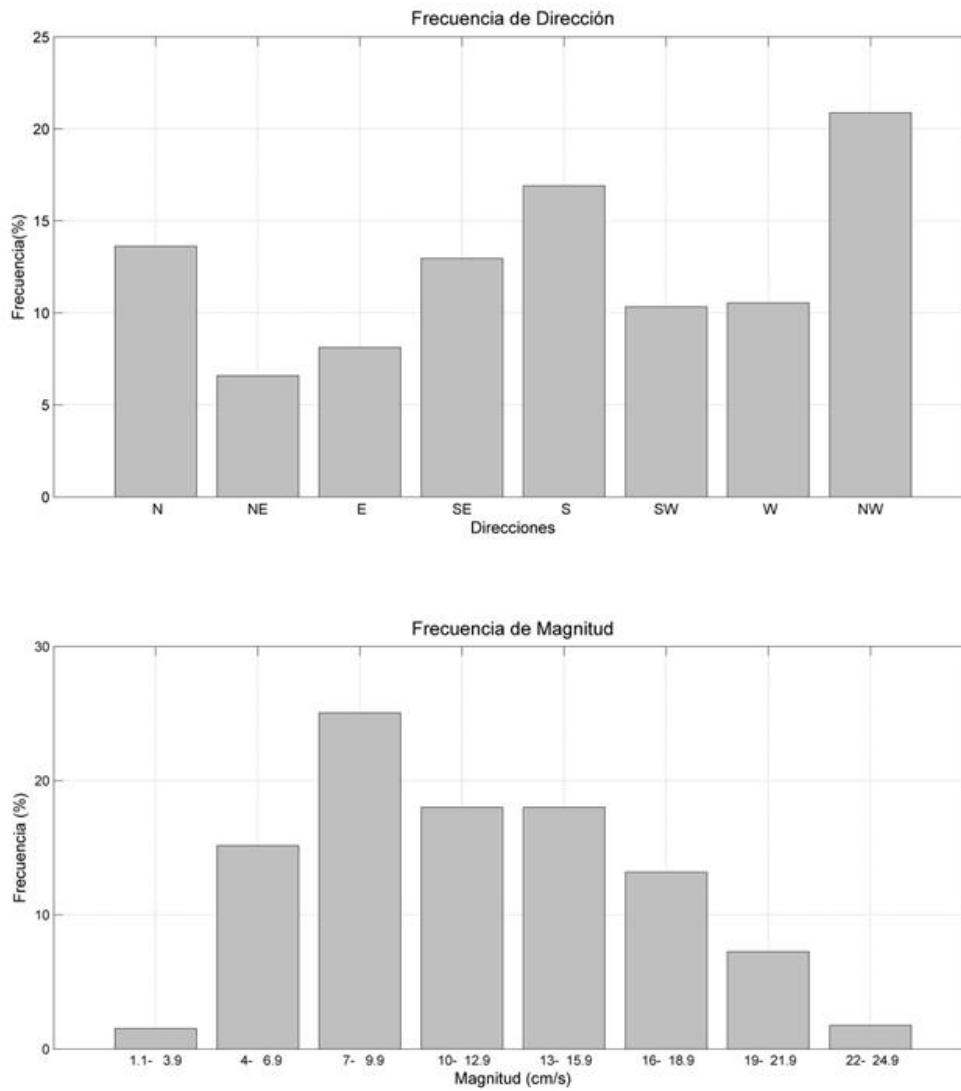


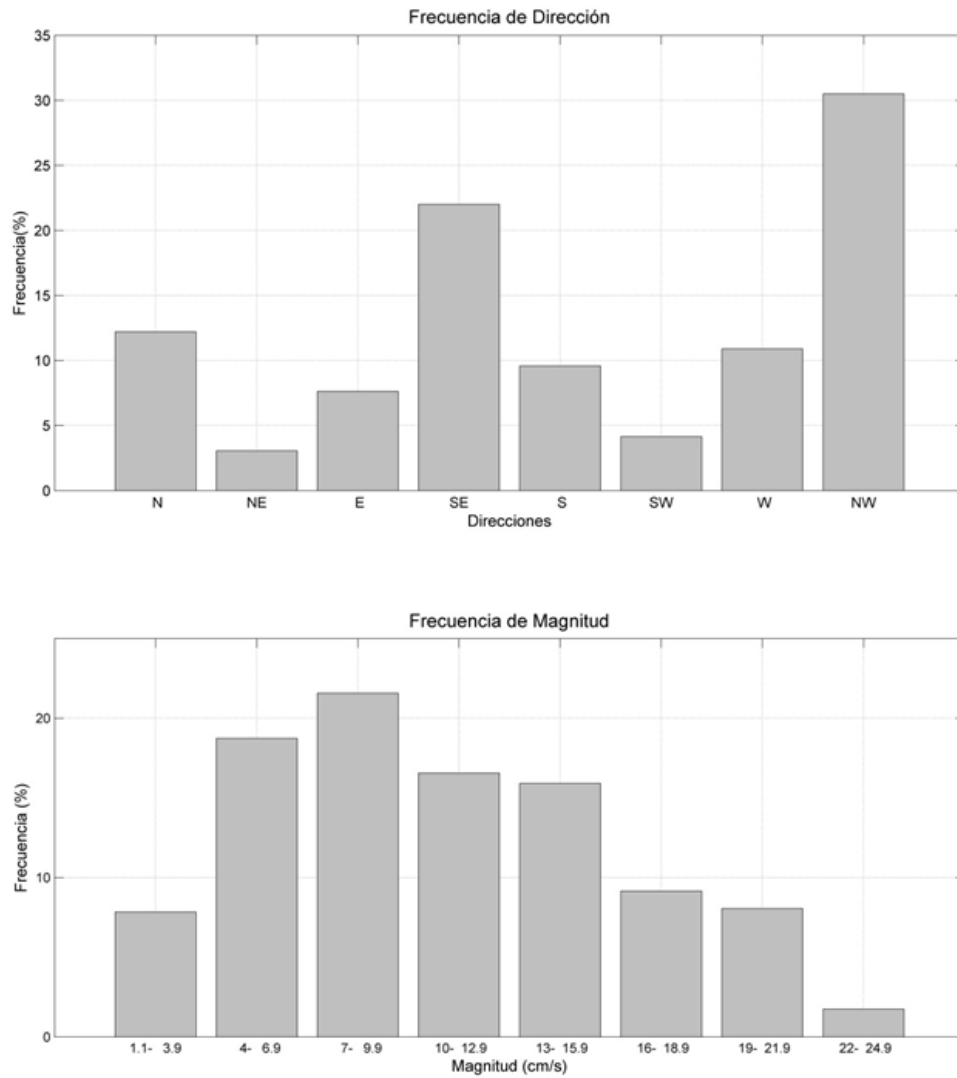
Figura 2.47. Ubicación del anclaje de ADCP (esfera roja) en Sector Curaco de Vélez, Canal Dalcahue.



**Figura 2.48.** Componentes ortogonales de la corriente (U, V) en las capas de 3, 5 y 8 m en Curaco de V3lez Octubre /2012.



**Figura 2.49.** Histogramas de magnitud y direcci3n de la corriente a 3 m de profundidad en Curaco de Vélez.



**Figura 2.50.** Histogramas de magnitud y direcci3n de la corriente a 5 m de profundidad en Curaco de Vélez.

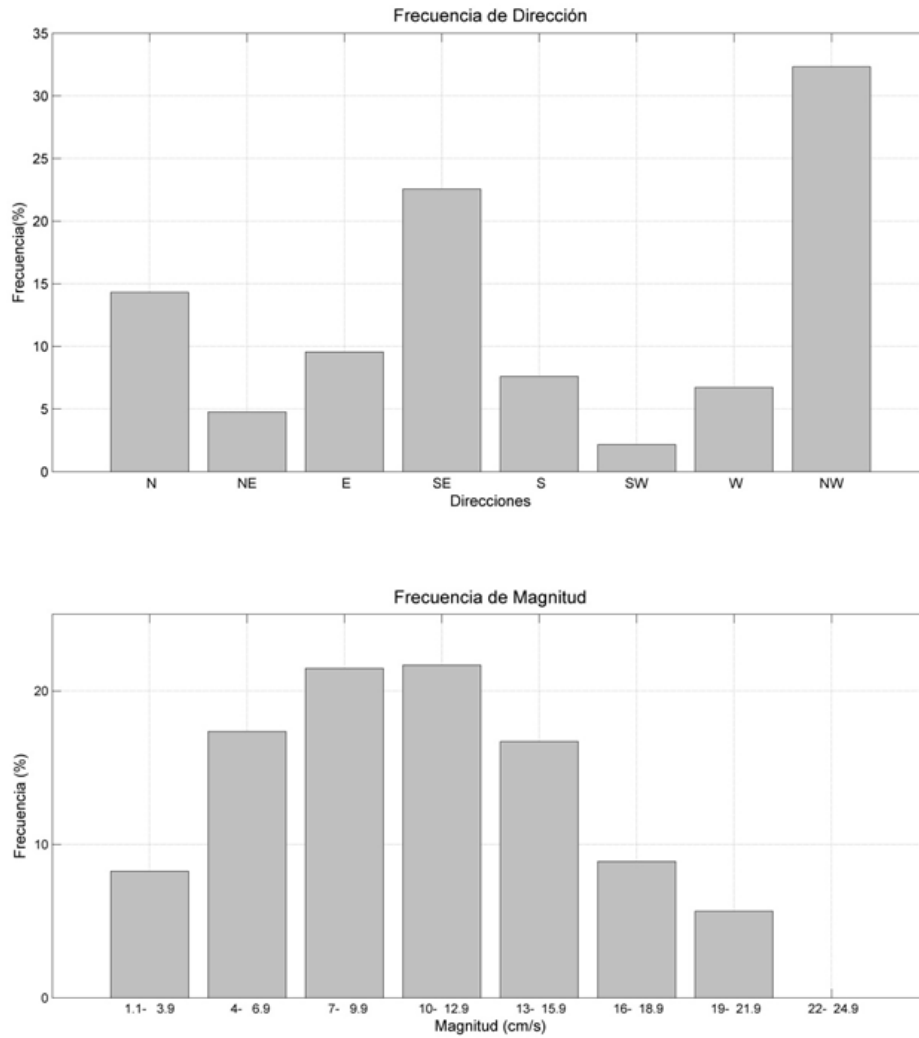
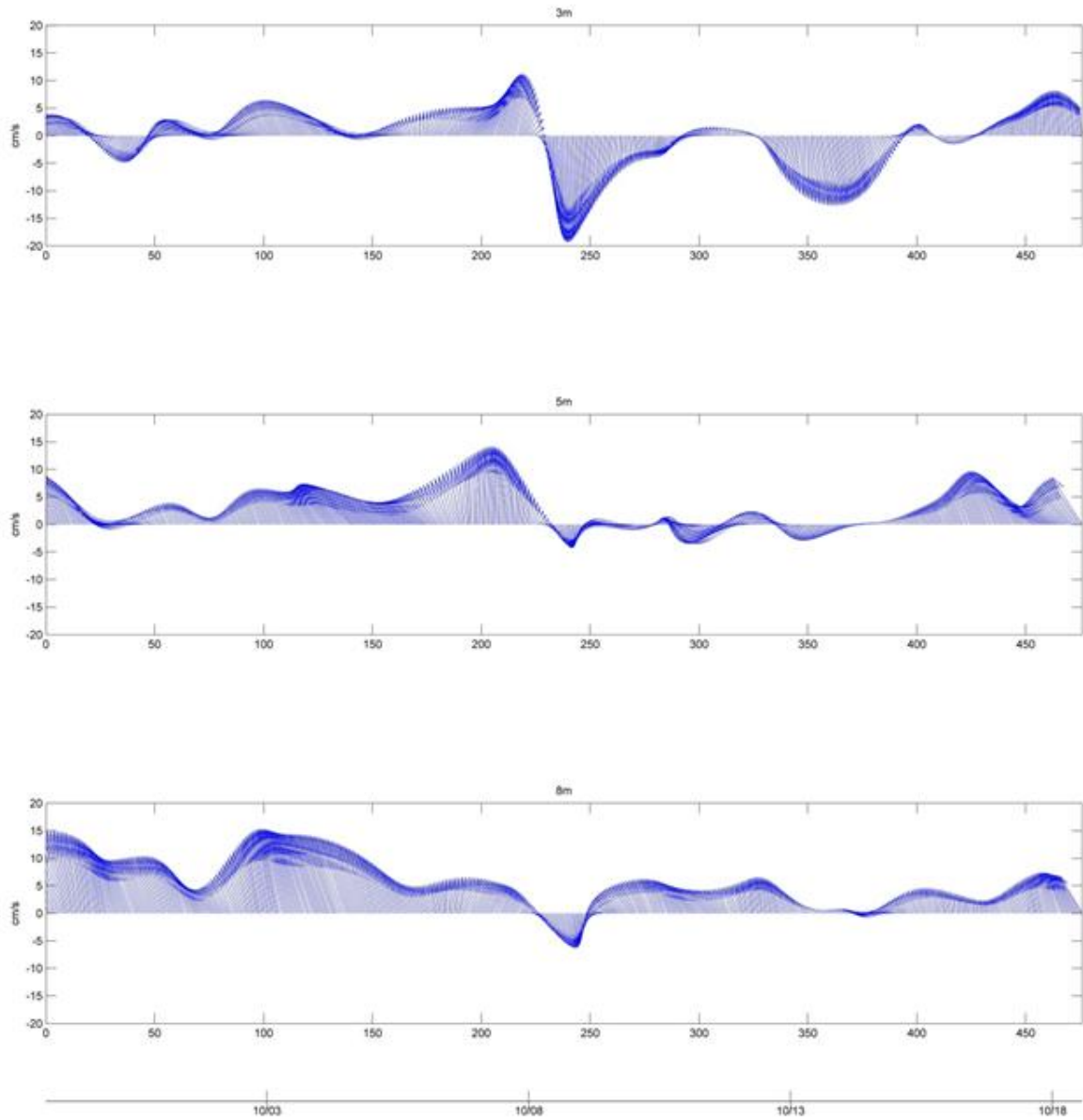
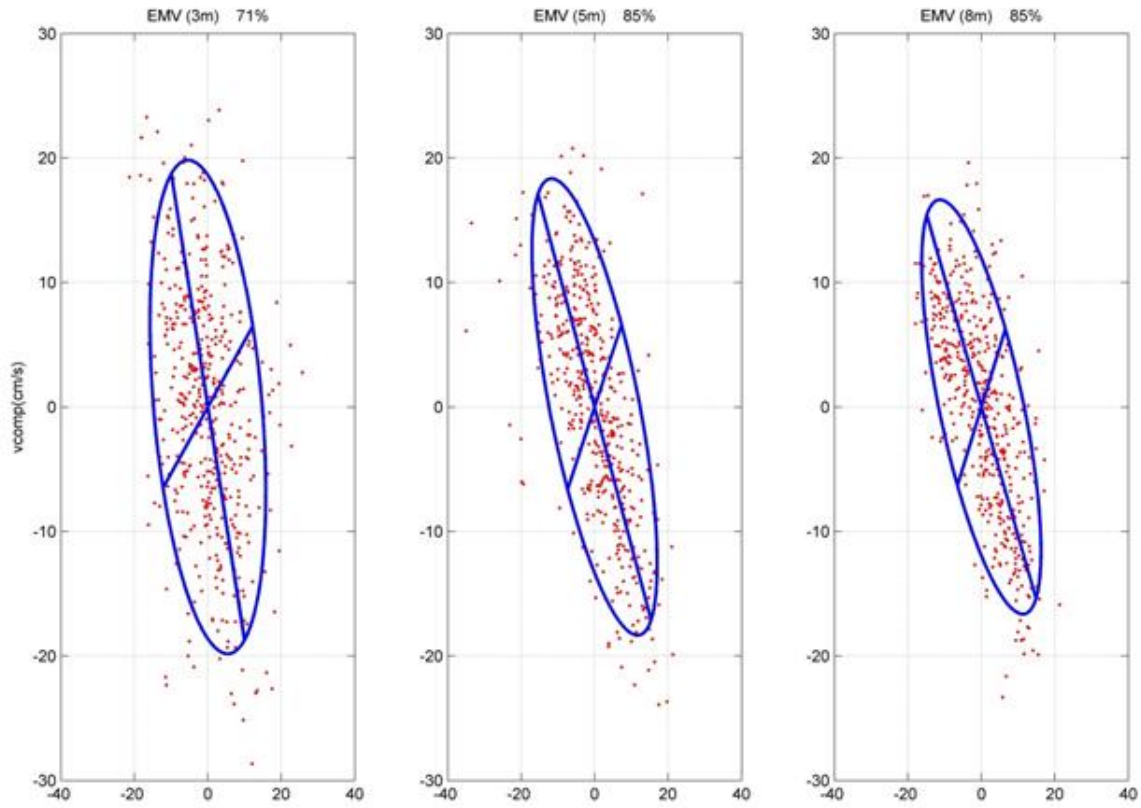


Figura 2.51. Histogramas de magnitud y direcci3n de la corriente a 8 m de profundidad en Curaco de Vélez.



**Figura 2.52.** Corrientes residuales en las capas de 3, 5 y 8 m de profundidad en Curaco de Vélez.





**Figura 2.53.** Elipse de máxima varianza en las capas de 3, 5 y 8 m en Curaco de Vélez.



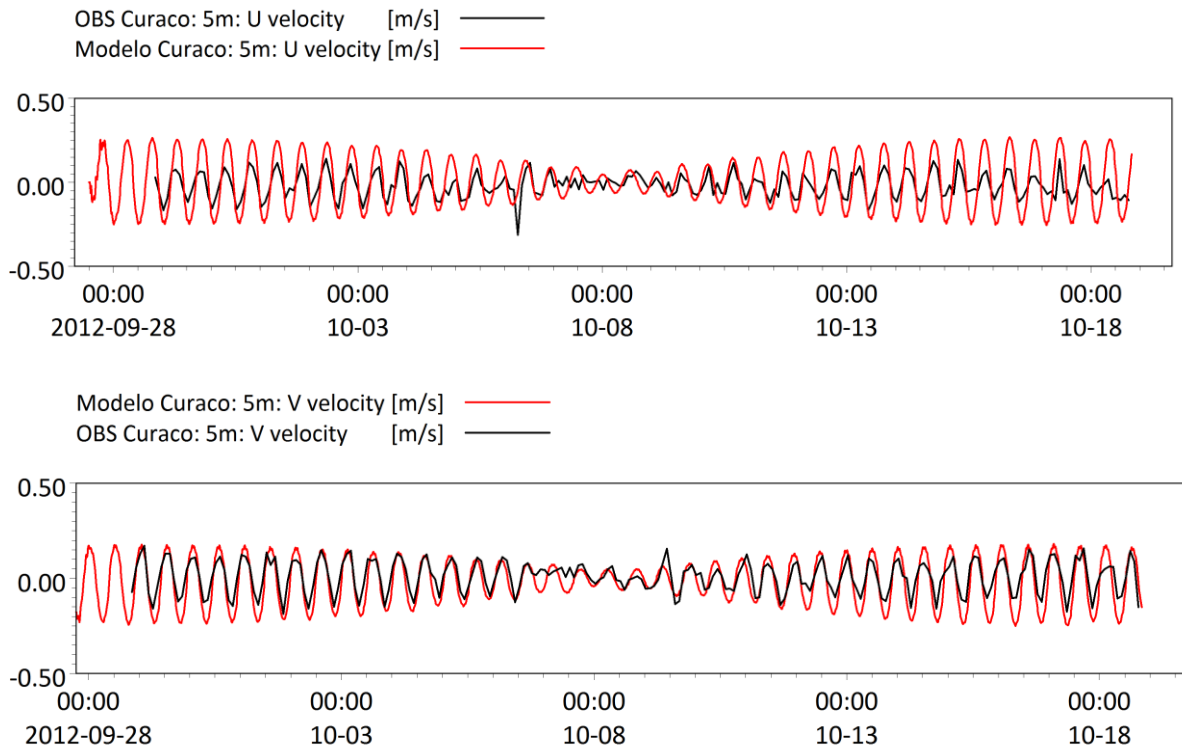


Figura 2.54. Componentes u-este y v-norte de ADCP vs. Modelo capa 10 m en Curaco de Vélez.

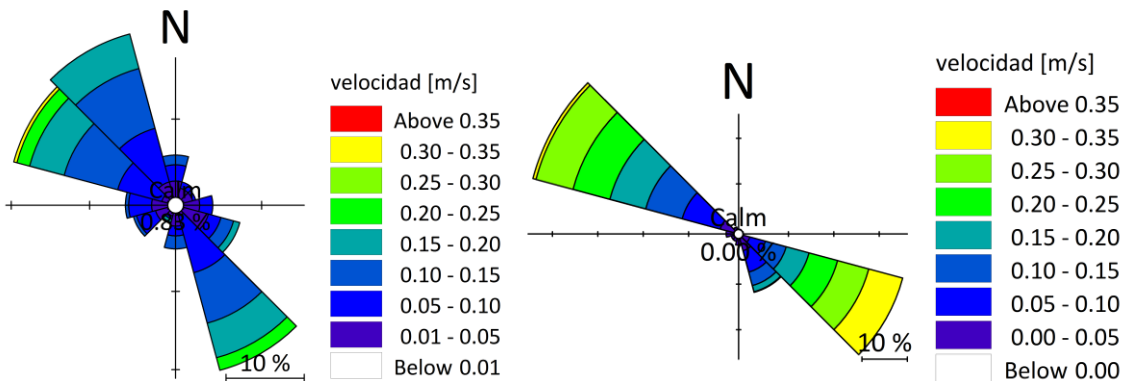


Figura 2.55. Rosa de corrientes observada y simulada a 5 m en Curaco de Vélez.

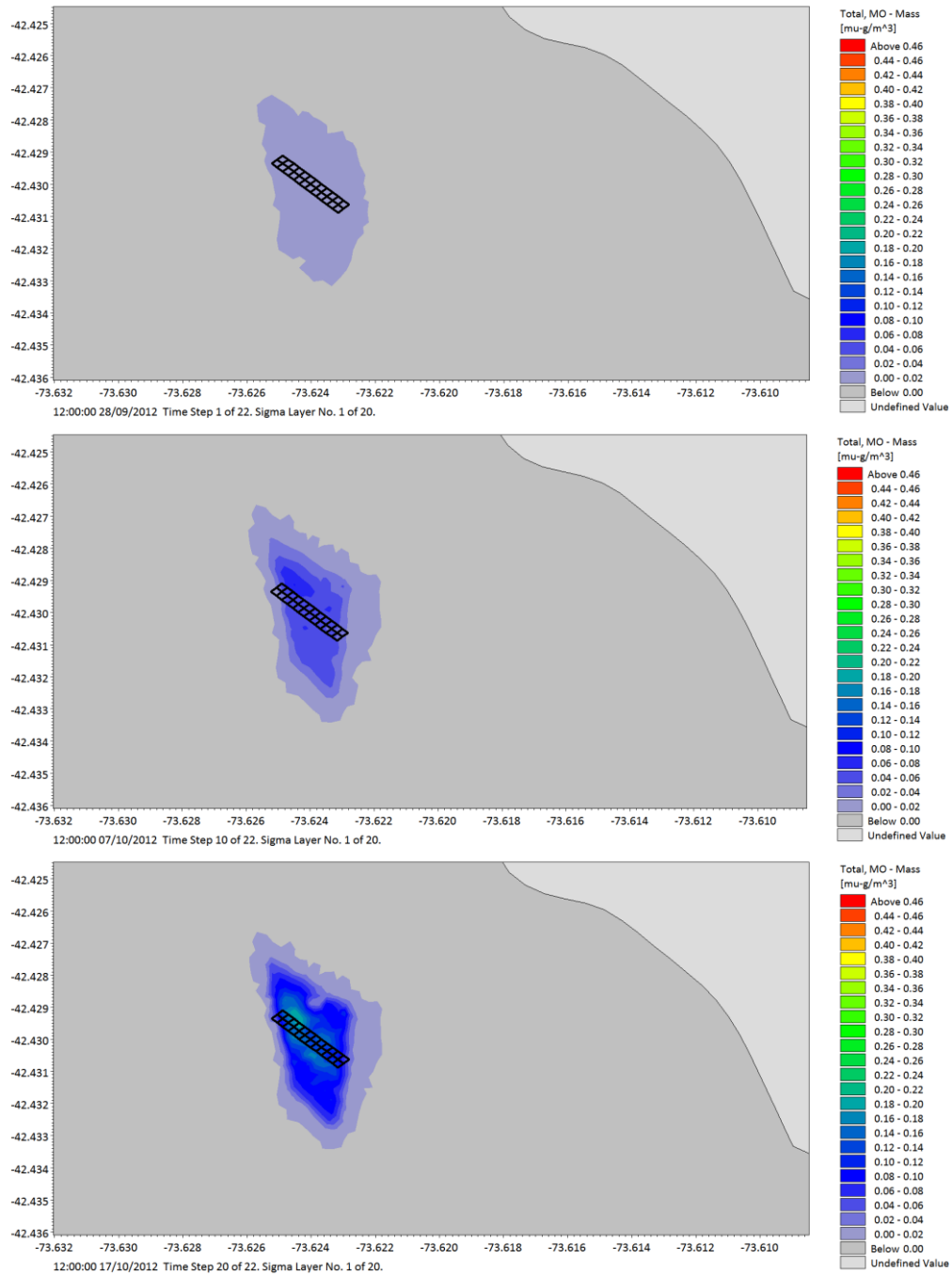
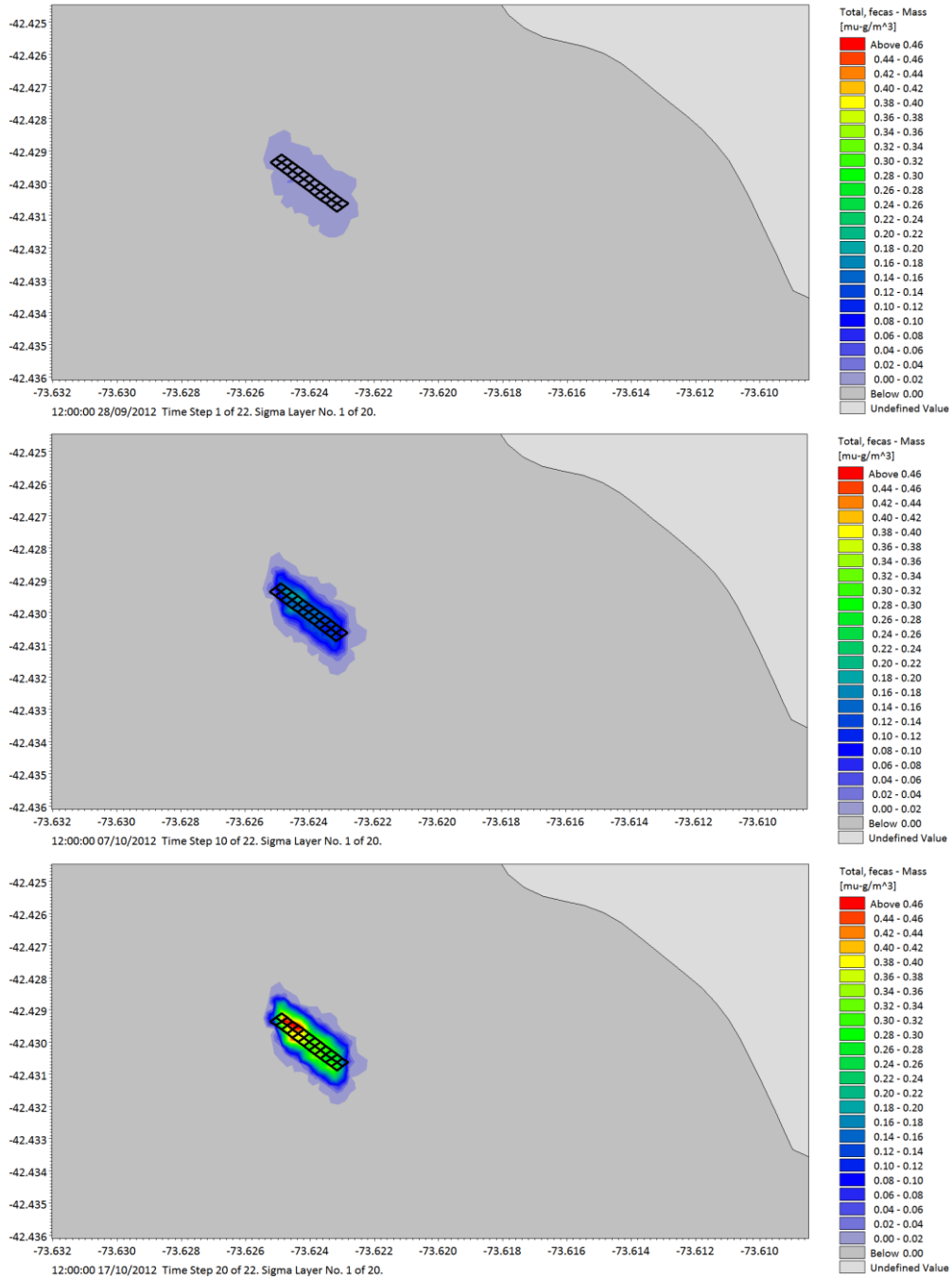


Figura 2.56. Área de acumulación para el día 1, 10 y 20 de fecas de salmón con tasa de sedimentación de 0,0133 m/s.



**Figura 2.57.** rea de acumulaci3n para el día 1, 10 y 20 de fecas de salm3n con tasa de sedimentaci3n de 0,04 m/s.

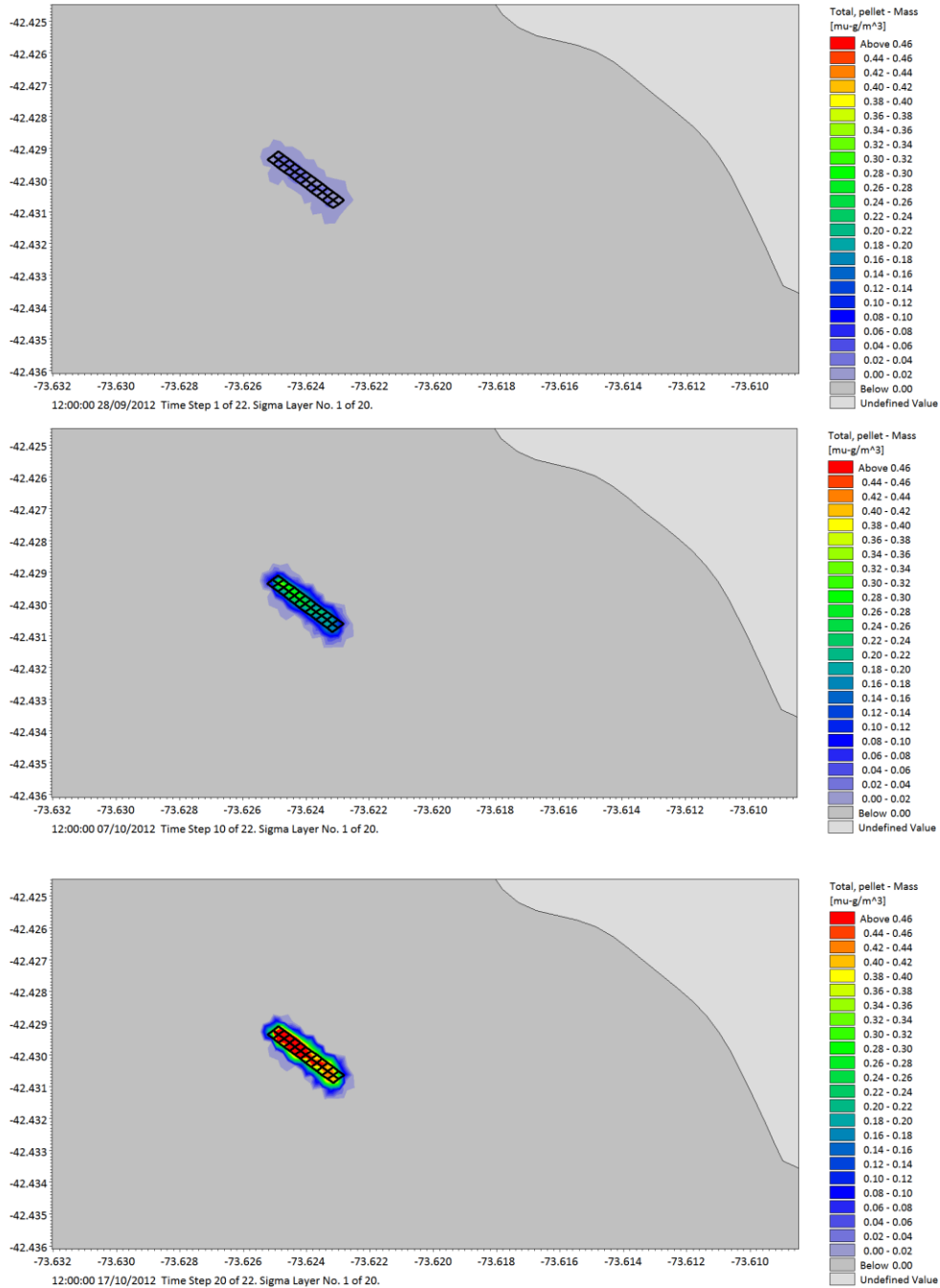
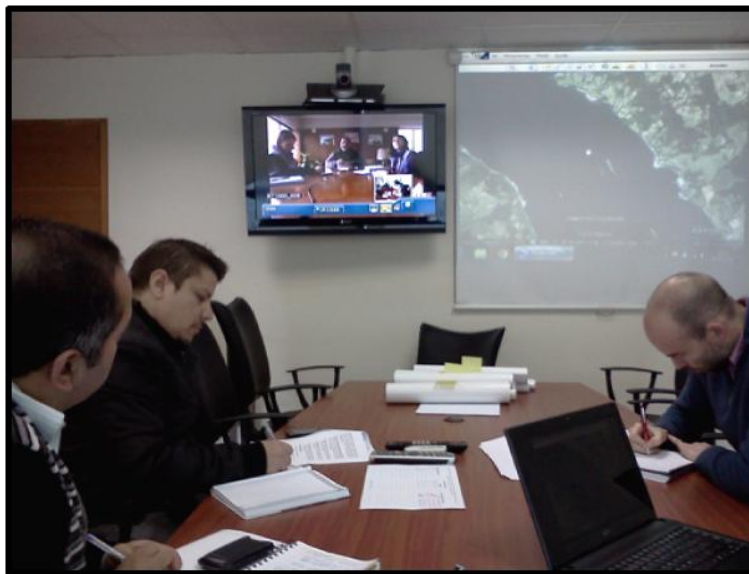


Figura 2.58. 3rea de acumulaci3n para el d3a 1, 10 y 20 de alimento de salm3n con tasa de sedimentaci3n de 0,1 m/s.



**Figura 2.59.** Reunión inicial de coordinación interinstitucional del proyecto a través de videoconferencia el día 30 de julio de 2012, en dependencias de Subpesca-Puerto Montt.



**Figura 2.60.** Reunión e coordinación interinstitucional del proyecto a través de videoconferencia el día 30 de octubre de 2012, en dependencias de Subpesca-Puerto Montt.



**Figura 2.61.** Taller de redes Badinotti, Puerto Montt-Chile.



**Figura 2.62.** Instalaciones de empresa Badinotti, Puerto Montt-Chile.



**Figura 2.63.** Presentaci3n de la empresa Marmau a investigadores IFOP, Castro.





**Figura 2.64.** VI Feria Internacional Aquasur 2012, Puerto Varas. A) Apertura con Subsecretario de Pesca, Pablo Galilea. Exposición Aquasur (Ruta 5 Sur, Puerto Montt): B) Empresa pinturas AF Sherwin-Williams Chile S.A., C) Empresa pinturas AF Hempel A/S Chile Ltda. D) Empresa Redes Badinotti Chile S.A., E) Empresa Redes Marmau, F) Empresa de Redes Fimar Chile, G) Empresa Garware-Wall Ropes Ltd., H) Empresa Aquaglobal Solution.





**Figura 2.65.** Presentaci3n inicial y reuni3n de trabajo en dependencias Atared A.G., Puerto Montt-Chile.



**Figura 2.66.** Secuencia fotografica taller de presentación de resultados del proyecto, en Puerto Montt-Chile.

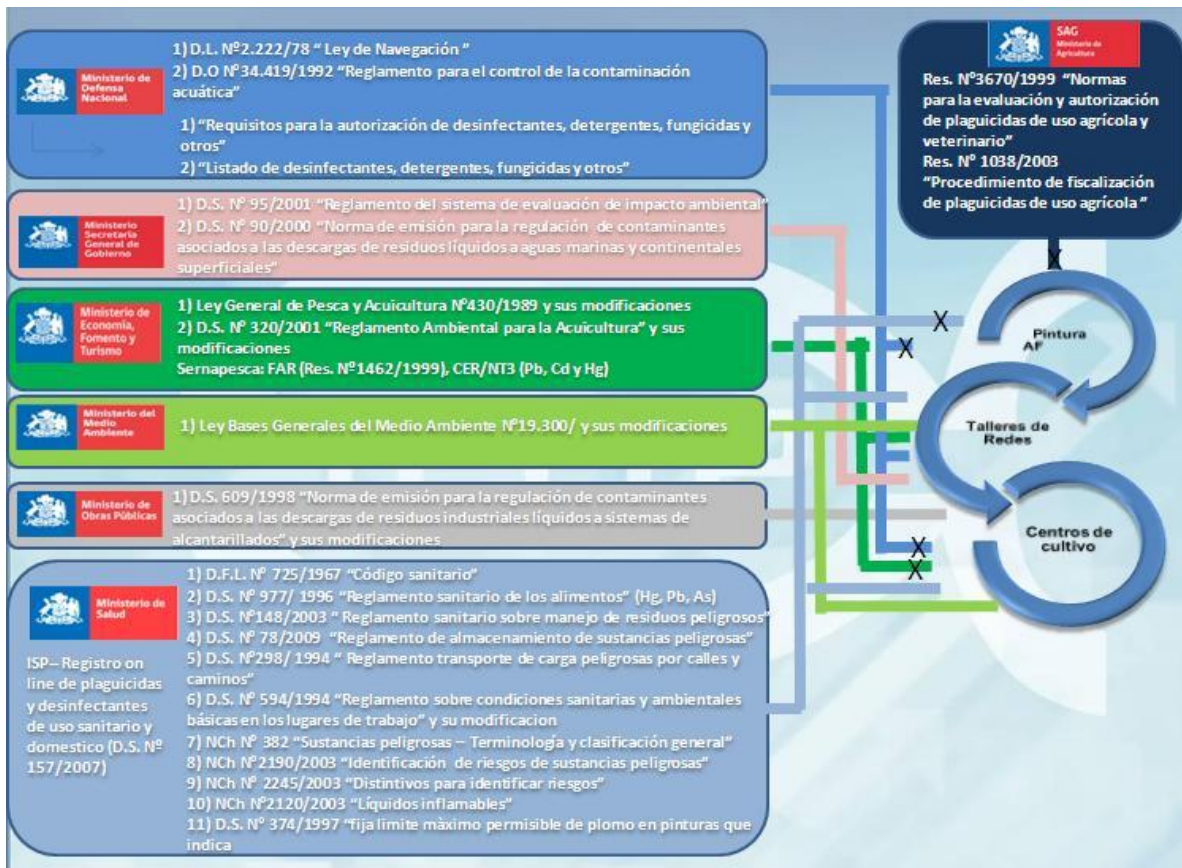
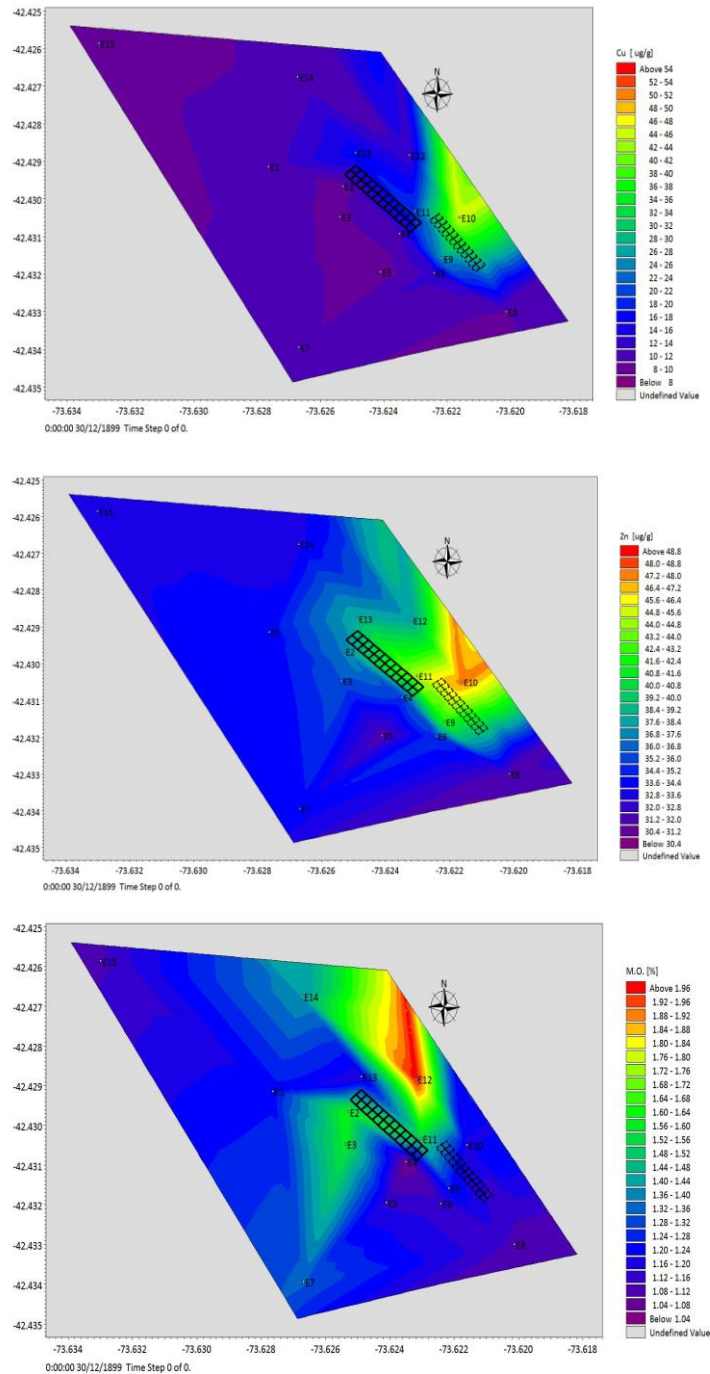


Figura 2.67. Ordenamiento sistemático del marco normativo asociado al uso de pinturas AF en Chile.



**Figura 2.68.** Distribuci3n de cobre, zinc y materia orgánica (%) en sedimentos y estaciones de muestreo de Curaco de Vélez. En línea puntuada emplazamiento anterior a febrero de 2009 del tren de cultivo y la ubicaci3n actual en línea continua (2012).

# **A N E X O 3**

---

Documentos



### Anexo 3.1.

Encuesta tipo para el establecimiento del uso de pinturas anti-incrustantes en talleres de redes.

#### 1.- Identificación SERVICIO DE IMPREGNACION

Empresa:

\_\_\_\_\_

Fono:

Dirección: \_\_\_\_\_ Región:

\_\_\_\_\_ mail: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Producción total (t/año): \_\_\_\_\_

Cantidad de años en funcionamiento: \_\_\_\_\_

#### 1ª) Aspectos generales:

Pinturas antifouling	Cantidad (L) usada entre enero a agosto 2012	Marca comercial	Años de uso	Producción anual	Base utilizada	Principio activo	Dosis (principio activo/excipientes) Red pecera, lobera	Rendimiento. Tipo red. (K/m <sup>2</sup> , L/m <sup>2</sup> )	Vida útil (red pecera lobera)

#### 2.-EMPRESAS QUE ATIENDE:

**Modifican el tipo de pintura de acuerdo a: requerimientos del cliente o venden una estándar**  
Tendencia de uso

**Mayor uso, razones:**

**Menor uso, razones:**



**3.-Proponga una pintura adecuada (atributos de la pintura):**

---

---

---

---

---

---

**Observaciones:**

---

---

---

---

---

---

**4.-Descripción del proceso de pintado (según tipo de red, tamaño, abertura malla, forma jaula circular, rectangular, tipo de hilo etc.)**

---

---

---

---

---

---

**5.- Que opina del uso de pinturas anti incrustantes?**

---

---

---

---

---

---



### Anexo 3.2.

Encuesta tipo para el establecimiento del uso de pinturas anti-incrustantes en empresas salmoneras.

#### 1.- Identificación Empresa de Salmones que impregnan redes

Empresa: \_\_\_\_\_

Fono: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_ Región: \_\_\_\_\_

mail: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Producción total (t/año): \_\_\_\_\_

Cantidad de años en funcionamiento: \_\_\_\_\_

#### 1.-Aspectos generales:

Centros en descanso y operativos	N° módulos o trenes	N° jaulas (redes) x tren	Tamaño de jaulas (Ej: 30 x30 x 12)	Tamaño de redes loberas (m <sup>2</sup> )	Cantidades (L) x ciclo productivo

a) Para redes peceras señale lo que usa en pinturas anti-incrustantes:

Redes peceras (pulgadas)	Marca comercial	Base utilizada	Principio activo	Pigmento	Rendimiento de la pintura en la red (Kg/m <sup>2</sup> ), o (L/m <sup>2</sup> )	Vida útil de la impregnación en invierno	Vida útil de la impregnación en verano
1							
1,5							
2							
Otro							





b) Para redes loberas señale lo que usa en pinturas anti-incrustantes:

Redes loberas (pulgadas)	Marca comercial	Base utilizada	Principio activo	Pigmento	Rendimiento de la pintura en la red (Kg/m <sup>2</sup> ) o (L/m <sup>2</sup> )	Vida útil de la impregnación en invierno	Vida útil de la impregnación en verano
10							
Otro							

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Impregna sus redes con servicios externos?**

a) Si

Cuales: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b) **Describa el procedimiento que emplea en su empresa para impregnar:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

c) **Efectúa a parte de impregnarlas, otros tratamientos a sus redes para mantenerlas limpias?**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**3.-Proponga una pintura adecuada (atributos de la pintura)**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



**4. Cual es la mejor forma de mantener limpias las redes en su centro. Fundamente su respuesta?**

---

---

---

---

---

**Anexo 3.3.**

Sistematización de las encuestas aplicadas a los talleres de impregnación para establecer el grado de uso de pinturas anti-incrustantes en sus procesos productivos.

a).- Contexto regulatorio del impregnado de redes con pinturas anti-incrustantes, a través de entrevistas directas,

Empresa	Opinión del uso de pinturas anti-incrustantes	Observaciones
Redes Quellón	-	-
Marmau	Con base agua es mejor, desprende menos olor, fácil manejo	-
Aceredes	-Provoca daño al medio ambiente -Facilita la operación en salmoneras	El estado debe regular el tipo de pintura a usar
Salmonet	-La impregnación es mejor que lavar <i>in situ</i> . El lavado <i>in situ</i> elimina sólidos al medio, causando estrés a los peces	-
Badinotti	Se pueden utilizar pero ojala biodegradables	El tipo de pintura a usar debe estar de acuerdo al lugar
Red Mar	-	Existe desconocimiento de la contaminación que produce
Nisa S.A.	Es necesario para proteger redes	El lavado <i>in situ</i> es un mal menor
Kaweshkar	Es necesario para proteger las redes	-
Ingered	Es necesario para proteger las redes	El estado debe regular el tipo de pintura a utilizar
EBH	Es una necesidad obligada	-El lavado <i>in situ</i> ensucia el fondo, Chile tiene mayor fouling que Noruega -Hay que tener un programa de limpieza muy riguroso para minimizar la cantidad de sólidos a liberar al medio
Servasur	Es necesario para proteger redes	-



b).- Contexto regulatorio del impregnado de redes con pinturas anti-incrustantes, a través de entrevistas directas.

Empresa	Atributos de las pinturas anti-incrustantes	Etapas claves de recepción e impregnación de redes en taller	Precios x kilo de red impregnada
Redes Quellón	-Dure el ciclo productivo completo, no tóxico, no se resquebraje y precio conveniente -Mantenga el óxido cuproso que dice la etiqueta.	-Para pintura base agua: Traslado lavado, desinfección, reparado, secado, impregnación, secado -Para pintura base solvente: Traslado, secado, lavado, desinfección, reparado, impregnación	-
Marmau	-Dure el ciclo completo amigable con el medio ambiente -Precio conveniente	Idem para base agua y para base solvente	Entre:\$150-\$180
Aceredes	-Durabilidad -Mayor rendimiento	Idem para base agua y para base solvente	-
Salmonet	-Precio conveniente -Buen rendimiento -Durabilidad	Idem para base agua y para base solvente	-
Badinotti	-Precio conveniente -El efecto del antifouling sea prolongado -Biodegradable	Idem para base agua y para base solvente	Entre:\$150-\$210
Red Mar	-Logre mejor secado y mas rápido -Pintura no toxica	Ídem para base agua y para base solvente	\$150
Nisa S.A	-Dure ciclo productivo Completo -Flexibilidad -Precio conveniente	Idem para base agua y para base solvente	Entre:\$200-\$210
Kaweshkar	-Mayor poder de adhesión de la pintura a la tela -Mantenga el oxido cuproso que dice la etiqueta -Durabilidad -Minimice el daño a la red (tensión)	Idem para base agua y para base solvente	-



b).- (Continuación).

<b>Empresa</b>	<b>Atributos de las pinturas anti-incrustantes</b>	<b>Etapas claves de recepción e impregnación de redes en taller</b>	<b>Precios x kilo de red impregnada</b>
EBH	-Dure ciclo productivo completo -Amigable con el medio ambiente, para ello hay que usar la nanotecnología	Idem para base agua y para base solvente	-
Servasur	-Dure ciclo productivo completo -Presencia de oxido cuproso acorde a la ficha técnica -Disminución del tiempo de secado	Idem para base agua y para base solvente	-
Ingered	-Dure ciclo productivo completo -Que la matriz acrílica permita adecuada tasa de lixiviación -Homogeneidad de los compuestos en el tiempo (mantenga las propiedades)	Idem para base agua y para base solvente	-

**Anexo 3.4**

Sistematización de las encuestas aplicadas a la industria salmonera para establecer el grado de uso de pinturas anti-incrustantes en sus procesos del cultivo.

a).- Contexto productivo de las empresas salmoneras a través de entrevistas directas.

Empresa	Especie que cultiva	N° centros operativos	N° centros en descanso	Tipo tratamiento a sus redes
Yadran S.A	Trucha, Salar	7	9	Impregnación
Salmones Iceval S.A	Coho	3	1	Impregnación
Salmones Cupquelan S.A	Salar	8	4	Impregnación
Salmones Antartica S.A	Trucha	12	5	Impregnación
Camanchaca S.A	Trucha, Salar	7		Impregnación
Australis Mar S.A	Salar, Coho	16	8	Impregnación
Invermar S.A	Trucha, Salar, Coho	4	2	Impregnación y lavado de redes <i>in situ</i>
Aquachile S.A	Trucha, Salar, Coho	48		Impregnación
Salmones Mainstream S.A	Trucha, Salar, Coho	36	22	Impregnación
Holder Trade S.A	Coho y trucha	23		Impregnación
Ventisqueros S.A	Trucha, Salar, Coho	18	10	Impregnación
Tornagaleones S.A	Trucha, Salar, Coho	17	8	Impregnación
Salmones Bluemar S.A	Trucha, Salar	18	6	Impregnación
Cultivos Marinos Chiloé	Trucha, Salar	12	20	Impregnación
Salmones Pacific Star S.A	Salar, Coho	6	5	Lavan redes <i>in situ</i>
Salmones Aysen	Trucha, Salar, Coho	9	1	Lavan redes <i>in situ</i>
Salmones Multiexport	Salar, Trucha	32	18	Lavan redes en taller
Salmones Los Fiordos	Salar y Coho	8	15	Impregnación
Salmones Magallanes	Salar	6	0	Impregnación
Salmones Humboldt	Trucha, Salar	12		Impregnación
Salmones Acuinova	Trucha, Salar, Coho			Impregnación
Salmones Frio Sur	Trucha, Salar	6	4	Impregnación
Salmones Caleta Bay S.A	Trucha	4	0	Impregnación



## a).- (Continuación).

Empresa	Producción Actual (2012)	Producción (2013-2014)	Salar	Trucha	Coho
Yadran S.A	10000	25000	19500	5500	0
Salmones Iceval S.A	5000	3600	0	0	3600
Salmones Cupquelan S.A	-	38000	38000	0	0
Salmones Antártica S.A	23000	23000	0	23000	0
Camanchaca S.A		40000	16000	7500	0
Australis Mar S.A	30000	39000	33930	0	5070
Invermar S.A	32000	40000	22000	10400	7600
Aquachile S.A	50000	123000	61500	41000	20500
Salmones Mainstream S.A	46000	180000	148000	9000	23000
Holding Trade S.A	20000	20000	0	13000	7000
Ventisqueros S.A	29000	32000	11000	13000	8000
Tornagaleones S.A	23000	23000	13800	5750	3450
Salmones Bluemar S.A	35000	46300	37700	8600	0
Cultivos Marinos Chiloé	37000	50000	15000	35000	0
Salmones Pacific Star S.A	-	-	-	-	-
Salmones Aysen	-	-	-	-	-
Salmones Multiexport	-	-	-	-	-
Salmones Los Fiordos	32000	35000	24500	0	10500
Salmones Magallanes	10000	15000	15000	0	0
Salmones Humboldt	18000	20000	16800	3200	0
Salmones Acuinova	31000	66000	39600	19800	6600
Salmones Frio Sur	25000	50000	35000	15000	0
Salmones Caleta Bay S.A	8000	12000	0	12000	0



b).- Cantidad, tipo y marca de pintura anti-incrustantes utilizada por empresa.

Empresa	Tipo de pintura	Base	Empresa comercializadora	Consumo de pintura (litros) por ciclo productivo
Yadran S.A	Reall SW	Agua	Cerrillos	761.600
	Reall SS	Solvente	Cerrillos	190.400
Salmones Iceval S.A	Econet 1500 SB	Agua	Ceresita	71.293
Salmones Cupquelan S.A				527744
Salmones Antartica S.A	Econet 1500 SB	Agua	Ceresita	428000
Camanchaca S.A	Reall SS	Solvente	Cerrillos	332625
	A/F	Solvente	Sherwin Williams S.A	332625
	Flexgard XI-C	Agua	Badinotti Chile	385107
Australis Mar S.A	A/F	Agua	Sherwin Williams S.A	1330000
Invermar S.A	Reall SW	Agua	Cerrillos	1435234
Aquachile S.A	A/F	Solvente	Sherwin Williams S.A	5675110
	Econet 1500 SB	Agua	Ceresita	3334127
	Reall SS	Solvente	Cerrillos	1182314
	Solignum	Agua	Solignum S.A	733035
	Ecoquipsal	Agua	Quipasur Ltda	650273
	Econet RF 10	Agua	Ceresita	147789
	Biodeg sin /Cu	Solvente	Sherwin Williams S.A	100497
Salmones Mainstream S.A	Aquanet CC80	Agua	Bayer S.A	6332100
Holding Trade S.A	Aquasafe	Agua	Gjoco	1204955
	Aquanet CC100	Agua	Bayer S.A	212639
Ventidqueros S.A	Aquanet CC100	Agua	Bayer S.A	731500
	Econet 1500 SB	Agua	Ceresita	731500
Tornagaleones S.A	Reall SW	Agua	Cerrillos	894797
	Aquanet CC100	Agua	Bayer S.A	167774
	A/F	Agua	Sherwin Williams S.A	55925
Salmones Bluemar S.A	Reall SW	Agua	Cerrillos	379500
	Reall SS	Solvente	Cerrillos	379500
	Norimp 1500	Solvente	Ceresita	759000
Cultivos Marinos Chiloé	Aquanet CC100	Agua	Bayer S.A	402436
	A/F	Solvente	Sherwin Williams S.A	603653





## c).- Vida útil de las pinturas anti-incrustantes comercializadas en Chile.

<b>Empresa</b>	<b>Vida útil de la impregnación en invierno / verano (lobera)</b>	<b>Vida útil de la impregnación en invierno / verano (pecera)</b>	<b>Servicio externo que usa para impregnar</b>
Yadrán S.A	10	6	Redes Quellón
Salmones Iceval S.A	10	5 – 6	s/i
Salmones Cupquelán S.A	9 - 10	5	s/i
Salmones Antártica S.A	5 – 6	3 – 4	Servinet, Marmau
Camanchaca S.A	7	4 – 5	Badinotti, Servasur
Australis Mar S.A	10	5 – 6	Kaweskhar, Nisa
Invermar S.A	4	4	Servinet, Marmau
Aquachile S.A	s/i	s/i	s/i
Salmones Mainstream S.A	9	4 – 7	Salmonet, EBH
Holding Trade S.A	10	5 – 6	Servinet, Marmau, Redes Quellon
Ventisqueros S.A	4	4	Badinotti, Marmau, Ingered
Tornagaleones S.A	5	5	Salmonet, Redes Quellon, Kaweskhar, Marmau, Badinotti
Salmones Bluemar S.A	10	6	Redes Quellon, Ace redes EBH, Ingered, Marmau
Cultivos Marinos Chiloé	6	5	Redes Quellon, Aceredes Kaweskhar



d).- Atributos deseables de las pinturas anti-incrustantes para su uso en acuicultura, desglosada por empresa

Empresa	Atributos de las pinturas anti-incrustantes	Cual es la mejor forma de mantener limpias las redes	Argumentos de manutención de redes limpias
Yadrán S.A	-Fácil de aplicar -La cantidad de cobre en la pintura debe coincidir con la ficha técnica -Dure el ciclo productivo completo	Lavado de redes in situ con retención de sólidos	Menos contaminante que impregnar y lavar <i>in situ</i> sin retención sólidos
Salmones Iceval S.A		Con pinturas antifouling	El lavado <i>in situ</i> es riesgoso por mantener constantemente material en suspensión
Salmones Cupquelán S.A	-	-	-
Salmones Antártica S.A	-Amigable con el medio ambiente -No afecte a los peces -Dure un ciclo completo -Precio razonable	Con pinturas antifouling	-El lavado <i>in situ</i> es riesgoso por mantener constantemente material en suspensión
Camanchaca S.A	-Mayor rendimiento -Degradación de la pintura sea mas lenta -No se resquebraje	Con pinturas antifouling	El lavado <i>in situ</i> es riesgoso, pues libera sólidos
Australis Mar S.A	-Rendimientos homogéneos -Rápido secado -No contamine -Flexibilidad alta -Precio razonable -Buen servicio de postventa	Con pinturas antifouling	Por un tema sanitario
Invermar S.A	-Buen rendimiento, amigable al Medio ambiente -Dure un ciclo completo	Con pinturas antifouling	El lavado in situ genera contaminación



d).- (Continuación).

Empresa	Atributos de las pinturas anti-incrustantes	Cual es la mejor forma de mantener limpias las redes	Argumentos de manutención de redes limpias
Aquachile S.A	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dure a lo menos 10 meses</li> <li>-Sin cobre y metales Pesados</li> <li>-Precio adecuado</li> </ul>	Con pinturas antifouling	El lavado <i>in situ</i> genera contaminación
Salmones Mainstream S.A	No tóxica	Con redes Euroline, no requieren pinturas antifouling	Las pinturas y lavado <i>in situ</i> contaminan
Holding Trade S.A	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dure un ciclo completo</li> <li>-Precio adecuado</li> <li>-No tóxico</li> </ul>	Con pinturas antifouling	Mayor duración de la red sin fouling
Ventisqueros S.A	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dure un ciclo completo</li> <li>-La red no pierda resistencia</li> <li>-No dejen trazas al medio</li> </ul>	Con redes euroline, no requieren pinturas antifouling	Menos contaminante que impregnar y lavar <i>in situ</i>
Tornagaleones S.A	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dure un ciclo completo</li> <li>-La cantidad de cobre coincida con la ficha técnica</li> </ul>	Con pinturas antifouling	Mayor duración de la red sin fouling minimiza los manejos.
Salmones Bluemar S.A	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dure un ciclo completo</li> <li>-Amigable con el medio ambiente, las pinturas en base a agua son menos toxicas</li> </ul>	Con pinturas antifouling	Mayor duración de la red sin fouling minimiza los manejos.
Cultivos Marinos Chiloé	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dure un ciclo completo</li> <li>-La cantidad de cobre coincida con la ficha técnica</li> <li>-Buen servicio de postventa</li> </ul>	Con pinturas antifouling	Menor estrés para los peces, menor gasto que los lavados, y los lavados <i>in situ</i> disminuyen en mayor proporción la vida útil de la red en relación a las impregnaciones



**Anexo 3.5.**  
Acta de inspección vigilancia ambiental y sanitaria.



**ACTA DE INSPECCIÓN  
VIGILANCIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
SALMONES**

A-S 01

FECHA:

**INFORMACION DE GABINETE**

Nombre o Razón Social del Titular: \_\_\_\_\_

RUT: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

Nombre empresa que opera (Si titular distinto a operador del centro, informar al nivel central): \_\_\_\_\_

**Información de centro de cultivo**

Código Centro: \_\_\_\_\_ Nombre Centro: \_\_\_\_\_

Región: \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_

Tipo de centro:  autorización  concesión  piscicultura o hatchery

Especie(s) autorizada(s): \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

**INFORMACION DE TERRENO: LOCALIZACIÓN Y PROYECTO TECNICO**

Tipo cuerpo de agua utilizado:  Lago  Laguna  Río  Mar  Vertiente  Pozo  
 Otro: \_\_\_\_\_

Nombre del cuerpo de agua: \_\_\_\_\_

**Estructuras de cultivo**

TIPO	Nº	Observaciones (dimensiones, estado, etc.)

**Ejemplares en stock al momento de la inspección**

Especie	Estado desarrollo	Nº	Pesos promedio (kg)	Existencia (biomasa) (Kg)	Peso promedio (Kg) de cosecha

Fecha estimada para cosecha : \_\_\_\_\_

**ASPECTOS AMBIENTALES DEL CENTRO DE CULTIVO**

**Disposición de desechos producto de la operación del centro:**

4a) ¿Existen contenedores herméticos, que impidan el escurrimiento, para la acumulación, traslado y disposición de desechos sólidos, líquidos, mortalidades y compuestos sanguíneos, sustancias químicas, lodos y en general materiales y sustancias de cualquier origen que puedan afectar el fondo marino, columna de agua, playa y terrenos de playa?

SI	NO	NA
----	----	----

Observaciones: \_\_\_\_\_



<b>Observar en el centro de cultivo, terrenos y riberas aledañas:</b>			
4b) ¿Se mantiene la limpieza en playa y terrenos de playa aledaños al centro de cultivo, de todo residuo sólido o desperdicio generado por la acuicultura?	SI	NO	NA
Observaciones:			
<b>Elementos de flotación:</b>			
4g) ¿El centro de cultivo utiliza elementos de flotación cuya confección no permite el desprendimiento de los materiales que los componen?	SI	NO	NA
Observaciones:			
<b>Sistemas de captación de alimento:</b>			
4h) ¿El centro cuenta con algún sistema de detección o captación de alimento no ingerido?	SI	NO	NA
Observaciones:			
<b>Plan de contingencia:</b>			
5) ¿El centro dispone en forma expedita de un ejemplar del plan de acción ante contingencias remitido al Servicio?	SI	NO	NA
¿El centro posee operativos los elementos considerados en el plan de acción ante contingencias?	SI	NO	NA
¿Se encuentran disponibles los registros requeridos en la resolución respectiva (registro de capacitaciones, incidentes y mantenimiento de equipos)?	SI	NO	NA
Observaciones:			
<b>Tratamiento de efluentes (Solo centros en tierra)</b>			
8) El lugar cuenta con algún tratamiento de efluentes?	SI	NO	NA
¿Qué tratamiento utiliza? _____			
¿El centro cuenta con resolución de monitoreo de la SISS? Resolución N° _____	SI	NO	NA
Observaciones:			
<b>Se cumple con las disposiciones reglamentarias en las acciones de limpieza de las artes de cultivo que se realizan en:</b>			
9) I) Instalaciones que traten sus efluentes, que cuentan con Resolución de Calificación Ambiental vigente (Ej. Talleres de redes).	SI	NO	NA
II) En plataformas flotantes, para lo cual cuentan con autorización expresa de la Autoridad Marítima (no se autoriza en cultivo de peces y en aguas terrestre)	SI	NO	NA
III) In- situ, se realiza con redes impregnadas con anti-incrustantes permitidos y bajo una resolución de la autoridad marítima ?	SI	NO	NA
Observaciones:			
<b>Obligaciones de centro de cultivo intensivo en porciones de agua y fondo de aguas terrestres</b>			
14a) ¿El centro cumple con mantener peces en cultivo hasta que hayan alcanzado el proceso de smoltificación y/o de mantener individuos de hasta 300 grs en el caso de las especies <i>Oncorhynchus mykiss</i> (truchas arcoiris) y <i>Salmo trutta fario</i> (trucha café) y/o de no mantener reproductores con alimentación? (se exceptúan los centros de engorda localizados en ríos que desembocan directamente al mar)	SI	NO	NA
Observaciones:			



ASPECTOS SANITARIOS GENERALES EN CENTRO DE CULTIVO												
Veterinario responsable del centro										e-mail		
Actividad que se realiza en el centro de cultivo	Incubación		Alevinaje									
	Desove		Smoltificac									
	Engorda		Reprod									
	Semillero		Acopio									
	Otra, indique:											
<b>PRODUCTOS FARMACÉUTICOS</b>										SI	NO	NA
1	Se usan solo productos farmacéuticos registrados o autorizados											
2	Existencia de PMV											
3	Existe confirmación de diagnóstico mediante análisis de laboratorio para tratamientos antimicrobianos											
4	Hay concordancia entre los tratamientos y vacunaciones informados a Sernapesca y los tratamientos efectivamente realizados en el centro de cultivo.											
5	El centro considera la identificación de las jaulas, estanques y lotes en tratamiento y/o vacunación.											
<b>LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN</b>										SI	NO	NA
6	El centro de cultivo mantiene un registro actualizado de procedimientos rutinarios de desinfección manteniendo la respectiva documentación de respaldo											
7	Para la limpieza y desinfección se utilizan agentes autorizados y se utilizan de acuerdo a su ficha técnica											
8	Existe un responsable técnico de los procedimientos de limpieza y desinfección											
9	El centro realiza la verificación de la correcta limpieza y desinfección (Indique como)											
	Inspección visual	<input type="checkbox"/>	Aplicación de check list	<input type="checkbox"/>	Medición de concentración de desinfectante	<input type="checkbox"/>	Bioluminiscencia	<input type="checkbox"/>	Análisis de laboratorio			
10	Los equipos e implementos son de uso exclusivo del centro o en su defecto, se aplican medidas de desinfección											
11	Existen registros de la aplicación de las medidas de limpieza y desinfección aplicadas en el centro											
<b>MORTALIDAD</b>										SI	NO	NA
12	Existe un registro de extracción de mortalidad diaria											
13	El centro cuenta con un sistema de desnaturalización de mortalidad de acuerdo a lo indicado en el RESA: Ensilaje Compostaje Incineración Otras (Indique):											
14	El centro cuenta con un registro documental actualizado de mortalidad clasificada según causa la que coincide con la enviada al Servicio											
15	El centro posee un manual de contingencia que considere eventos de mortalidad masiva o fallas del sistemas de desnaturalización											
16	El equipo de buceo y embarcación utilizada para extracción de mortalidades es exclusiva del centro de cultivo											
17	La necropsia de peces se realiza en lugar especialmente definido, con pediluvios y maniluvios, piso lavable y capaz de contener derrames											
18	El sistema de desnaturalización cumple con la reglamentación vigente y existen registros que lo demuestren											
19	Los recipientes en los que se conduce la mortalidad al lugar de acopio y desnaturalización del centro son herméticos y tienen la identificación de la unidad de cultivo de la cual proviene											
20	El lugar de acopio temporal, clasificación y desnaturalización del centro, está ubicado en un lugar alejado de las unidades productivas, con barreras perimetrales y barreras sanitarias al ingreso y egreso.											
<b>En caso de utilizar ensilaje como metodo de desnaturalización:</b>										SI	NO	NA
21	Existe registro que evidencie que la mortalidad diaria es sometida a ensilaje dentro de las 24 horas luego de extraída											
22	El pH del ensilaje es menor o igual a 4.											
23	Existe registro diario de la medición de pH											



<b>COSECHA DE PECES (SI EL CENTRO SE ENCUENTRA REALIZANDO COSECHA DURANTE LA INSPECCIÓN)</b>		SI	NO	NA
24	El procedimiento de cosecha cumple con la reglamentación vigente y existen registros que lo demuestren			
<b>PROGRAMA SANITARIO ESPECÍFICO DE VIGILANCIA Y CONTROL DE ISA (RES2638/08)</b>		SI	NO	NA
25	De acuerdo a la clasificación ISA del centro, se encuentran las solicitudes de muestreo y los informes de laboratorios que dan cuenta de los muestreos para análisis ISA según su frecuencia y número de peces establecido.			
<b>PROGRAMA SANITARIO ESPECÍFICO DE VIGILANCIA Y CONTROL DE CALIGIDOSIS (RES2117/09)</b>		SI	NO	NA
26	El monitoreo está registrado en una bitácora foliada y es realizado por un muestreador calificado			
27	Los registros del monitoreo quincenal, post tratamiento, DGJA y diagnóstico de entrada presentes en el centro de cultivo, concuerdan con la información de monitoreo quincenal enviada al Servicio			
28	Cuando los niveles de infestación (NEI) superan los niveles establecidos el centro realiza tratamiento de acuerdo a lo indicado en el PSEVCC			
<b>OBSERVACIONES (indicar sus observaciones de acuerdo a cada ítem indicando primero el número de la pregunta)</b>				
ANTECEDENTES GENERALES				
OPERACIÓN DEL CENTRO				
TRANSPORTE				
VIGILANCIA Y CONTROL				
FARMACOS Y ALIMENTOS				
BIOSEGURIDAD				
PRODUCCIÓN DE PECES				
MORTALIDAD				
COSECHA DE PECES				
ELIMINACIÓN DE PECES				
PSEVC ISA				
PSEVC CALIGUS				
<b>ANTECEDENTES DE LA INSPECCIÓN</b>				
FECHA:	HORA INICIO :	HORA TERMINO :		
	REGIÓN:	LUGAR:		
	COMUNA:			
FUNCIONARIOS:				
<b>RESPONSABLE DEL CENTRO PRESENTE EN LA INSPECCIÓN</b>				
NOMBRE :		FIRMA :		
RUT N° :				
CARGO :				
TELEFONO:				



### Anexo 3.6.

Oficio remitido por Senapesca X Región de Los lagos, Chile.



ORD./X/Nº 3667

ANT: SIAC 460273612

MAT: Responde a CONSULTA

PUERTO MONTT, 11 JUL. 2012

DE : DIRECTORA REGIONAL DE PESCA, REGIÓN DE LOS LAGOS

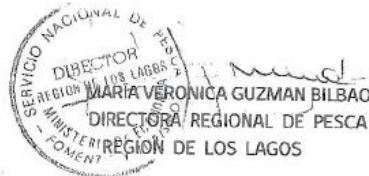
A : SR VLADIMIR MURILLO H.  
vladimir.murillo@ifop.cl

De acuerdo a su CONSULTA ingresada al sistema SIAC el día 03 de julio, respecto de cuáles son los centros de cultivo de salmónidos que utilizan o hayan utilizado redes impregnadas con pintura anti-incrustantes, la respuesta es:

No existe marco normativo para que este Servicio le exija a los centros de cultivo de salmonideos, que reporten la impregnación de sus redes. Por lo que esta información no está disponible en nuestras oficinas.

Este documento se encuentra disponible en el sitio web [www.sernapesca.cl](http://www.sernapesca.cl), en el link Sistema Integral de Atención Ciudadana, al cual puede acceder con el Nº SIAC asignado internamente y señalado en ANT.

Saluda Atentamente a Ud.,



VGB/BMM/NPV/PHF/phf  
DISTRIBUCIÓN  
Sr. VLADIMIR MURILLO H.  
Archivo SIAC  
Archivo Salud Animal  
Oficina de partes





### Anexo 3.7.

#### Oficio Unidad de Registros y Control de Medicamentos Veterinarios del SAG.

Zimbra Collaboration Suite

gesica.aroca@ifop.cl

RE: Información **Thu Nov 22 2012 15:14:08 GMT-0300** (Hora de ver. del Pacífico SA)

Dc: oirs.santiago@sag.gob.cl

Para: gesica.aroca@ifop.cl

Estimado/a Gesica Aroca

Junto con saludarle, agradezco el haberse contactado con el SAG. En relación a su consulta le puedo sugerir que, para una mejor atención, ud. pueda contactarse directamente con la División de Protección Pecuaria de SAG Central a siguiente email : [propec@sag.gob.cl](mailto:propec@sag.gob.cl) adjuntando fichas de composición de las pinturas.

Atte.

**Reinaldo Muñoz O.**

Encargado (S) OIRS R.M.  
Servicio Agrícola y Ganadero  
(56-2) 6764032  
[oirs.santiago@sag.gob.cl](mailto:oirs.santiago@sag.gob.cl)  
[www.sag.cl](http://www.sag.cl)

---

**De:** Gesica Aroca [[gesica.aroca@ifop.cl](mailto:gesica.aroca@ifop.cl)]

**Enviado el:** miércoles, 21 de noviembre de 2012 17:27

**Para:** Oirs Santiago

**CC:** Vladimir Murillo

**Asunto:** Información

Estimados Sres. Servicio Nacional Agrícola y Ganadero:

Quisiera saber si existe regulación por parte del SAG en la importación y fiscalización de pinturas antiincrustantes (que tienen como principal biocida el óxido cuproso) utilizadas en la industria de la salmicultura. En el caso que no existiera información o no fuera pertinente a su campo de acción, me interesa que se explique detalladamente cual sería el mecanismo en el cual podría existir dicha fiscalización en Chile para estos productos (actualmente 18 marcas comerciales).

Saludos cordiales,



**Gesica Aroca S.**

Investigador  
Instituto de Fomento Pesquero  
Departamento de Repoblación y Cultivo  
División de Investigación en Acuicultura  
Reserva Marina de Putemún  
Ten ten s/n Rural, Castro  
Fono: (65) 576023

[IFOP.CL](http://IFOP.CL)



Zimbra Collaboration Suite

gesica.aroca@ifop.cl

Respuesta a su consulta **Fri Dec 07 2012 12:56:49 GMT-0300 (Hora de ver. del Pacífico SA)**

De: [karem.parada@sag.gob.cl](mailto:karem.parada@sag.gob.cl)

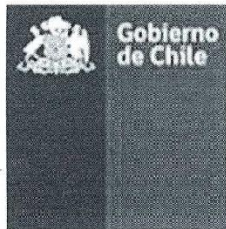
Para: [gesica.aroca@ifop.cl](mailto:gesica.aroca@ifop.cl)

Archivos adjuntos: [image002.jpg](#) (2.8KB)

Estimada Srta. Aroca

En relación a su consulta le comento no existe ninguna regulación por parte del SAG, no obstante a ello favor contactar al Servicio Nacional de Pesca (Sernapesca) en virtud que ellos son los que regulan el tema de la acuicultura.

Saludos cordiales,



**KAREM PARADA ACUÑA**

Médico Veterinario

Servicio Agrícola y Ganadero  
División Protección Pecuaria  
Unidad Registro y Control de Medicamentos Veterinarios  
Subdepto. Sanidad Animal  
(56-2) 3451387  
[www.sag.cl](http://www.sag.cl)

Nota: Este e-mail no corresponde a un documento oficial. Si Ud. necesita un pronunciamiento de la División de Protección Pecuaria, deberá utilizar los conductos oficiales establecidos y dirigirse por escrito al Jefe de la División, enviando una carta a Av. Bulnes Nº 140, séptimo piso, Santiago, al Fax: 56-2-3451403 o vía e-mail a [propec@sag.gob.cl](mailto:propec@sag.gob.cl)

Piense en tu compromiso y responsabilidad y con el medio ambiente antes de imprimir este correo.



**Anexo 3.8.**

Informe de análisis de macrofauna bentónica diciembre de 2012. a). Curaco de Vélez, b). Linlín y c). Lingua.

a).



INFORME DE LABORATORIO 172/2012



MACROFAUNA BENTÓNICA								
Phylum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:		
			363	364	365	363	364	365
			Estación			Estación		
			E1	E2	E3	E1	E2	E3
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )		
Annelida	Lumbrineridae	-			10			1,07
Annelida	Nephtyidae	-	30	30	20	2,07	10,55	1,81
Annelida	Sabellidae	-		30	50		3,15	4,23
Arthropoda	Atelecyclidae	-		10			28,36	
N° de taxa			1	3	3			
N° de ejemplares			30	70	80			
Diversidad (H')			0,00	0,44	0,39			
Dominancia (D)			1,00	0,39	0,47			
Uniformidad (J')			****	0,91	0,82			

Phylum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:		
			366	367	368	366	367	368
			Estación			Estación		
			E4	E5	E6	E4	E5	E6
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )		
Annelida	Lumbrineridae	-	30	30	40	3,04	1,27	2,02
Annelida	Maldanidae	-	10		10	0,36		0,25
Annelida	Nephtyidae	-	20	10	10	3,45	1,27	4,26
Annelida	Scalibregmidae	-			10			4,9
Annelida	Spionidae	<i>Prionospio orensanzii</i>		10	70		0,12	0,55
Mollusca	Cultellidae	<i>Ensis macha</i>		10			0,82	
Mollusca	Nuculidae	<i>Waikio parasiticus</i>			40			0,45
N° de taxa			3	4	6			
N° de ejemplares			60	60	180			
Diversidad (H')			0,44	0,54	0,66			
Dominancia (D)			0,39	0,33	0,26			
Uniformidad (J')			0,92	0,90	0,85			

Phylum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:		
			369	370	371	369	370	371
			Estación			Estación		
			E7	E8	E9	E7	E8	E9
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )		
Annelida	Lumbrineridae	-	70	30		4,52	0,72	
Annelida	Maldanidae	-	10			0,2		
Annelida	Nephtyidae	-	60	10	10	2,91	0,49	1,75
Annelida	Sabellidae	-		10			0,18	
Arthropoda	Cirrolanidae	-			30			2,43
Mollusca	Mytilidae	-			10			0,35
Mollusca	Nuculidae	<i>Waikio parasiticus</i>			10			0,21
N° de taxa			3	3	4			
N° de ejemplares			140	50	60			
Diversidad (H')			0,39	0,41	0,54			
Dominancia (D)			0,44	0,44	0,33			
Uniformidad (J')			0,82	0,87	0,90			



**Metodologías:** Procedimientos Técnicos del Sistema de Gestión del Laboratorio Ramalab; Plan de muestreo y metodologías de análisis, según la Resolución Ex. N° 3.612/2009 de SSP, o la que la reemplace y el DS N°320/2001 de SSP, o el que lo reemplace.  
**LABORATORIO RAMALAB E.I.R.L. Los Carrera N° 435 Castro-Chilo-Casilla:177- Fono: 065-636132 E-mail: ramalab\_castro@ramalab.cl**  
 Los resultados de los análisis sólo están relacionados con los ítems analizados.  
 Este Informe de Laboratorio no puede ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación escrita de Laboratorio Ramalab



Rev. N° 7

INFORME DE LABORATORIO 172/2012



Acreditación LE 766, LE 767

Phylum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:		
			372	373	374	372	373	374
			Estación			Estación		
			E10	E11	E12	E10	E11	E12
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )		
Annelida	Capitellidae	-		60			0,36	
Annelida	Lumbrineridae	-		10	40		0,19	1,29
Annelida	Maldanidae	-		40			1,23	
Annelida	Nephtyidae	-		10	10		1,63	4,82
Annelida	Terebellidae	-	10				49,25	
Arthropoda	Atelecyclidae	-	10				12,18	
Arthropoda	Pinnotheridae	<i>Pinnixa sp.</i>	10				2,2	
Mollusca	Malletidae	-	10				0,32	
		N° de taxa	4	4	2			
		N° de ejemplares	40	120	50			
		Diversidad (H')	0,60	0,49	0,22			
		Dominancia (D)	0,25	0,38	0,68			
		Uniformidad (J')	1,00	0,81	0,72			

Phylum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:		
			375	376	377	375	376	377
			Estación			Estación		
			E13	E14	E15	E13	E14	E15
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )		
Annelida	Capitellidae	-	10				0,06	
Annelida	Cirratulidae	<i>Chaetozone sp.</i>	10				0,08	
Annelida	Lumbrineridae	-			20			0,2
Annelida	Nephtyidae	-	50	10	30	7,16	3,01	3,65
Annelida	Nereidae	-		10			0,35	
Annelida	Scalibregmidae	-			10			5,45
Annelida	Spionidae	<i>Prionospio orensanzii</i>		10			0,02	
Mollusca	Pectinidae	-		10			2,35	
Mollusca	Ungulinidae	-	10				0,7	
		N° de taxa	4	4	3			
		N° de ejemplares	80	40	60			
		Diversidad (H')	0,47	0,60	0,44			
		Dominancia (D)	0,44	0,25	0,39			
		Uniformidad (J')	0,77	1,00	0,92			

Análisis de Estructura de Comunidades	
Diversidad Shannon-Wiener (H')	(log base 10)
Uniformidad de Pielou (J')	J = H/H <sub>max</sub>
Dominancia de Simpson (D)	D = Σpi <sup>2</sup>



<b>Metodologías:</b> Procedimientos Técnicos del Sistema de Gestión del Laboratorio Ramalab; Plan de muestreo y metodologías de análisis, según la Resolución Ex. N° 3.612/2009 de SSP, o la que la reemplace y el DS N°320/2001 de SSP, o el que lo reemplace.
<b>LABORATORIO RAMALAB E.I.R.L. Los Carrera N° 435 Castro-Chiloé-Casilla:177- Fono: 065-636132 E-mail: ramalab_castro@ramalab.cl</b>
Los resultados de los análisis sólo están relacionados con los ítems analizados. Este informe de Laboratorio no puede ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación escrita de Laboratorio Ramalab.





b).



Rev. N° 7

INFORME DE LABORATORIO 176/2012



Acreditación LE 766, LE 767

MACROFAUNA BENTÓNICA								
Phylum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:		
			378	379	380	378	379	380
			Estación			Estación		
			E1	E2	E3	E1	E2	E3
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )		
Annelida	Maldanidae	-	40			2,15		
Annelida	Nephtyidae	-	40	30		9,99	1,6	
Arthropoda	Ostracoda	-	40	20		0,71	0,05	
Mollusca	Mytilidae	-		20			0,77	
Mollusca	Nassariidae	<i>Nassarius coppingeri</i>		10	100		0,55	7,64
Mollusca	Tellinidae	<i>Macoma inornata</i>			10			0,88
Mollusca	Tindariidae	<i>Tindaria striata</i>			20		1,44	2,03
Mollusca	Veneridae	-			10			21,78
N° de taxa			3	5	4			
N° de ejemplares			120	100	140			
Diversidad (H')			0,48	0,68	0,39			
Dominancia (D)			0,33	0,22	0,54			
Uniformidad (J')			1,00	0,97	0,65			

Phylum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:		
			381	382	383	381	382	383
			Estación			Estación		
			E4	E5	E6	E4	E5	E6
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )		
Annelida	Cirratulidae	<i>Chaetozone sp.</i>	10			0,14		
Annelida	Nephtyidae	-	20			1,13		
Annelida	Scalibregmidae	-	10			1,66		
Mollusca	Mytilidae	-		10	10		0,04	27,64
Mollusca	Nassariidae	<i>Nassarius coppingeri</i>	20	130	80	1,72	23,4	12,4
Mollusca	Nassariidae	<i>Nassarius gayi</i>		10			0,57	
Mollusca	Nuculidae	<i>Wabro parasiticus</i>	40			0,23		
Mollusca	Tellinidae	<i>Macoma inornata</i>	10			1,51		
N° de taxa			6	3	2			
N° de ejemplares			110	150	90			
Diversidad (H')			0,71	0,21	0,15			
Dominancia (D)			0,22	0,76	0,80			
Uniformidad (J')			0,92	0,44	0,50			



**Metodologías:** Procedimientos Técnicos del Sistema de Gestión del Laboratorio Ramalab; Plan de muestreo y metodologías de análisis, según la Resolución Ex. N° 3.612/2009 de SSP, o la que la reemplace y el DS N°320/2001 de SSP, o el que lo reemplace.

**LABORATORIO RAMALAB E.I.R.L. Los Carrera N° 435 Castro-Chiloé-Casilla:177- Fono: 065-636132 E-mail: ramalab\_castro@ramalab.cl**

Los resultados de los análisis sólo están relacionados con los ítems analizados.  
Este Informe de Laboratorio no puede ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación escrita de Laboratorio Ramalab.



Rev. N° 7

INFORME DE LABORATORIO 176/2012



Acreditación LE 766, LE 767

Phylum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:					
			384	385	386	384	385	386			
			Estación			Estación					
			E7	E8	E9	E7	E8	E9			
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )					
Annelida	Cirratulidae	-			40					0,42	
Annelida	Cirratulidae	<i>Chaetozone sp.</i>		40	120		0,29			1,12	
Annelida	Glyceridae	-			10					0,04	
Annelida	Goniadidae	-		10	10		0,03			0,03	
Annelida	Lumbrineridae	-	40	10		1,4	0,01				
Annelida	Maldanidae	<i>Axiotella sp.</i>	10	20		0,48	0,37				
Annelida	Nephtyidae	-	10	10	40	1,21	1,6		1,75		
Annelida	Nereidae	-	10			1,04					
Annelida	Phyllodocidae	-		10	10		0,08			0,07	
Annelida	Scalibregmidae	-	30			2,41					
Arthropoda	Ateleyculidae	-	10			210,45					
Arthropoda	Cirolanidae	-	10			1,26					
Mollusca	Nassariidae	<i>Nassarius coppingeri</i>	60	40	80	5,08	3,2		10,54		
Mollusca	Nuculidae	<i>Waldo parasiticus</i>		20			2,12				
Mollusca	Tindariidae	<i>Tindaria striata</i>		10			0,14				
<b>N° de taxa</b>			8	9	7						
<b>N° de ejemplares</b>			180	170	310						
<b>Diversidad (H')</b>			0,78	0,88	0,69						
<b>Dominancia (D)</b>			0,20	0,16	0,25						
<b>Uniformidad (J')</b>			0,87	0,92	0,81						

Phylum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:					
			387	388	389	387	388	389			
			Estación			Estación					
			E10	E11	E12	E10	E11	E12			
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )					
Annelida	Capitellidae	-		1500	170		16,2		1,15		
Annelida	Cirratulidae	-	80		120		2,05		5,85		
Annelida	Goniadidae	-			10				0,1		
Annelida	Lumbrineridae	-	50		20		1,12		0,62		
Annelida	Maldanidae	-	10				0,01				
Annelida	Nephtyidae	-	20	10	10	2,31	2,7		0,76		
Annelida	Orbinidae	-	10			0,78					
Annelida	Phyllodocidae	-			10				0,72		
Annelida	Spionidae	<i>Prionospio orensanzi</i>	20			0,01					
Arthropoda	Callinassidae	-			20				0,02		
Arthropoda	Phoxocephalidae	-			50				0,07		
Mollusca	Mytilidae	-		10	40		0,07		0,56		
Mollusca	Nassariidae	<i>Nassarius coppingeri</i>	30	150	10	3,01	28,3		0,58		
Mollusca	Nassariidae	<i>Nassarius gayi</i>			10				0,22		
Mollusca	Tellinidae	<i>Macoma inornata</i>		10	10		2,6		2,45		
Mollusca	Tindariidae	<i>Tindaria striata</i>		10	10		0,16		1,85		
<b>N° de taxa</b>			7	6	13						
<b>N° de ejemplares</b>			220	1690	490						
<b>Diversidad (H')</b>			0,74	0,19	0,85						
<b>Dominancia (D)</b>			0,22	0,80	0,20						
<b>Uniformidad (J')</b>			0,87	0,25	0,77						



**Metodologías:** Procedimientos Técnicos del Sistema de Gestión del Laboratorio Ramalab; Plan de muestreo y metodologías de análisis, según la Resolución Ex. N° 3 612/2009 de SSP, o la que la reemplaza y el DS N°320/2001 de SSP, o el que lo reemplaza.

**LABORATORIO RAMALAB E.I.R.L. Los Carrera N° 435 Castro-Chilo-Casilla:177- Fono: 065-636132 E-mail: ramalab\_castro@ramalab.cl**

Los resultados de los análisis sólo están relacionados con los ítems analizados.  
Este Informe de Laboratorio no puede ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación escrita de Laboratorio Ramalab.



INFORME DE LABORATORIO 176/2012



Phyllum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:		
			390	391	392	390	391	392
			Estación			Estación		
			E13	E14	E15	E13	E14	E15
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )		
Annelida	Cirratulidae	-	150	40		3,47	1,57	
Annelida	Nephtyidae	-		10	10			2,32
Annelida	Nereidae	-		50			1,68	
Annelida	Spionidae	<i>Prionospio orensanzi</i>	30			0,14		
Arthropoda	Callinassidae	-	20	20		0,04		
Arthropoda	Ostracoda	-	60			0,27		
Arthropoda	Galatheididae	-			10			11,36
Arthropoda	Hyppolytidae	-	10			0,17		
Arthropoda	Phoxocephalidae	-	180	50		0,8	0,5	
Arthropoda	Urothoidae	<i>Urothoe folcata</i>	40			0,2		
Mollusca	Cultellidae	<i>Ensis macha</i>	20			0,22		
Mollusca	Mytilidae	-		20			1,56	
Mollusca	Nassariidae	<i>Nassarius coppingeri</i>		30			4,59	
Mollusca	Nassariidae	<i>Nassarius gayi</i>		140			40,17	
Mollusca	Nuculidae	<i>Waldo parasticus</i>	20			0,07		
Echinodermata	Echinoidea	<i>Loxechinus sp.</i>		20			23,63	
<b>N° de taxa</b>			9	9	2			
<b>N° de ejemplares</b>			530	380	20			
<b>Diversidad (H')</b>			0,77	0,83	0,30			
<b>Dominancia (D)</b>			0,22	0,20	0,50			
<b>Uniformidad (J')</b>			0,81	0,86	1,00			

Análisis de Estructura de Comunidades	
Diversidad Shannon-Wiener (H')	(log base 10)
Uniformidad de Pielou (J')	J' = H'/H'max
Dominancia de Simpson (D)	D = $\sum p_i^2$





c).



Rev. N° 7

INFORME DE LABORATORIO 179/2012



Acreditación LE 766, LE 767

MACROFAUNA BENTÓNICA								
Phylum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:		
			393	394	395	393	394	395
			Estación			Estación		
			E1	E2	E3	E1	E2	E3
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )		
Annelida	Capitellidae	Capitella sp.			100			1,09
Annelida	Cirratulidae	Chaetozone sp.			200			1,2
Annelida	Glyceridae	-			10			0,04
Annelida	Goniadidae	-			10			0,02
Annelida	Maldanidae	-			50			2,37
Annelida	Nephtyidae	-			10			0,74
Annelida	Nephtyidae	Aglophamus sp.		10			0,84	
Annelida	Nereidae	-	10			0,18		
Arthropoda	Callinassidae	-		10	10		0,01	0,01
Arthropoda	Ostracoda	-		20			0,59	
Arthropoda	Phoxocephalidae	-		40	30		0,04	0,02
Arthropoda	Urothoidae	Urothoe folcata		80			0,16	
Mollusca	Cutellidae	Ensis macha		30			0,35	
Mollusca	Mytilidae	-	450	10	20	16,22	0,37	1,92
Mollusca	Nassariidae	Nassarius coppingeri	10	20	10	0,51	1,65	0,69
Mollusca	Nuculidae	Wakio parasticus		30			0,57	
Mollusca	Tellinidae	Macoma inornata			10			0,46
Mollusca	Tindariidae	Tindaria striata		10			0,1	
Nemertea	Lineidae	Lineus sp.			10			0,36
N° de taxa			3	10	12			
N° de ejemplares			470	260	470			
Diversidad (H')			0,09	0,89	0,79			
Dominancia (D)			0,92	0,16	0,25			
Uniformidad (J')			0,19	0,89	0,73			

Phylum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:		
			396	397	398	396	397	398
			Estación			Estación		
			E4	E5	E6	E4	E5	E6
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )		
Annelida	Capitellidae	-	50	450	60	0,55	7,64	0,46
Annelida	Lumbrineridae	-			10			0,03
Annelida	Nephtyidae	-			40			8,93
Annelida	Scalibregmidae	-			10			1,11
Annelida	Terebellidae	-			10			14,98
Arthropoda	Callinassidae	-			20			0,01
Arthropoda	Ischyroceridae	-	10			0,31		
Arthropoda	-	Pinnixa sp.			10			1,39
Mollusca	Mytilidae	-	90	150	30	21,62	6,83	0,15
Mollusca	Nassariidae	Nassarius coppingeri	150			6,56		
Mollusca	Tellinidae	Macoma inornata			40			7,21
N° de taxa			4	2	9			
N° de ejemplares			300	600	230			
Diversidad (H')			0,49	0,24	0,86			
Dominancia (D)			0,37	0,63	0,16			
Uniformidad (J')			0,81	0,81	0,90			



**Metodologías:** Procedimientos Técnicos del Sistema de Gestión del Laboratorio Ramalab; Plan de muestreo y metodologías de análisis, según la Resolución Ex. N° 3.612/2009 de SSP, o la que la reemplace y el DS N° 320/2001 de SSP, o el que lo reemplace.

**LABORATORIO RAMALAB E.I.R.L., Los Carrera N° 435 Castro-Chiloé-Casilla:177- Fono: 065-636132 E-mail: ramalab\_castro@ramalab.cl**

Los resultados de los análisis sólo están relacionados con los ítems analizados.  
Este informe de Laboratorio no puede ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación escrita de Laboratorio Ramalab.





Rev. N° 7

INFORME DE LABORATORIO 179/2012



Acreditación LE 766, LE 767

Phylum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:		
			399	400	401	399	400	401
			Estación			Estación		
			E7	E8	E9	E7	E8	E9
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )		
Annelida	Capitellidae	<i>Capitella sp.</i>		150	120		0,25	0,22
Annelida	Cirratulidae	<i>Chaetozone sp.</i>			70			0,08
Annelida	Lumbrineridae	-		30			0,06	
Annelida	Maldanidae	-		20			0,62	
Arthropoda	Atelecyclidae	<i>Peltarion sp.</i>		10			96,1	
Mollusca	Mytilidae	-		10	10		0,02	0,05
Mollusca	Nassariidae	<i>Nassarius coppingeri</i>	10	70	50		0,03	6,3
N° de taxa			1	6	4			
N° de ejemplares			10	290	250			
Diversidad (H')			0,00	0,58	0,50			
Dominancia (D)			1,00	0,34	0,35			
Uniformidad (J')			****	0,75	0,84			

Phylum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:		
			402	403	404	402	403	404
			Estación			Estación		
			E10	E11	E12	E10	E11	E12
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )		
Annelida	Capitellidae	-	320	70	60	2,25	0,45	0,36
Annelida	Cirratulidae	-		100			0,91	
Annelida	Cirratulidae	<i>Chaetozone sp.</i>		70			0,22	
Annelida	Nephtyidae	-			10			1,14
Annelida	Sabellidae	-		10	10		0,45	0,25
Mollusca	Cultellidae	<i>Ensis macha</i>			10			0,01
Mollusca	Mytilidae	-	270	10	10	37,13	0,12	3,63
Mollusca	Nassariidae	<i>Nassarius coppingeri</i>	180	30		21,92	4,32	
Mollusca	Nuculidae	<i>Waldo parasiticus</i>			10			0,01
N° de taxa			3	6	6			
N° de ejemplares			770	290	110			
Diversidad (H')			0,47	0,66	0,62			
Dominancia (D)			0,35	0,25	0,34			
Uniformidad (J')			0,98	0,85	0,79			



**Metodologías:** Procedimientos Técnicos del Sistema de Gestión del Laboratorio Ramalab; Plan de muestreo y metodologías de análisis, según la Resolución Ex. N° 3.612/2009 de SSP, o la que la reemplace y el DS N°320/2001 de SSP, o el que lo reemplace.

**LABORATORIO RAMALAB E.I.R.L. Los Carrera N° 435 Castro-Chiloé-Casilla:177- Fono: 065-636132 E-mail: ramalab\_castro@ramalab.cl**

Los resultados de los análisis sólo están relacionados con los ítems analizados.  
Este Informe de Laboratorio no puede ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación escrita de Laboratorio Ramalab.



Rev. Nº 7

INFORME DE LABORATORIO 179/2012



Acreditación LE 766, LE 767

Phylum	Familia	Nombre científico	Clave interna:			Clave interna:		
			405	406	407	405	406	407
			Estación			Estación		
			E13	E14	E15	E13	E14	E15
			Abundancia (Ind/m <sup>2</sup> )			Biomasa (g/m <sup>2</sup> )		
Annelida	Capitellidae	-	20			0,03		
Annelida	Cirratulidae	<i>Cirratulus sp</i>		40			3,3	
Annelida	Cirratulidae	<i>Cirriiformia sp</i>			20			1,32
Annelida	Goniadidae	-	10		10	0,01		0,01
Annelida	Lumbrineridae	-	10	10		0,03	0,02	
Annelida	Maldanidae	-			10			0,02
Annelida	Nephtyidae	-			10			0,02
Arthropoda	Ostracoda	-	10			0,01		
Mollusca	Nassariidae	<i>Nassarius coppingeri</i>	80	50	20	8,01	8,26	2,63
Mollusca	Nassariidae	<i>Nassarius gayi</i>	30		90	8,35		23,56
Mollusca	Nuculidae	<i>Wakto parasiticus</i>	30	10	30	0,15	0,07	0,01
Mollusca	Tindariidae	<i>Tindaria striata</i>			60		7,76	
Mollusca	Trochidae	-		10	10		0,29	1,25
Mollusca	Veneridae	<i>Tawera gayi</i>	160			27,32		
Mollusca	Veneridae	<i>Protothaca thaca</i>	10			5,53		
Nemertea	Lineidae	<i>Lineus sp.</i>	10			1,1		
<b>Nº de taxa</b>			10	6	8			
<b>Nº de ejemplares</b>			370	180	200			
<b>Diversidad (H')</b>			0,76	0,67	0,74			
<b>Dominancia (D)</b>			0,25	0,25	0,26			
<b>Uniformidad (J')</b>			0,76	0,86	0,82			

Análisis de Estructura de Comunidades	
Diversidad Shannon-Wiener (H')	(log base 10)
Uniformidad de Pielou (J')	J= H'/H'max
Dominancia de Simpson (D)	D= 1/Σpi <sup>2</sup>



**Metodologías:** Procedimientos Técnicos del Sistema de Gestión del Laboratorio Ramalab, Plan de muestreo y metodologías de análisis, según la Resolución Ex. Nº 3.612/2009 de SSP, o la que la reemplace y el DS Nº320/2001 de SSP, o el que lo reemplace.

**LABORATORIO RAMALAB E.I.R.L. Los Carrera Nº 435 Castro-Chiloé-Casilla:177- Fono: 065-636132 E-mail: ramalab\_castro@ramalab.cl**

Los resultados de los análisis sólo están relacionados con los ítems analizados.  
Este Informe de Laboratorio no puede ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación escrita de Laboratorio Ramalab.





### Anexo 3.9.

Lista de asistentes al Taller de Presentación de Resultados realizado en Puerto Montt el 20 de diciembre de 2012.



Taller de presentación de resultados del proyecto: "Determinación y evaluación de los componentes presentes en las pinturas anti-incrustantes utilizadas en la acuicultura, sus efectos y acumulación en sedimentos marinos de la X región de Los Lagos (Primera Parte)"

Nº	NOMBRE	INSTITUCIÓN/EMPRESA	CORREO ELECTRÓNICO/TELÉFONO
1	Sergio Garcia	VENTIS PUELOS	SGARC.9@VENTISPUEOS.CL
2	JUAN C. VERA	REDES QUELLON	JCVERA@REDESQUELLON.CL
3	Elizaveta Ruiz	SOLIGUAU, CHILE	elizaveta.ruiz@soliguau.cl
4	Alexandre Juan Martin	Badiotti	asanmartin@badiotti.com
5	Patricio Eugenio B.	HOUDING AND TRADING S.A.	peugeniob@houding-trading.cl
6	JUAN CARLOS CHACABURO A	INGRED LTDA	JCHACABURO@INGRED.CL
7	Alejandro Oyarzun R.	AKVAGROUP	AOYARZUN@AKVAGROUP.COM
8	Jorge Sorrensen P.	Finanzierung Ltd	jorge_sorrensen@finanzierung.cl
9	Máximo Ascencio T.	Taller Kaweshtkei	maxencio@kaweshtkei.cl
10	PATRICIO HURTADO FLORES	SERNAPESCA	PHURTADO@SERVAPESCA.CL
11	ARTURO GAMONAL	EURONETE	comercialch@euronetesud.com
12	Luís Toledo Gallardo	L.T.G.	Torgacultivos@ltpi.cl
13	Andrés Ignacio	AMS S	SIBAR@AUSTELIS-SS.COM
14	Pablo Navarro	POUSCAN	pnavarro@pouscan.cl
15	Hernán Cortés	IFOP	hernanlo.cortez@ifop.cl
16	MARCO DIAZ R	MARMAU	marcodiaz@marmau.cl
17	PATRICIO STEFFEN A.	SUBPESCA	patricio.steffen@gmail.com
18	Soledad Zarzoza	ATARED	info@atared.cl
19	Leonardo Guzmán	IFOP	leonardo.guzman@ifop.cl
20	Carolina Oyarzún	IFOP	carolina.oyarzun@ifop.cl
21	ELIAS PIMILTA M.	IFOP	Elias.Pimilta@ifop.cl
22	Yesica Arán	IFOP	yesica.aran@ifop.cl
23	Rodrigo Vera	IFOP	RODRIGOVERA@IFOP.CL
24	Mauricio L'Huissier	MHC	Mauricio.lhuissier@mermet.com
25	Felton Ragnerson	MHC	felton.ragnerson@mermet.com
26	Kevin Schupnisse R	Mermet	kevin.schupnisse@mermet.com
27	Geysi Urrutia G.	Multixport Foods	geysi@multixportfoods.com
28	Hilda Cortés	Laboratorio Biotec	hildacort@biotec.cl
29	GERMAN CRANOVA	ATARED	
30	MARINA OYARZUN V.	IFOP	marina.oyarzun@ifop.cl

### Anexo 3.10



Oficio remitido por Sercotec X Región de Los lagos, Chile.



Santiago, 24 de Septiembre de 2012  
G.G. N° 229 / 108042212

Señor  
Rodrigo Vera Sepúlveda  
La Gaditana N° 221  
**VALDIVIA**  
Región de Los Ríos

De mi consideración:

En relación al requerimiento formulado en el marco de la Ley N° 20.285, Formulario AH006W-0000311, informamos a usted que nuestros registros de empresas son de acuerdo a su actividad económica detallada en forma genérica, por lo que no contamos con un registro de empresas que se dediquen específicamente a la impregnación con pinturas anti-incrustantes en Chile.

Lo anterior da cumplimiento a lo establecido en los artículos 14 y 15 de la Ley N° 20.285, sobre "Transparencia de la Función Pública y de Acceso a la Información de la Administración del Estado", dentro del plazo legal establecido.

Saluda atentamente a usted,

  
**JOSÉ LUIS URIARTE CAMPOS**  
GERENTE GENERAL



Servicio de Cooperación Técnica,  
SERCOTEC  
Huérfanos 1117, Piso 9, Santiago, Chile  
Fono Mesa Central (56+2) 675 4300  
[www.sercotec.cl](http://www.sercotec.cl)



### Anexo 3.11

Informe de análisis de metales metales (mg/kg) en alimento de peces para la fase marina (Metodología AOAC 968.08, Laboratorio CESMEC).



Una Empresa Bureau Veritas

#### INFORME DE ENSAYO SAF-35920

Solicitante : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO Orden de Trabajo: 394567  
Dirección : Avenida Balmaceda N°252 – Puerto Montt  
Atención Sr. : Rodrigo Vera Fecha de Emisión: 10.01.2013  
DIVISION QUIMICA Y ALIMENTOS SANTIAGO

#### ANTECEDENTES

Cesmec S.A. ha efectuado ensayos, según se detalla a continuación:

Tipo de muestras : Alimentos  
Número de muestras : 2

#### IDENTIFICACION MUESTRAS

M1	Alimento para Peces en pellet
M2	Alimento para Peces en pellet

#### METODOLOGÍAS

Ensayo	Metodología	Fecha y Hora de Inicio	Fecha y hora de Término
Cobre	AOAC 968.08	18-12-2012 10:40	10-01-2013 10:30
Zinc	AOAC 968.08	18-12-2012 10:40	10-01-2013 10:30
Estaño	AOAC 968.08	18-12-2012 10:40	10-01-2013 10:30
Cadmio	AOAC 968.08	18-12-2012 10:40	10-01-2013 10:30
Plomo	AOAC 968.08	18-12-2012 10:40	10-01-2013 10:30
Aluminio	AOAC 968.08	18-12-2012 10:40	10-01-2013 10:30

#### RESULTADOS

Ensayo	M1	M2
Cobre, mg/kg	9,2	14
Zinc, mg/kg	156	147
Estaño, mg/kg	< 5	< 5
Cadmio, mg/kg	< 0,5	< 0,5
Plomo, mg/kg	< 1	< 1
Aluminio, mg/kg	62	60

Nota:

Los resultados obtenidos son válidos sólo para la muestra analizada, la cual fue proporcionada por el solicitante.

Eugenia Barros M.  
Jefe Departamento  
División Química y Alimentos

Nota importante al reverso

SANTIAGO ARICA IQUIQUE ANTOFAGASTA CALAMA COPIAPO TALCAHUANO PTO. MONTT PTA. ARENAS

Página 1 de 1

# **A N E X O 4**

---

Personal Participante





A continuación se presenta una reseña cronológica de actividades desarrolladas por el equipo ejecutor en el marco del Proyecto Subpesca 4728-46-LP12.

#### Anexo 4.1.

Reuniones de coordinación e intercambio técnico.

FECHA	LOCALIDAD	ACTIVIDAD	HORA	PROFESIONAL(ES) INVOLUCRADO(S)
24-07-2012	Chonchi	Aplicación encuesta a empresa salmonera Invermar S.A.	11:00 – 12:30	Marina Oyarzún (IFOP) Leonardo Gallardo (Jefe de Redes)
27-07-2012	Quellón	Aplicación encuesta a empresa salmonera Salmones Pacific Star S.A.	12:00 – 13:00	Marina Oyarzún (IFOP) Fredy Flores (Jefe de Redes)
30-07-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa salmonera Salmones Aysen S.A.	9:00 – 10:00	Marina Oyarzún (IFOP) Rodrigo Rojas (Jefe de Redes)
09-08-2012	Dalcahue	Aplicación encuesta a empresa salmonera Multiexport Foods S.A.	15:00 – 16:00	Marina Oyarzún (IFOP) Alexis Bolados (Jefe de Redes)
30-07-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa salmonera Mainstream Chile S.A.	10:00 – 11:00	Marina Oyarzún (IFOP) Francisco Calvetti (Jefe de Redes)
30-07-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa salmonera Salmones Camanchaca S.A.	15:30 – 16:30	Marina Oyarzún (IFOP) Luis Poblete (Jefe de Redes)
23-07-2012	Chonchi	Aplicación encuesta a empresa salmonera Holding And Trading S.A.	16:00 – 17:00	Marina Oyarzún (IFOP) Patricio Eugenin (Jefe de Redes)
09-08-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa salmonera Pesquera Los Fiordos S.A.	10:30 – 11:30	Marina Oyarzún (IFOP) Patricio Correa (Jefe de Redes)
26-08-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa salmonera Aquachile S.A.	15:00 – 16:00	Marina Oyarzún (IFOP) Günther Müller (Jefe de Redes)
13-08-2012	Quellón	Aplicación encuesta a empresa salmonera Granja Marina Tornagaleones S.A.	10:00 – 11:00	Marina Oyarzún (IFOP) Andrea Arriagada (Jefe de Redes)
20-08-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa salmonera Cultivos Marino Chiloé S.A.	11:00 – 12:00	Marina Oyarzún (IFOP) José Cordova (Jefe de Redes)
20-08-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa salmonera Salmones Blumar S.A.	15:00 – 16:00	Marina Oyarzún (IFOP) Héctor Aubel (Jefe de Redes)
21-08-2012	Contacto telefónico (Coyhaique)	Aplicación encuesta a empresa salmonera Salmones Iceval LTDA.	9:00	Marina Oyarzún (IFOP) Mauricio Balbi (Jefe de Redes)
27-07-2012	Quellón	Aplicación encuesta a empresa salmonera Salmones Yadrán S.A.	12:00 – 14:00	Marina Oyarzún (IFOP) Leopoldo Strika (Jefe de Redes)
30-08-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa salmonera Ventisqueros	10:00 – 11:00	Marina Oyarzún (IFOP) Sergio García (Jefe de Redes)



**Anexo 4.1. (Continuación).**

FECHA	LOCALIDAD	ACTIVIDAD	HORA	PROFESIONAL(ES) INVOLUCRADO(S)
21-08-2012	Correo electrónico (Puerto Montt)	Aplicación encuesta a empresa salmonera Salmones Cupquelan	10:00	Marina Oyarzún (IFOP) Carlos Valderrama (Jefe de Redes)
27-07-2012	Quellón	Aplicación encuesta a empresa de redes Redes Quellón LTDA.	15:00 - 16:00	Marina Oyarzún (IFOP) Juan Carlos Vera (Jefes Redes)
30-07-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa salmonera Salmones Magallanes	17:00 – 18:00	Marina Oyarzún (IFOP) Claudio Vergara (Jefe de Redes)
31-07-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa salmonera Salmones Humboldt	9:00 – 10:00	Marina Oyarzún (IFOP) Ariel Pérez (Jefe de Redes)
13-08-2012	Curaco de Vélez	Aplicación encuesta a empresa de redes Aceredes	11:00 – 12:00	Marina Oyarzún (IFOP) Gesica Aroca (IFOP) Yaneth Cárdenas (Gerente General)
16-08-2012	Chonchi	Aplicación encuesta a empresa de redes Salmonet S.A.	11:30 – 12:30	Marina Oyarzún (IFOP) Iván Cárcamo (Jefe de Insumos)
18-08-2012	Sector Lago Chapo	Aplicación encuesta a empresa de redes Servasur LTDA.	11:00 – 12:00	Marina Oyarzún (IFOP) Rodrigo Quintanilla (Gerente Producción)
22-08-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa de redes Aquaglobal SPA	17:00 – 18:00	Marina Oyarzún (IFOP) Daniel Catalán (Gerente General)
23-08-2012	Puerto Varas	Aplicación encuesta a empresa salmonera Salmones Australis Mar S.A.	16:00 – 17:00	Marina Oyarzún (IFOP) Segundo Igor (Jefe de Redes)
23-08-2012	Puerto Varas	Aplicación encuesta a empresa salmonera Salmones Acuinova	14:00 – 15:00	Marina Oyarzún (IFOP) Alonso Valenzuela (Jefe de Redes)
24-08-2012	Correo electrónico (Chacabuco)	Aplicación encuesta a empresa salmonera Salmones Frio Sur	9:00	Marina Oyarzún (IFOP) Eduardo Arapia (Jefe de Redes)
28-09-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa de redes Kaweshkar	14:00 - 15:00	Marina Oyarzún (IFOP) Mauricio Asencio (Gerente de Producción)
29-08-2012	Dalcahue	Aplicación encuesta a empresa salmonera Salmones Antartica S.A.	12:00 – 13:00	Marina Oyarzún (IFOP) César Mansilla (Asistente de Redes)
30-08-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa de redes Redes E.B.H.	12:00 – 13:00	Marina Oyarzún (IFOP) Germán Casanova (Gerente de Producción)
30-08-2012	Camino Tepual - Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa de redes Ingered	11:00 – 13:00	Marina Oyarzún (IFOP) Cristian Huenopil (Jefe Taller Redes)





**Anexo 4.1. (Continuación).**

FECHA	LOCALIDAD	ACTIVIDAD	HORA	PROFESIONAL(ES) INVOLUCRADO(S)
30-08-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa de redes Badinotti CHILE S.A.	12:30 – 13:30	Marina Oyarzún (IFOP) Andrés Díaz (Ventas)
04-09-2012	Changuitad-Curaco de Vélez	Coordinación de muestreos in situ en centro de cultivo Salmones Antartica S.A.	14:00 – 17:00	Marina Oyarzún (IFOP) Rodrigo Vera (IFOP) René Vásquez (Asistente de Centro)
05-09-2012	Puerto Montt	Aplicación encuesta a empresa de redes Nisa S.A.	12:00 – 13:00	Marina Oyarzún (IFOP) Luis Andrade (Gerente Producción)
05-09-2012	Mauilín	Aplicación encuesta a empresa de redes Redmar LTDA.	11:00 – 12:00	Marina Oyarzún (IFOP) Alvaro Aguilar (Jefe de Taller)
03-10-2012	Contacto telefónico (Osorno)	Aplicación encuesta a empresa salmonera Salmones Caleta Bay S.A.	17:00	Marina Oyarzún (IFOP) Enzo Casahuerta (Jefe de Redes)
05-10-2012	Centro IFOP- Putemún	Presentación de empresa Marmau LTDA. de nuevas tecnologías en la fabricación de redes loberas y peceras que no necesitan pinturas AF.	10:00-13:00	Vladimir Murillo (IFOP) Rodrigo Vera (IFOP) Marina Oyarzún (IFOP) Gesica Aroca (IFOP) Mauricio Moya (Ventas y Asesor Comercial MARMAU)
11 y 12-10-2012	Puerto Varas	Conferencias VI Feria Internacional De Acuicultura Aquasur 2012	9:00 – 19:00	Rodrigo Vera (IFOP)
12-10-2012	Puerto Montt	Visita Exposición VI Feria Internacional De Acuicultura Aquasur 2012 (Stand Pinturas anti-incrustantes y Redes)	10:00-14:00	Carolina Oyarzo (IFOP) Gesica Aroca (IFOP)
15 al 17 - 11-12	Curaco de Velez, Isla Lin lin e Isla Llingua	Muestreo de sedimentos para análisis de metales pesados Centros de cultivos salmones Antártica y Ventisqueros.	9.00 – 21:00	Rodrigo Vera (IFOP) Pablo Solis (Jefe de Centro) Victor Vargas (Jefe de Centro)
7-12-12	Centro I-Mar, Universidad de Los Lagos, Puerto Mobntt	Seminario “Evaluación comparativa de riesgo ecotoxicológico de aplicaciones de cobre en salmonicultura”	9:30 – 11:30	Rodrigo Vera (IFOP) Carolina Oyarzo (IFOP) Juan Correa (PUC)

# **A N E X O 5**

---

Base de Datos (CD)



**Anexo 5.1.**

Mediciones de CTD registradas el 22 de octubre de 2012 en 22 estaciones de Chiloé Central.

**CTD22PAINT.TXT.**





---

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO**

Sección Ediciones y Producción

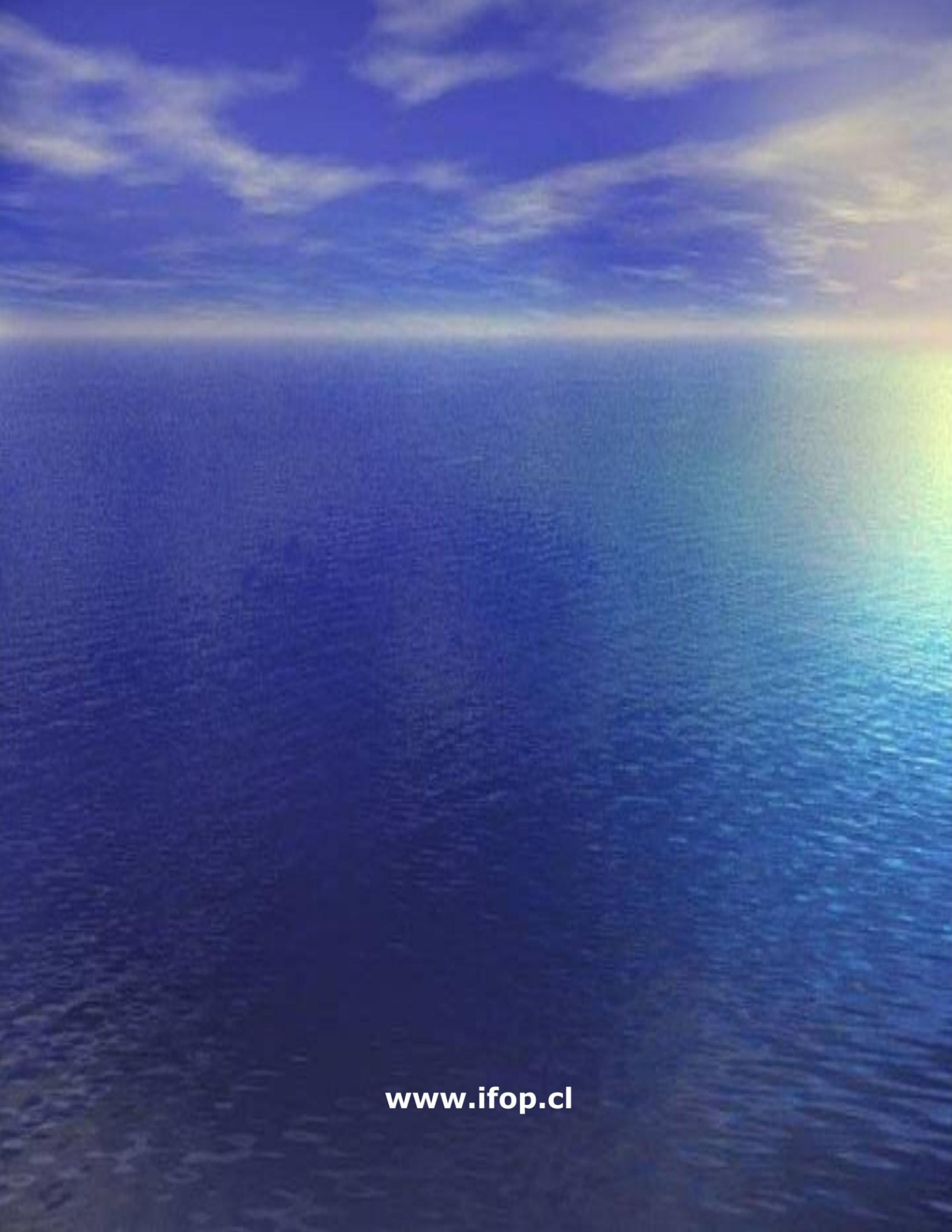
Almte. Manuel Blanco Encalada 839

Fono 56-32-2151500

Valparaíso, Chile

[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)

---



[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)