

Otras actividades que se desarrollan en el área son:

Áreas Protegidas o parques

Santuario de la Naturaleza Carlos Andwanter (Sitio RAMSAR). Creado el 3 de junio 1981, en la Región de los ríos bajo el D.S. N° 2734 del Ministerio de Educación. El 27 de julio del mismo año fue declarado Sitio RAMSAR Ministerio de Bienes Nacionales. Es un estuario marino costero con influencia oceánica. Tiene una superficie de 4.877 hectáreas, que corresponde al sector terminal del río Cruces. En este santuario se han registrado 119 especies residentes en el humedal y las zonas aledañas, como cisnes de cuello negro, taguas, cisne coscoroba, cuervo del pantano, etc.

Áreas de pesca recreativa

| <u>Nombre club</u> | <u>Dirección</u> |
|---|---|
| Agrupación de Guías Turísticos de Choshuenco | Choshuenco |
| Asociación de Deportes Submarinos de Valdivia | Arauco 989 - Valdivia |
| Club de Deportes Submarinos Orcasub | Alonso Villanueva-Pje.7-Casa 3287 |
| Club de Pesca y Caza de Futrono | Balmaceda 114-Futrono |
| Club de Pesca y Caza Lago Ranco | Casilla 320-Lago Ranco |
| Club de Pesca y Caza Lican Ray | Calle Rafael Mera N° 10 ó N° 19, Villarrica |
| Club de Pesca y Caza Paillaco | Vicuña Mackena N° 149, Paillaco |
| Club de Pesca y Caza Quilalefu de Coñaripe | Coñaripe |
| Club de Pesca y Caza Río Lingue | Mariquina 1510-San José de La Mariquina |
| Club de Pesca y Caza Ríos del Sur | Arauco 159-Of.306 Edificio Zerene-Valdivia |
| Club de Pesca, Caza y Lanzamiento "Amancay" | Panguipulli |
| La Vaguada - Fly Fishing, Outdoors and Outfitters | Valdivia |
| Rama de Pesca Deportiva UACH | Independencia 460-Valdivia |

Estas actividades se desarrollan a lo largo de toda la cuenca del río Valdivia, desde áreas de las zonas más altas, como el Río San Pedro. En la comuna de Panguipulli más cerca de la zona cordillerana se desarrolla pesca recreativa ya que corresponde a la zona más atractiva para desarrollar esta actividad. Otras zonas preferentes para la pesca deportiva aparte de las indicadas en la tabla, son también el Río Enco, Liquiñe, San Pedro, Lago Riñihue y otras zonas cordilleranas de la misma cuenca. En general se puede decir que toda la cuenca del Río Valdivia constituye un lugar atractivo para el desarrollo de esta actividad.

ACTIVIDADES DE ACUICULTURA

En cuanto a las actividades de acuicultura en el sector de la cuenca del río Valdivia, el Departamento de Acuicultura de la Subsecretaría de Pesca posee registros de centros de cultivo de mitílidos, algas y peces, que se detallan a continuación:

| Titular | estado | Especies de cultivo | Información Ambiental (INFA) |
|----------------------------------|--|---------------------|------------------------------|
| Eliazar Muñoz | Vigente | Mitílidos | - |
| Piscicultua Aquasan SA | Vigente | Piscicultura | si |
| Daniel Muñoz | En causal de caducidad | | |
| Cesar Medina | Vigente | Mitílidos | - |
| Sindicato de Niebla | En causal de caducidad | | |
| Marco Ide | Otorgada el 2004 y queda sin efecto 2005 | | |
| Cultivos Isla del Rey | En causal de caducidad | | |
| Granja Marina Tornagaleones | Vigente | Salmónidos | si |
| Centro de estudios agrarios Ltda | En causal de caducidad | | |
| José Flores | En causal de caducidad | | |
| Jaime Flores | En causal de caducidad | | |
| Granja Marina Tornagaleones | Vigente | Mitílidos | si |
| Sindicato de Mancera | Caducada | | |
| Werner Konow | Caducada | | |
| Bernardo Reyes | En causal de caducidad | | |
| Luis Pino | En causal de caducidad | | |
| Federación Provincial del Sur | Recurso reclamación por caducidad | | |
| Barrientos | Caducada | | |

La Figura N°2 muestra la ubicación de las concesiones de acuicultura, diferenciándose los cultivos de salmónidos, mitílidos y algas, además se indican las Áreas Aptas para la Acuicultura (AAA). En cuanto a los registros de las solicitudes de acuicultura ingresadas a la Subsecretaría de Pesca, la Figura N°3 muestra la ubicación de éstas.

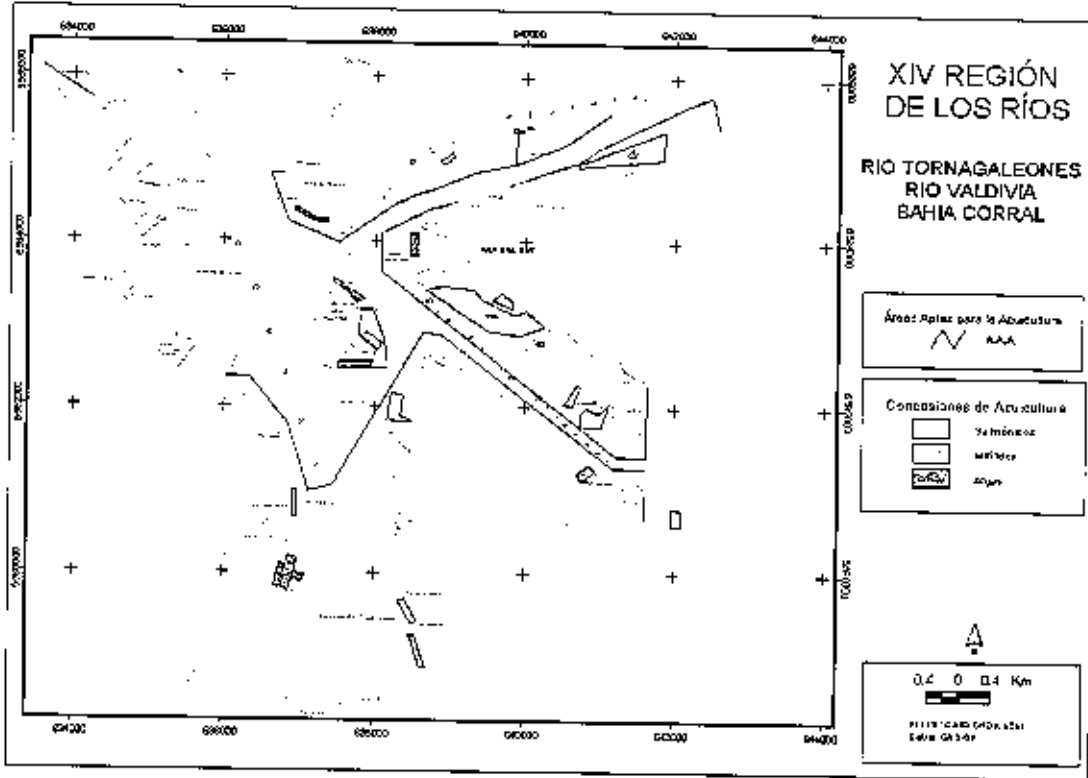


Figura N°2: Ubicación y espacio utilizado por concesiones de Acuicultura y AAA (línea azul).

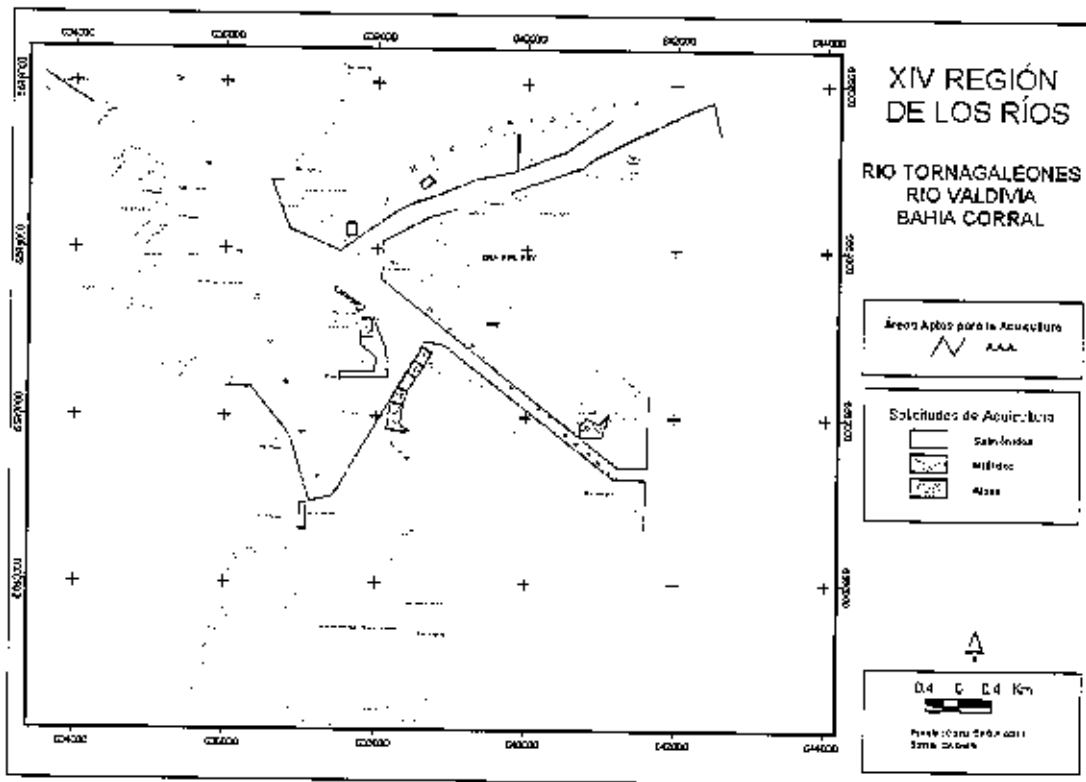


Figura N°3: Ubicación y espacio de las solicitudes de Acuicultura y AAA (línea azul).



GOBIERNO DE CHILE
CONAMA
REGIÓN DE LOS RÍOS

ACTA

Reunión 11 de noviembre de 2009

Comité Operativo NSCA para la protección
de las aguas de la cuenca del río Valdivia

El día miércoles 11 de noviembre de 2009, entre las 15:30 y 18:30 hrs. se realizó en la ciudad de Valdivia, la octava reunión del Comité Operativo de estas normas. Teniendo como objetivos principales presentar los resultados obtenidos en el primer Informe de Avance del Estudio "Aproximación Ecotoxicológica y Evaluación de Riesgo Ecológico Teórico en apoyo a la elaboración del Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia".

A continuación se presenta la lista de asistencia

| 1.- Asistencia | | | |
|-------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|
| Asistentes | | | |
| Comité Operativo | | | |
| Nombre | Institución | Fono | e-mail |
| Viviana Bustos | DGA | 332520 | Viviana.bustos@mop.gov.cl |
| Sonia Mena | DGA | 02-4493739 | sonia.mena@mop.gov.cl |
| Verónica Esparza | SISS | 256350 | vezparza@sis.cl |
| Leonardo Espinoza | CONADI | 311503 | lespinoza@conado.gov.cl |
| Agnes Ewert | CNR | 064-486428 | aewert@cnr.gob.cl |
| Flor Uribe | SUBPESCA | 032-2502765 | furibe@subpesca.cl |
| Jimena Trujillo | SEREMI MOP | 332532 | Jimena.trujillo@mop.gov.cl |
| José Velázquez | Seremi de Salud-Aut. Sanitaria | 265121 | Jose.velazquez@redsalud.gov.cl |
| Mauricio Mella | SERNAGEOMIN | 65-233856 | mmella@semageomin.cl |
| Germán Krause | Seremi Agricultura | 63-225457 | German.krause@minagri.cl |
| CONAMA | | | |
| Juan Cerpa M | CONAMA | 63-239204 | jcerpa.14@conama.cl |
| Silvia Benitez F | CONAMA | 63-239204 | sbenitez.14@conama.cl |

| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO | | | |
|--------------------------------|-----|----------|-------------------------------|
| Francisco Encina | UCT | 98173304 | fencina@uot.cl |
| Amerindia Jaramillo | UCT | 98173304 | Amerindia.jaramillo@gmail.com |

Inasistentes:

- Gobernación Provincial de Valdivia, Región de los Ríos.
- Dirección Regional de Obras Hidráulicas, Región de Los Ríos.
- Secretaría Regional Ministerial de Economía, Fomento y Reconstrucción, Región de los Ríos.
- Secretaría Regional Ministerial de Planificación y Cooperación, Región de los Ríos.
- SERNATUR, Región de los Ríos.

2.- Temas Tratados

2.1- Presentación Informe de Avance

Exposición: Informe de Avance "Aproximación Ecotoxicológica y Evaluación de Riesgo Ecológico en apoyo a la elaboración del Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia"

Expositor. Dr. Francisco Encina

En dicha exposición el Dr. Francisco Encina explicó a los asistentes el valor de la inclusión de la Evaluación de Riesgo Ecológico como instrumento de gestión ambiental para la protección de los recursos naturales, indicando además que es un instrumento ampliamente utilizado en especial para la autorización de nuevos productos fitosanitario, tanto por la EPA como por la CEE (Comunidad Económica Europea). Además, realizó una síntesis de la información recopilada hasta el momento caracterizando con ello a la estructura comunitaria presente en el Santuario de la naturaleza Carlos Anwandter.

2.2- Incorporación Antecedentes

Con el objetivo de analizar la información que los servicios públicos pueden poner a disposición de la elaboración de las normas secundarias de calidad ambiental y específicamente en la elaboración del estudio que se está licitando se realizó la siguiente exposición:

SUBPESCA

Expositor. Flor Uribe,

En dicha exposición se indicó el tipo de información con que cuenta el SUBPESCA para la cuenca del río Valdivia, entre la que se destaca: la caracterización de los sedimentos de acuerdo a su pH y potencial redox. Información relevante contenida en los Informes Ambientales (INFA) requeridos por esta institución a las actividades de acuicultura.

La reunión concluye a las 18:30 hrs.

ACTIVIDADES DE ACUICULTURA Y

Flor Uribe R.
Departamento de Acuicultura
Subsecretaría de Pesca

Información para la elaboración de la NSCA Cuenca del
río Valdivia

Valdivia, 11 de noviembre de 2009

Subsecretaría de Pesca

De acuerdo a la información disponible, el Departamento de Pesquerías de la Subsecretaría de Pesca registra las siguientes actividades en el sector:

- 7 Caletas de pesca artesanal.
- 5 AMERBs: Punta La Misión; Los Molinos A; Los Molinos B; Punta Ñunpulli; Amargos. Principalmente extraen lapas, erizos y locos, entre otros recursos.
- Áreas Protegidas o parques: Santuario de la Naturaleza Carlos Andwanger (Sitio RAMSAR, declarado el 27 de julio de 1981 por el Ministerio de Bienes Nacionales).

Subsecretaría de Pesca

- Áreas de pesca recreativa: se registran 13 clubes, que desarrollan sus actividades a lo largo de toda la cuenca del río Valdivia, desde las zonas más altas (río San Pedro).
- Espacio Costero Marino de Pueblos Originarios Raiyen – Mawida: Ley N° 20.249/2008, crea ECMPO, para resguardar el uso ancestral de los pueblos originarios en estos sitios (Art. N°3). En feb de 2009 ingresa a trámite a la SSP la solicitud para crear el ECMPO Raiyen – Mawida, ubicada adyacente a la cuenca del Río Valdivia, ocupando uno de sus brazos. Este espacio fue solicitado aludiendo al uso consuetudinario de las comunidades aledañas.

Subsecretaría de Pesca

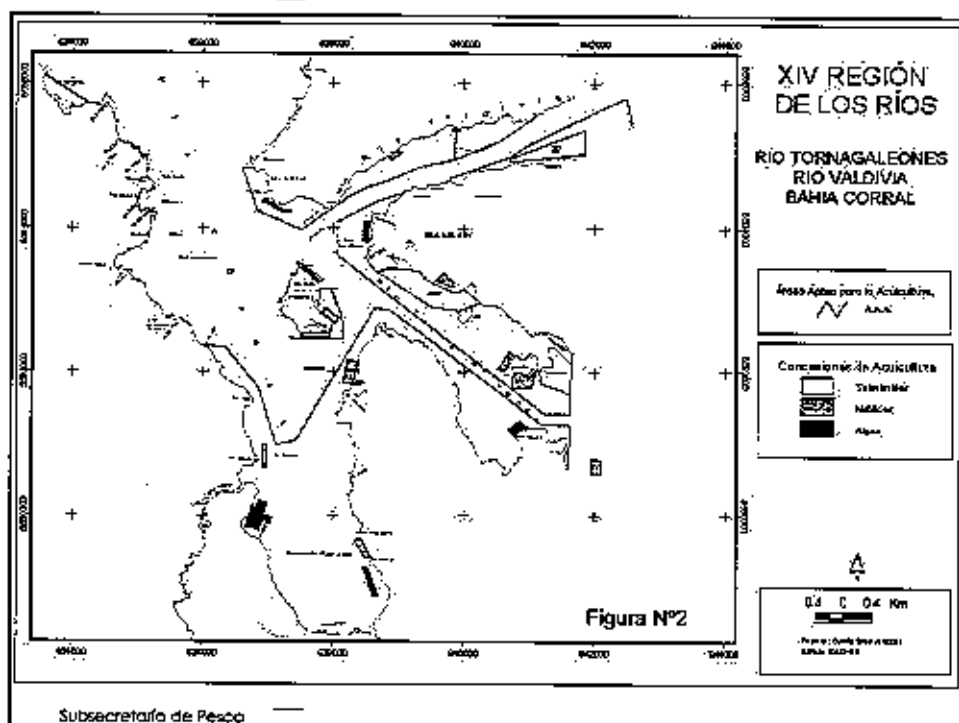
Figura N°1

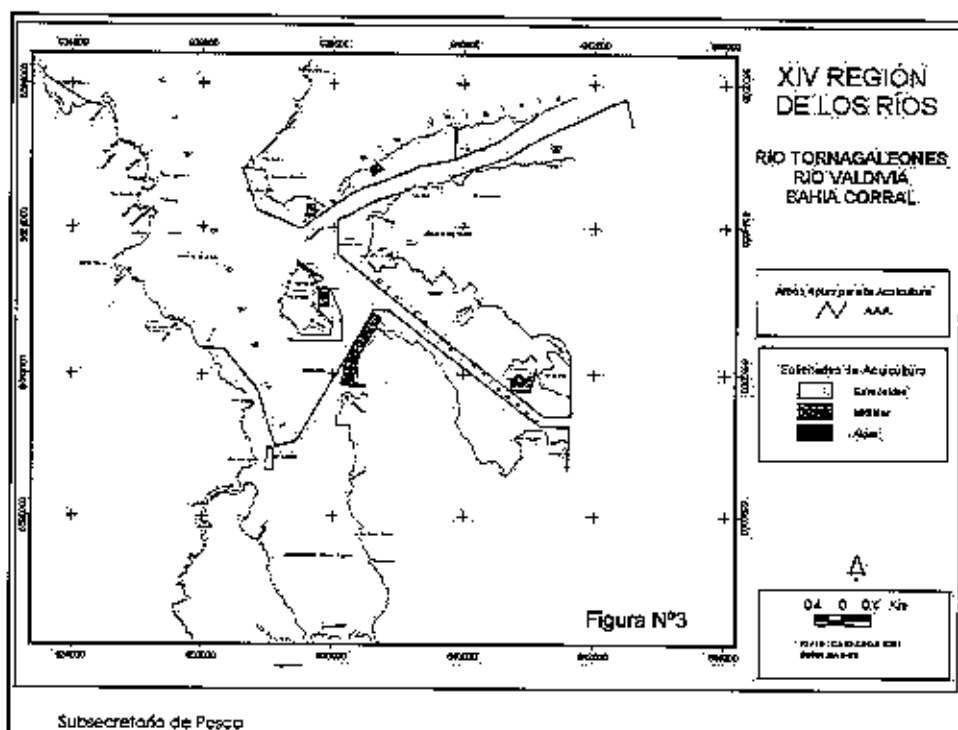


Subsecretaría de Pesca

La Figura N°2 muestra la ubicación de las concesiones de acuicultura, diferenciándose los cultivos de salmónidos, mitilidos y algas, además se indican las Áreas Aptas para la Acuicultura (AAA). En cuanto a los registros de las solicitudes de acuicultura ingresadas a la Subsecretaría de Pesca, la Figura N°3 muestra la ubicación de éstas.

Subsecretaría de Pesca





La condición de aerobia de los centros de cultivo vigentes y antiguos, está definida de acuerdo a la Res. N°404. La exigencia para los centros de cultivo bajo esta Res. considera fijar 3 estaciones de monitoreo en el área de concesión y dos estaciones de referencia fuera del área de concesión. Los parámetros a analizar dependen de la categoría del centro, la que estaría definida por el tipo de cultivo, profundidad, tipo de fondo, etc.

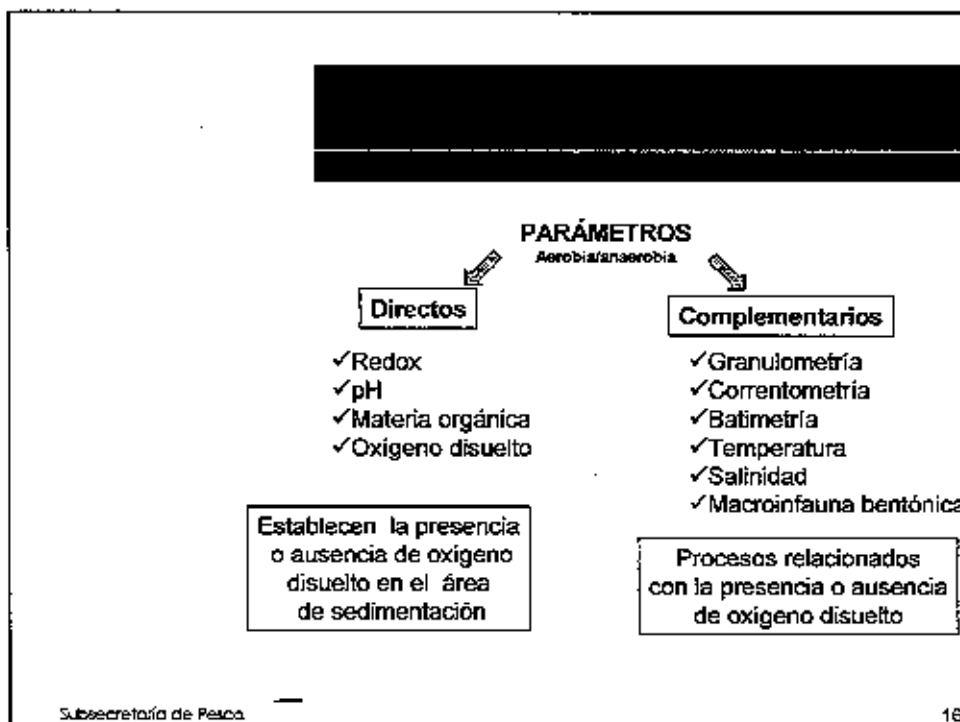
Se establecen categorías para solicitudes o centros de cultivo en operación de concesiones o autorizaciones de acuicultura en porciones de agua y fondo:



| CATEG. | CARACTERISTICAS |
|--------|---|
| 0 | Macroalgas en fondo. C.Extensivo > 1.000 t sustrato duro o semiduro > 60 m C.Intensivos ≤ 50 t sustrato duro o semiduro > 60 m |
| 1 | Macroalgas en sistemas suspendidos C.Extensivos < 300 t sustrato blando ≤ 60 m |
| 2 | C.Extensivos > 300 t ≤ 1000 t sustrato blando ≤ 60 m C.Intensivos ≤ 50 t sustrato blando < 60 m |
| 3 | C.Extensivos > 1.000 t sustrato blando ≤ 60 m C.Intensivos > 50 t sustrato blando < 60 m |
| 4 | C. Extensivos > 1.000 t sustrato duro o semiduro ≤ 60 m C. Intensivos > 50 t sustrato duro o semiduro ≤ 60 m |

| CATEG. | CARACTERISTICAS |
|--------|--|
| 5 | C.Extensivos > 1.000 t y profundidad > 60 m C. Intensivos > 50 t y profundidad > 60 m |
| 6 | C. Extensivos en ríos > 1.000 t sustrato blando y <= 60m C. Intensivos en ríos > 50 t sustrato blando y <= 60 m |
| 7 | C.Extensivo lagos o lagunas > 1.000 t sustrato blando <=60m C.Intensivo lagos o lagunas sustrato blando <=60m |

Subsecretaría de Pesca 15



| Parámetros | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Batimetría | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Granulometría | | | x | x | | | | x |
| Mat. Orgánica | | x | x | x | | | x | x |
| Macrofauna | | | x | x | | | x | x |
| PH y P.Redox | | | | x | | | x | x |
| Correntometría | | | | x | x | x | x | x |
| Perfil Oxígeno | | | | x | | x | x | x |
| Tº y Salinidad | | | | x | | x | x | x |
| Registro Visual | | | | | x | | | |

Potencial de óxido-reducción (REDOX) (Eh):

- Parámetro altamente utilizado para la descripción de sedimentos con déficit de oxígeno y con enriquecimiento orgánico.
- Las variaciones de Eh se producen por variaciones en los niveles de oxígeno, por actividad de bacterias y microorganismos en sedimentos.
- Mide la transferencia de electrones desde una especie química a otra, por lo que se puede determinar en términos de milivoltios (mV)



Potencial de óxido-reducción (REDOX) (Eh):

- Bajos valores de redox pueden indicar la producción de compuestos tóxicos reducidos como sulfuros (H_2S), metano (CH_4) y amonio (NH_4).
- La Resolución acompañante establece su medición en los primeros 3 cm del sedimento.



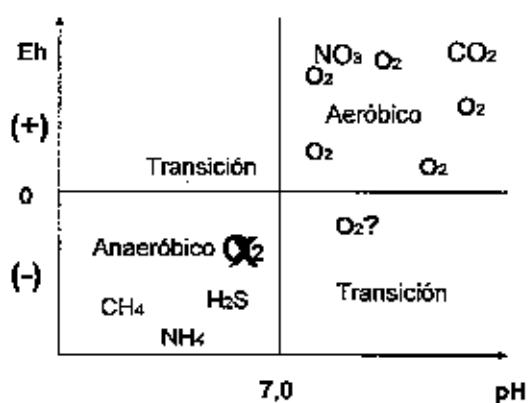
Potencial de Hidrógeno (pH):

- Indica el balance entre ácidos y bases (reacciones químicas, especiación de metales, formación y disolución de sustancias, etc).
- Procesos biológicos como fotosíntesis y respiración provocan variaciones de pH, al variar las concentraciones de CO_2 .
- Rango para los organismos 6,5-9,0
- pH normal de sedimentos, 7,0
- Disminución implica un aumento en la materia orgánica.

Relación Eh -pH:

- En sedimentos con valores de Eh negativos, se utilizan por lo general sulfatos y materiales orgánicos como dadores de oxígeno, lo que genera gases tóxicos y acidez en el medio.
- Por esto, el pH de los sedimentos con bajo Eh también presentan una acidez creciente.

Relación Eh -pH:




Materia orgánica:

- Un aumento de materia orgánica en sedimentos implica un aumento en el consumo de oxígeno de los organismos que la oxidan.
- Por lo anterior, disminuye el oxígeno disuelto necesario para la sobrevivencia de fauna presente en sedimentos.
- Ocasiona una disminución de la diversidad biológica, cambios en la abundancia y biomasa de especies bentónicas.


Materia orgánica:

- Un aumento de materia orgánica puede provocar la aparición de especies oportunistas (indicadoras).
- Valores en sedimentos marinos fluctúan entre 0,1 -30 % (MOT%)



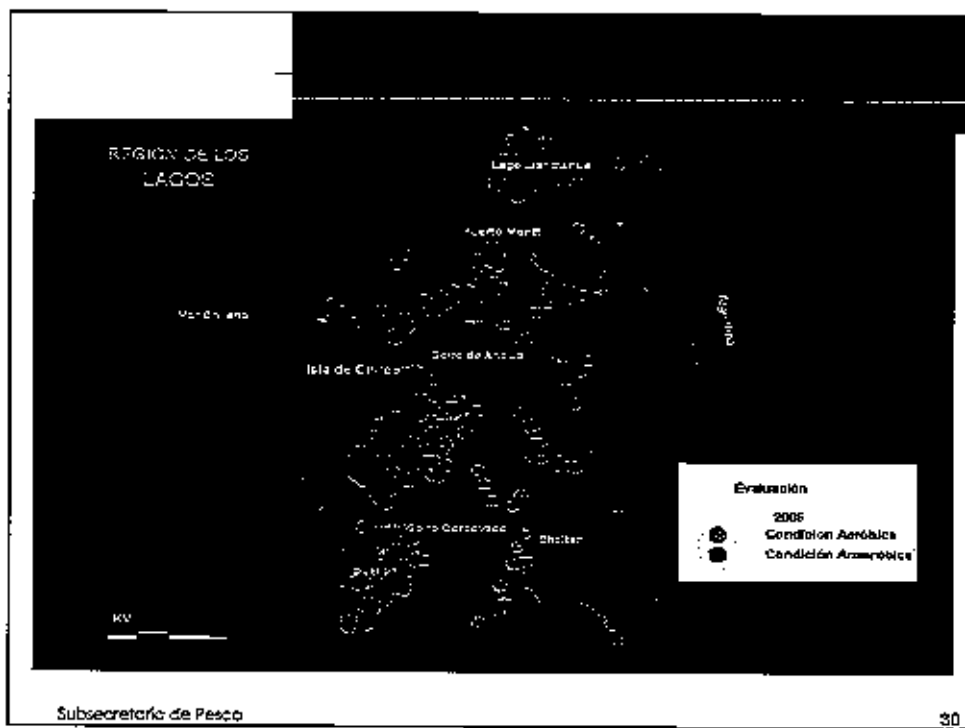
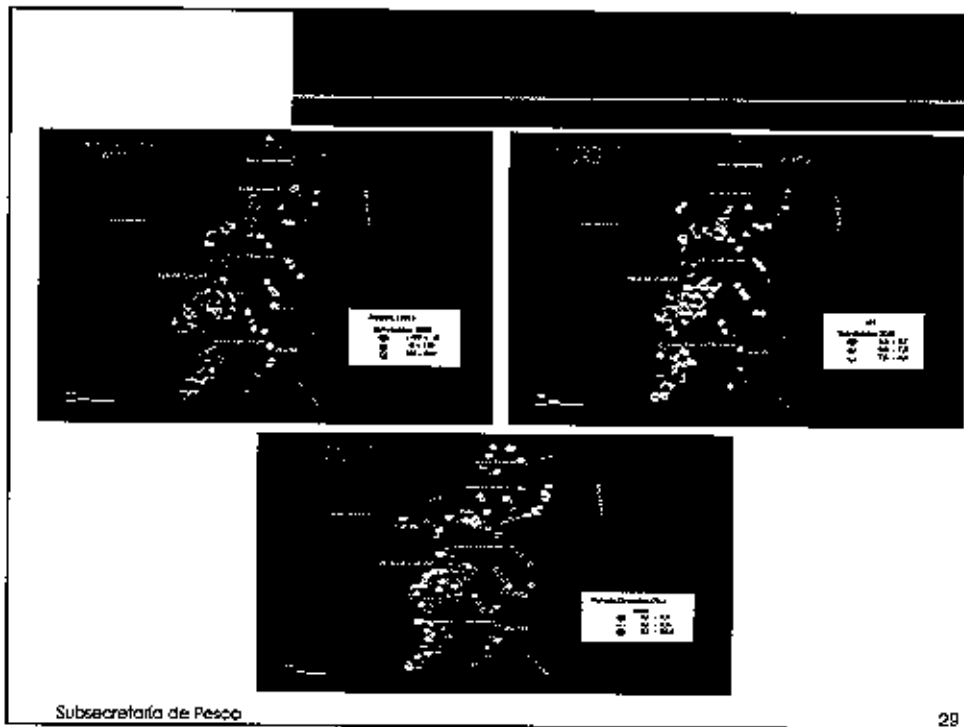
- Condición Aeróbica
- Condición Anaeróbica
- Condición Vulnerable (interna)
- No evaluada [falta de antecedentes]
- Generación de Informe Técnico
- Generación carta D.Ac. A titular, informando evaluación.
- Informe Técnico y Resolución de reducción, si corresponde.

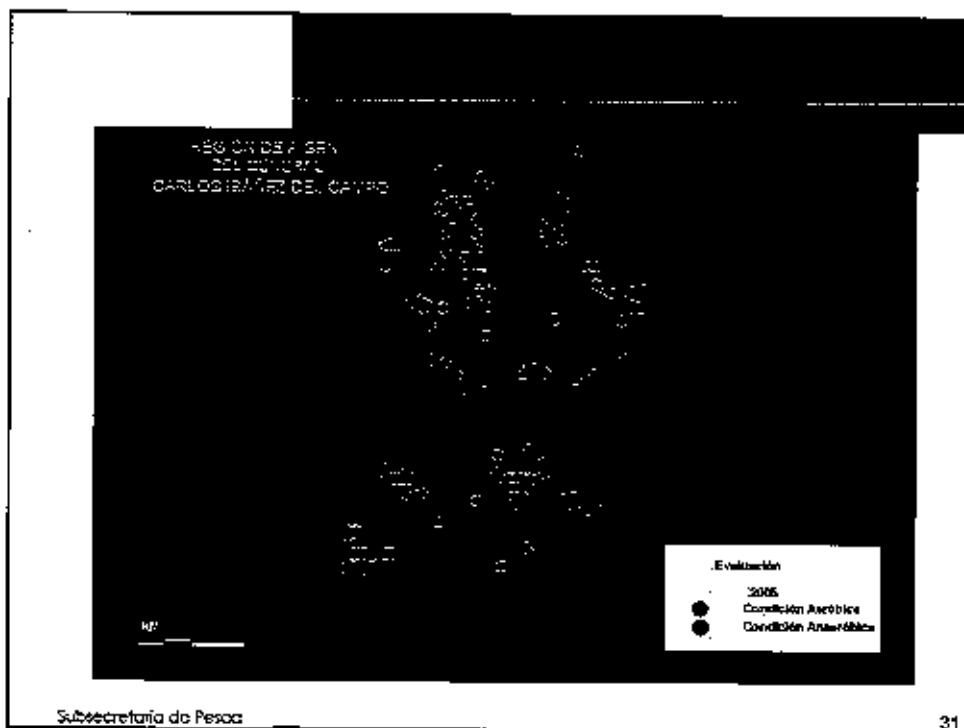
Fondos de Agua y Fomento

| Año | Especie | Expensas | Producción | Transferencias |
|------|----------------------|-----------|------------|----------------|
| 2003 | TRUCHA ARCO IRIS | 5.246.706 | 40.478 | |
| 2004 | SALMÓN DEL ATLANTICO | 598.095 | 57.89 | |
| 2004 | TRUCHA ARCO IRIS | 2.792.224 | 30.924 | |
| 2005 | SALMÓN DEL ATLANTICO | 3.509.648 | 119.71 | |
| 2005 | SALMÓN DEL ATLANTICO | 3.801.741 | 185.838 | |
| 2006 | TRUCHA ARCO IRIS | 1.467.885 | 46.077 | |
| 2007 | SALMÓN DEL ATLANTICO | 5.238.704 | 72.237 | |
| 2007 | TRUCHA ARCO IRIS | 2.338.760 | 50.057 | |

11004E

Subsecretaría de Pesca





Información para la elaboración de la NSCA Olaya entre otros.

GRACIAS

Fier Uribe R.
 Departamento de Acuicultura
 Subsecretaría de Pesca
fuiribe@subopesca.cl

Subsecretaría de Pesca

Comité Operativo NSCA Cuenca - Valdivia

ASISTENTES A REUNIÓN CON FECHA: 11/11/09

| | INST./SERV./EMP | TELEFONO | MAIL | FIRMA |
|--------------|--------------------|---------------|--------------------------------|-------|
| BOSTOS C | DOA | 3325 20 | VIVIANA.BOSTOS@FOR.GOV.CL | |
| MANA J. | DEA | (02) 449 3739 | SONIA.MANA@MOP.GOV.CL | |
| MA B. | GERMAGEOMAN | 065 253856 | manella@germageomun.cl | |
| SPARZA B. | SISS | 256350 | VESPARZA@SISS.CL | |
| INOZA Flores | CONADI | 311503 | LESPINOZA@CONADI.GOV.CL | |
| LOVOZ | SEREMI Salud | 265121 | jose.Velazquez@redsalud.gov.cl | |
| e.R. | CNR | 064-426428 | sewert@cnr.gob.cl | |
| M. | SUBPESCA | 032-2502765 | juribe@subpesca.cl | |
| MACINA M. | CONAMA Los Rios | 239097 | j.cerpa.M@conama.cl | |
| se Salera | U.C.T. | 4820546 | Fernanda@uct.cl | |
| trillo | SEREMI Agricultura | 407-225457 | german.krus@mimagri.cl | |
| | SEREMI MOP | 337037 | SUZENA.TONG@MOP.GOV.CL | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |



ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

JUAN CERPA MATAMALA
ENCARGADO DEPTO DE CONTAMINACIÓN
CONAMA, REGIÓN DE LOS RÍOS
PRESENTE

| |
|------------------------|
| RECIBO |
| 07 DIC 2009 |
| Nº 231A |
| Derivado a: JCM / 58 F |

Derivado el 07/12/09

Estimado Sr. Cerpa.

Por medio de la presente y de acuerdo a contrato, el Estudio 5604-17-LE09 "Aproximación Ecotoxicológica y Evaluación de Riesgo Ecológico Teórico en apoyo a la Elaboración del Anteproyecto de N.S.C.A para la protección de las aguas de la Cuenca del Río Valdivia", debe ser entregado el día 7 de Diciembre del presente año. Sin embargo, debido al retraso en la recopilación y sistematización de la información en los diversos servicios públicos y las universidades, en particular de calidad de aguas y biodiversidad, dicho Informe no podrá ser entregado hasta el día 15 de Diciembre.

Esperando su buena acogida y comprensión,

Le saluda atentamente,

Francisco Encina Montoya
Director Proyecto



Temuco, 10 Diciembre 2009.



GOBIERNO DE CHILE
CONAMA
REGIÓN DE LOS RÍOS

0003

OF. ORD.: N° _____/

ANT.: Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la Cuenca del río Valdivia, XIV Región.

MAT.: Cita a reunión Comité Operativo

Valdivia,

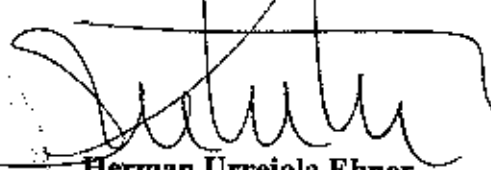
10 DIC 2009

De : **Herman Urrejola Ebner**
Director Regional
CONAMA, Región de Los Ríos

A : **SEGÚN DISTRIBUCIÓN**

En relación al proceso de elaboración de las "Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la Cuenca del río Valdivia", invito a usted a participar en la 9ª reunión del Comité Operativo de estas normas. Dicha reunión se llevará a efecto el día lunes 21 de diciembre de 2009, a las 09:30 horas en el Hotel Melillanca, ubicado en Avenida Alemania N° 675 en la ciudad de Valdivia. En esta ocasión se presentarán los resultados del estudio "Aproximación Ecotoxicológica y Evaluación de Riesgo Ecológico en apoyo a la elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la Cuenca del río Valdivia", desarrollado por la Universidad Católica de Temuco.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted,


Herman Urrejola Ebner
Director Regional
CONAMA, Región de Los Ríos

JCM/SBF/sbf

Distribución:

- ✓ Gobernación Provincial de Valdivia, Región de los Ríos.
- ✓ Gobernación Marítima de Valdivia, Región de los Ríos.

- Secretaría Regional Ministerial de Economía, Fomento y Reconstrucción, Región de los Ríos.
- Secretaría Regional Ministerial de Obras Públicas, Región de los Ríos.
- Secretaría Regional Ministerial de Planificación y Cooperación, Región de los Ríos.
- Secretaría Regional Ministerial de Salud, Región de los Ríos.
- Secretaría Regional Ministerial de Agricultura, Región de los Ríos.
- Secretaría Regional Ministerial de Bienes Nacionales, Región de los Ríos.
- Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo, Región de los Ríos.
- Dirección Regional Comisión Nacional de Riego, Región de los Ríos.
- Dirección Regional de Obras Hidráulicas, Región de los Ríos.
- Dirección Regional Corporación Nacional Forestal, Región de los Ríos.
- Dirección Regional Servicio Agrícola y Ganadero, Región de los Ríos.
- Dirección Regional de Aguas, Región de los Ríos.
- SERNAPESCA, Región de los Ríos.
- SERNATUR, Región de los Ríos.
- CONADI, Región de los Ríos.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios, Región de los Ríos.
- Servicio Nacional de Geología y Minería, Región de los Ríos.
- Subsecretaría de Pesca.

c.c:

- Dirección Regional CONAMA, Región de Los Ríos.
- Departamento Control de la Contaminación, CONAMA



Escuela de Ciencias Ambientales
Proyecto Cuenca Río Maule

925

| | |
|----------------|------------|
| RECIBIDO Hora: | 17:50 2009 |
| Nº Folio: | 2447 |
| Derivado de: | JCM/SBF |
| del día: | 21/12/09 |

Temuco, Diciembre 16 de 2009.-

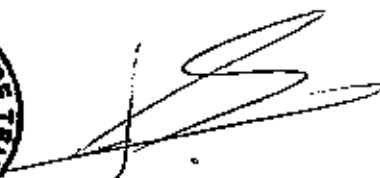
Srta.
Silvia Benites
Departamento de Control y Contaminación Área Hídrica
CONAMA
Valdivia

De mi consideración:

Adjunto a Ud., Informe Final del proyecto titulado "Aproximación Ecotoxicológica y Evaluación de Riesgo Ecológico Teórico en apoyo a la elaboración del Anteproyecto de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia".

Sin otro particular le saluda cordialmente a Ud.,




Dr. Francisco Encina Montoya
Director Proyecto



UNIVERSIDAD CATOLICA
DE TEMUCO

50
años

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE CS. AMBIENTALES
Laboratorio de Ecotoxicología y Monitoreo Ambiental
Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos

INFORME FINAL

Estudio "Aproximación Ecotoxicológica y Evaluación de Riesgo Ecológico Teórico en apoyo a la Elaboración del Anteproyecto de N.S.C.A para la protección de las aguas de la Cuenca del Río Valdivia, Región de Los Ríos"

5604-17-LE09

Preparado para:



GOBIERNO DE CHILE
Comisión Nacional del Medio Ambiente

Temuco, Diciembre de 2009.

EQUIPO DE TRABAJO.

Director del Proyecto: Dr. Francisco Encina Montoya¹.

¹fencina@uct.cl

Laboratorio de Ecotoxicología y Monitoreo Ambiental.

Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos.

Escuela de Ciencias Ambientales, Facultad de Recursos Naturales.

Universidad Católica de Temuco.

Equipo de Trabajo.

Dr. Francisco Encina Montoya

Laboratorio de Ecotoxicología y Monitoreo Ambiental.

Escuela de Ciencias Ambientales.

Facultad de Recursos Naturales.

Dr. David Figueroa Hernández

Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos.

Escuela de Ciencias Ambientales.

Facultad de Recursos Naturales.

Ing. Acuicultura Carlos Aguayo Arias

Laboratorio de Ecotoxicología y Monitoreo Ambiental.

Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos.

Escuela de Ciencias Ambientales.

Facultad de Recursos Naturales.

Lic. RR.NN. Carlos Valdebenito Contreras

Análisis espacial-Laboratorio de Ecotoxicología y Monitoreo Ambiental.

Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos.

Escuela de Ciencias Ambientales.

Facultad de Recursos Naturales.

Lic. RR.NN. Marcela Guerrero Almanzar.
Laboratorio de Ecotoxicología y Monitoreo Ambiental.
Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos.
Escuela de Ciencias Ambientales.
Facultad de Recursos Naturales.

Lic. RR.NN. Amerindia Jaramillo Allendes.
Laboratorio de Ecotoxicología y Monitoreo Ambiental.
Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos.
Escuela de Ciencias Ambientales.
Facultad de Recursos Naturales.

Lic. RR.NN. Carolina Soto Vidal.
Laboratorio de Ecotoxicología y Monitoreo Ambiental.
Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos.
Escuela de Ciencias Ambientales.
Facultad de Recursos Naturales.

Lic. En Ciencias de la Ingeniería Carlos Oñate Vilches.
Unidad de Energía y Calidad de Aire.
Escuela de Ingeniería Ambiental.
Facultad de Ingeniería.



INDICE.

| | |
|---|-----------|
| INDICE DE FIGURAS | 6 |
| INDICE DE TABLAS | 7 |
| RESUMEN EJECUTIVO. | 9 |
| 1 INTRODUCCIÓN. | 11 |
| 2 OBJETIVOS. | 19 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL. | 19 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. | 19 |
| 3 METODOLOGÍA. | 20 |
| 3.1 RECOPIACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE. | 21 |
| 3.2 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS (OUT-LAYER). | 22 |
| 3.3 ANÁLISIS ESPACIAL. | 22 |
| 3.4 CÁLCULO DE PERCENTILES PARA LA ESTIMACIÓN DE VALORES NORMA. | 23 |
| 3.5 DESARROLLO DE ORIENTACIONES EN EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS BAJO EL LÍMITE DE DETECCIÓN | 24 |
| 3.6 CÁLCULO DE WQI. | 27 |
| 3.7 PROPUESTA DE PARÁMETROS A NORMAT. | 29 |
| 3.8 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA COMUNITARIA PRESENTE EN LA COLUMNA DE AGUA Y BENTOS DEL SANTUARIO. | 30 |
| 3.9 IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES LOCALES DE RELEVANCIA ECOLÓGICA EN EL "SANTUARIO DE LA NATURALEZA CARLOS ANWANDTER". | 30 |
| 3.10 RECONOCIMIENTO PRELIMINAR DE BASES DE DATOS ECOTOXICOLÓGICAS POR ESPECIES DE RELEVANCIA ECOLÓGICA | 32 |
| 3.11 ESTIMACIÓN DE HC5% PARA CADA PARÁMETRO SIGNIFICATIVO A NORMAT. | 32 |
| 3.12 CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO. | 33 |
| 4 RESULTADOS. | 35 |
| 4.1 RECOPIACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE. | 35 |
| 4.2 DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA. | 36 |
| 4.2.1 GEOMORFOLOGÍA. | 42 |
| 4.2.2 CLIMA. | 43 |
| 4.2.3 GEOLOGÍA. | 44 |
| 4.2.4 HIDROGEOLOGÍA. | 46 |
| 4.2.5 USOS DE SUELO CUENCA DEL RÍO VALDIVIA. | 52 |
| 4.2.6 UBICACIÓN ESTACIONES DE MUESTREO. | 58 |
| 4.3 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS (OUT-LAYER). | 63 |
| 4.4 ANÁLISIS ESPACIAL | 72 |
| 4.4.1 ANÁLISIS DE SIMILARIDAD ENTRE SITIOS DE MUESTREO VERSUS USO DE SUELO Y CALIDAD DE AGUA. | 72 |
| 4.4.2 ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS Y SITIOS DE MUESTREO | 77 |
| 4.5 CÁLCULO DE PERCENTILES PARA LA ESTIMACIÓN DE VALORES NORMA. | 81 |
| 4.5.1 DESARROLLO DE ORIENTACIONES EN EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS BAJO EL LÍMITE DE DETECCIÓN | 83 |
| 4.6 CÁLCULO DE WATER QUALITY INDEX (WQI). | 85 |
| 4.7 PROPUESTA DE PARÁMETROS A NORMAT. | 88 |
| 4.7.1 ELEMENTOS NO SELECCIONADOS | 88 |
| 4.7.2 ELEMENTOS SELECCIONADOS | 89 |
| 4.8 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA COMUNITARIA PRESENTE EN LA COLUMNA DE AGUA Y BENTOS DEL SANTUARIO. | 91 |



| | |
|--|------------|
| 4.9 IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES LOCALES DE RELEVANCIA ECOLÓGICA EN EL "SANTUARIO DE LA NATURALEZA CARLOS ANWANDTER". | 91 |
| 4.10 RECONOCIMIENTO PRELIMINAR DE BASES DE DATOS ECOTOXICOLÓGICAS POR ESPECIES DE RELEVANCIA ECOLÓGICA. | 97 |
| 4.11 CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO. | 105 |
| 4.11.1 CARACTERIZACIÓN DETERMINÍSTICA | 106 |
| 4.11.2 ESTIMACIÓN PROBABILÍSTICA MEDIANTE SIMULACIÓN DE MONTECARLO. | 107 |
| 5 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES | 112 |
| 6 BIBLIOGRAFÍA. | 117 |
| 7 ANEXOS | 124 |
| 7.1 CONSULTA CRITERIO EXPERTOS. | 124 |
| 7.2 CATÁLOGOS ESPECIES REGISTRADAS EN SANTUARIO DE LA NATURALEZA CARLOS ANWANDTER-RÍO CRUCES. | 126 |
| 7.3 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA POR ESTACIONES DE MONITOREO. | 144 |
| 7.4 CÁLCULO DE PERCENTIL POR ESTACIONES DE MONITOREO. | 166 |



INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 3-1. Esquema Metodológico del estudio. | 20 |
| Figura 3-2. Metodología análisis software estadístico, ProUCL 4.0 | 26 |
| Figura 3-3. Metodología simulación Crystal Ball. | 27 |
| Figura 4-1. Hidrografía cuenca del río Valdivia, región de Los Ríos. | 38 |
| Figura 4-2. Carta localización Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, Cuenca del río Valdivia, región de Los Ríos. | 39 |
| Figura 4-3. Modelo de elevación digital para la cuenca del río Valdivia, región de los Ríos. | 43 |
| Figura 4-4. Características Hidrogeológicas de la Cuenca del río Valdivia (Escala 1:1.000.000). Fuente: Mapa Hidrológico de Chile de la DGA (2002) | 48 |
| Figura 4-5. Carta Hidrogeológica Subcuenca río Cruces, Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter. | 51 |
| Figura 4-6. Carta Uso de Suelo Cuenca Río Valdivia. | 54 |
| Figura 4-7. Cartografía Localización fuentes puntuales industriales en la cuenca del río Valdivia. | 56 |
| Figura 4-8. Cartografía Localización fuentes puntuales industriales Santuario de La Naturaleza Carlos Anwandter. | 57 |
| Figura 4-9. Cartografía Estaciones de Monitoreo Calidad de Agua-Dirección General de Aguas para la cuenca del río Valdivia | 58 |
| Figura 4-10. Carta Red de Monitoreo Calidad de Aguas Cuenca del Río Cruces. | 61 |
| Figura 4-11. Análisis de componentes principales entre estaciones de muestreo y uso de suelo. | 73 |
| Figura 4-12. Análisis de componentes principales entre estaciones de muestreo, uso de suelo y calidad de agua | 75 |
| Figura 4-13. Carta uso de suelo Subcuenca del Río Valdivia y estaciones de Monitoreo DGA (nuevo). | 76 |
| Figura 4-14. Análisis de componentes principales (ACP), de los perfiles físico químicos de las estaciones. (Nota: | 77 |
| Figura 4-15. Perfil de medias de Conductividad de las estaciones en el río Cruces. | 78 |
| Figura 4-16. Análisis de componentes principales (ACP), de los perfiles físico químicos de las estaciones. | 79 |
| Figura 4-17. Ejemplificación grafica de simulación de datos. | 83 |
| Figura 4-18. Perfil de medias de LC_{50} de Arsénico (mg/L) para varias taxa dulceacuícolas. | 98 |
| Figura 4-19. Perfil de medias de LC_{50} de Cobre (mg/L) para varias taxa dulceacuícolas | 99 |
| Figura 4-20. Perfil de medias de LC_{50} de Cobre (mg/L) para diferentes taxa dulceacuícolas | 100 |
| Figura 4-21. Perfil de medias de LC_{50} de Cobre(mg/L) para tres ordenes de insectos. | 101 |
| Figura 4-22. Perfil de medias de LC_{50} de Hierro (mg/L) para varias taxa dulceacuícolas. | 102 |
| Figura 4-23. Perfil de medias de LC_{50} de Manganeso (mg/L) para varias taxa dulceacuícolas. | 103 |
| Figura 4-24. Perfil de medias de LC_{50} de Zinc (mg/L) para varias taxa dulceacuícolas. | 104 |



INDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 3-1. Formato Base de Datos Digital Información cuenca río Valdivia. | 21 |
| Tabla 3-2. Formato Base de Datos Información Componentes Biológico cuenca río Valdivia-Humedal del río Cruces. | 30 |
| Tabla 3-3. Profesionales que integraron el panel de expertos. | 31 |
| Tabla 3-4. Rangos para selección de especies. | 31 |
| Tabla 4-1. Antecedentes Generales Subcuencas río Valdivia. | 38 |
| Tabla 4-2. Formaciones geológicas frente al agua. | 46 |
| Tabla 4-3. Uso de suelo relativo en % para la cuenca del Río Valdivia. | 52 |
| Tabla 4-4. Catastro de fuentes puntuales industriales Cuenca del Río Valdivia-Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter. | 55 |
| Tabla 4-5. Red de Monitoreo Calidad de Aguas cuenca río Valdivia. | 59 |
| Tabla 4-6. Red de Monitoreo Calidad de Aguas Subcuenca del río Cruces. | 60 |
| Tabla 4-7. Registros continuos de Parámetros físico químicos para cada estación de muestreo; x= parámetros con 8 registros continuos. | 64 |
| Tabla 4-8. Datos totales, y número de registros bajo límite de detección | 66 |
| Tabla 4-9. Valores promedio de los parámetros físicos químicos por estación de muestreo. | 69 |
| Tabla 4-10. Parámetro con niveles de similaridad superiores al 0,9 (coeficiente de Pearson) | 80 |
| Tabla 4-11. Valores de percentiles totales para la Cuenca. | 81 |
| Tabla 4-12. Resumen resultados obtenidos del análisis para el parámetro cobre (Cu) para el total de la cuenca del río Cruces | 84 |
| Tabla 4-13. Promedio para los parámetros físicos químicos considerados en el WQI. | 85 |
| Tabla 4-14. Determinación de constantes para la estimación de los factores de normalización. | 86 |
| Tabla 4-15. Clasificación de calidad de aguas según WQI. | 86 |
| Tabla 4-16. Clasificación de calidad de aguas según WQI | 87 |
| Tabla 4-17. Criterios utilizados para no considerar algunos Elementos y/o compuesto en la propuesta de norma | 88 |
| Tabla 4-18. Elementos y/o compuesto considerados para normar | 90 |
| Tabla 4-19. Listado de especies seleccionadas. | 96 |
| Tabla 4-20. Resumen de la exposición (PEC) (Percentil 66%) de Aluminio, Amonio, Arsénico, Cobre y Zinc expresados en mg/L | 106 |
| Tabla 4-21. Resumen de valores de HC ₅ y HC ₁₀ para Aluminio, Amonio, Arsénico, Cobre y Zinc expresados en mg/L. La PNEC se calculó considerando un Factor de seguridad de 2. | 106 |
| Tabla 4-22. Caracterización determinística del riesgo mediante Cuociente de Riesgo, los valores superiores a 1 indican riesgo ecológico. | 107 |
| Tabla 4-23. Distribuciones seleccionadas para representar la exposición probabilística del Aluminio, Amonio, Arsénico, Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc en las estaciones E3 Cruces en Rucaco y E 6 Celco 5. | 107 |
| Tabla 4-24. Distribuciones para representar la sensibilidad (LC ₅₀) a la exposición a Aluminio, Amonio, Arsénico, Cobre, Hierro, Manganeso y Zn en las estaciones E3 Cruces en Rucaco y E 6 Celco 5. | 108 |
| Tabla 4-25. Estimación del Riesgo Ecológico. Probabilidad en % que la PEC sea mayor que la PNEC con un Factor de Seguridad de 10. | 108 |
| Tabla 4-26. Percentil 66% de las Concentraciones de metales en estación E3 Cruces en Rucaco y E 6 Celco 5 estimadas a partir del Cuociente de Riesgo considerando una Factor de seguridad de 10. | 109 |
| Tabla 4-27. Criterios de calidad de Aguas para la protección acautica (National Recommended Water Quality Criteria EPA-822-R-02-047, 2002) | 110 |
| Tabla 7-1. Detalle de Criterio 1 empleada en el panel de expertos. | 124 |
| Tabla 7-2. Detalle de Criterio 3 empleada en el panel de expertos. | 124 |
| Tabla 7-3. Detalle de Criterio 3a empleada en el panel de expertos. | 125 |
| Tabla 7-4. Detalle de Criterio 3b empleada en el panel de expertos. | 125 |
| Tabla 7-5. Catálogo de especies de fitoplancton presente en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter. | 126 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 7-6. Catálogo de especies de zooplancton presente en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter. | 129 |
| Tabla 7-7. Catálogo de especies de macroinvertebrados presente en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter. | 130 |
| Tabla 7-8. Catálogo de especies de peces presente en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter. | 133 |
| Tabla 7-9. Catálogo de especies de macrófitas presente en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter. | 136 |
| Tabla 7-10. Estadística estación E1 CELCO 1. | 144 |
| Tabla 7-11. Estadística estación E2 Cruces ante boca toma celco. | 146 |
| Tabla 7-12. Estadística estación E3 cruces en rucaco. | 148 |
| Tabla 7-13. Estadística estación E 4 Celco 2. | 151 |
| Tabla 7-14. Estadística estación E5 Cruces en Cahuincura. | 153 |
| Tabla 7-15. Estadística estación Celco 3. | 155 |
| Tabla 7-16. Estadística estación E 11 Cruces-Sector Punucapa. | 158 |
| Tabla 7-17. Estadística estación E15 Cruces-Cau Cau. | 160 |
| Tabla 7-18. Estadística estación E16 Valdivia-Silos de Torobayo. | 162 |
| Tabla 7-19. Estadística estación E 17 Valdivia-Transbordador. | 164 |
| Tabla 7-20. Percentiles estación E1 Celco 1. | 166 |
| Tabla 7-21. Percentiles estación E2 Cruces ante boca toma celco. | 168 |
| Tabla 7-22. Percentiles estación E3 cruces en rucaco. | 170 |
| Tabla 7-23. Percentiles estación E4 Celco 2. | 172 |
| Tabla 7-24. Percentiles estación E5 Cruces en Cahuincura. | 174 |
| Tabla 7-25. Percentiles estación E6 Celco 3. | 176 |
| Tabla 7-26. Percentiles estación E11 Cruces-Sector Punucapa. | 178 |
| Tabla 7-27. Percentiles estación E15 Cruces-Cau Cau. | 180 |
| Tabla 7-28. Percentiles estación E16 Valdivia-Silos de Torobayo. | 182 |
| Tabla 7-29. Percentiles estación Valdivia-Transbordador. | 184 |



RESUMEN EJECUTIVO.

El humedal del río Cruces, constituye un ecosistema de gran relevancia ambiental y económica, sin embargo, en esta área se ha registrado en los últimos años un marcado incremento de las actividades productivas desarrolladas en zonas aledañas, transformándolo en una cuenca de uso múltiple, con las consiguientes alteraciones que ello implica. En este contexto, actualmente se está elaborando la Norma Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Río Valdivia.

La Evaluación de Riesgo Ecológico permite realizar una predicción temprana y económica del riesgo ecológico a un nivel aceptable de certeza, constituyendo una herramienta confiable para la toma de decisiones en cuanto a regulación, control y fiscalización para la protección de los ecosistemas (ASTM, 1988; Vighi, 1989). Esta evaluación incluye, la identificación del peligro, la evaluación del efecto, la evaluación de la exposición, y finalmente, la caracterización del riesgo.

Este estudio tiene por finalidad, recopilar, analizar y discutir mediante un enfoque de análisis de riesgo los antecedentes técnicos y científicos existentes para apoyar la elaboración de la NSCA para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia.

En una primera el estudio se basó en la recopilación, sistematización y ordenación de la información existente respecto a la cuenca del río Valdivia, específicamente el área del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter -sitio Ramsar desde 1981- con el fin de caracterizar la estructura comunitaria presente en la columna de agua y bentos del "Santuario", revisión que involucró un total de 87 estudios provenientes de diversas fuentes tanto públicas como privadas y que han sido compilados en formato digital, sistematización que facilitará la búsqueda de información y actualización de ésta.



En una segunda fase, posterior a la generación de catálogos de fauna y flora acuática del Santuario, se seleccionaron, mediante un Panel de Expertos, especies de relevancia ecológica, especies claves y de mayor representatividad en el sistema, estableciéndose un listado de 34 especies seleccionadas bajo criterios previamente establecidos.

En una tercera etapa se generó la selección de los parámetros significativos a normar en base a criterios previamente establecidos y justificados por el equipo consultor. Y, finalmente en la integración de todos los resultados alcanzados se efectuó la determinación teórica de niveles de calidad ambiental (valor norma) sobre la base de la evaluación de riesgo ecológico para los parámetros Al, N(NH₄⁺), Cu, Fe, Mn y Zn, en las estaciones de muestreo, previa determinación de la exposición (Estación N°3-Cruces en Rucaco y Estación N° 6-Celco 3), estableciendo el valor potencial del riesgo ecológico para los organismos expuestos.

Todos éstos antecedentes permitieron realizar la estimación de niveles de protección que efectivamente resguardan los ecosistemas, siendo base y apoyo fundamental en la elaboración de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA) para la Protección de las Aguas de la Cuenca del río Valdivia, que permitirá establecer objetivos de calidad maximizando, de esta forma, los beneficios sociales, económicos y medioambientales en el área.

Así, el enfoque de la Evaluación de Riesgo Ecológico, que consideró este estudio, ha permitido incorporar no sólo criterios físico-químicos en la generación de Normas Secundarias de Calidad Ambiental, sino también, criterios biológicos, buscando estimar los niveles máximos de tolerancia de determinadas especies locales representativas de este ecosistema, ello con el objetivo de proteger a las especies, funciones y propiedades naturales asegurando el resguardo de este ecosistema en su conjunto.

1 INTRODUCCIÓN.

El caso denominado "Desastre ecológico del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter", área localizada en la cuenca del río Cruces (sitio Ramsar), es un ejemplo que permite identificar los conflictos asociados al nivel de información, conocimiento científico y normativas que permitan evaluar a priori, dentro de un margen de seguridad, los efectos ecológicos de las descargas de una actividad industrial en el marco de una cuenca de uso múltiple. En este sentido el informe "Evaluaciones del Desempeño Ambiental", elaborado por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas (2005), recomendó a Chile: i) Aplicar políticas ambientales de forma cabal y eficiente, ii) Profundizar en la integración de las consideraciones ambientales en las decisiones económicas, sociales y sectoriales, iii) Reducir los efectos de las actividades productivas e industriales sobre la calidad y la cantidad del agua, iv) Desarrollar un enfoque integrado de gestión de cuencas para mejorar el manejo de los recursos hídricos y forestales y v) Mayor énfasis en el manejo del agua para la protección de los ecosistemas acuáticos.

En este sentido, la problemática relativa a la gestión y evaluación de recursos hídricos ha sido abordada en los Estados Unidos (EEUU) y en la Comunidad Europea (CE), incorporando en los programas de monitoreos además de los parámetros físico-químicos tradicionales, los criterios biológicos (bioindicadores entre otros) bajo un enfoque de cuenca hidrográfica (USEPA, 1992; Directiva 60/EC, 2002). Así, la Directiva Marco del Agua (DMA) 2000/60/EC, ha introducido una nueva perspectiva en la política de aguas, incorporando la Evaluación de Riesgos Ambientales (ERA) de contaminantes industriales y de productos fitosanitarios (insecticidas, herbicidas y fungicidas) sobre sistemas ecológicos y humanos. El desarrollo de ERA se basó en los enfoques de la Evaluación de Riesgos para la Salud Humana en forma independiente en los EEUU (USEPA, 1998) y posteriormente en la CE (SSC, 2003) para lo cual se realizó una revisión y armonización de la base científica, metodológica y

conceptual para la Evaluación del Riesgo Ambiental (ERA) (Van Leeuwen & Hermens, 1995; USEPA 1998; European Comisión, 1996, Directive 91/414/EEC, 2002). En particular, la evaluación de efectos actuales o potenciales sobre sistemas ecológicos se denomina evaluación de riesgos ecológicos (ERE) (USEPA, 1998), proceso que consiste en la caracterización y estimación de la probabilidad de ocurrencia de efectos adversos en sistemas ecológicos, como consecuencia de la actividad antrópica, resultados de la exposición de entidades ecológicas a un determinado contaminante (USEPA 1998; Encina & Díaz, 2001). La Evaluación de Riesgo Ecológico permite realizar una predicción temprana y económica del riesgo ecológico a un nivel aceptable de certeza, constituyendo una herramienta confiable para la toma de decisiones en cuanto a regulación, control y fiscalización para la protección de los ecosistemas (ASTM, 1988; Vighi, 1989). De acuerdo a Medina & Encina (2004), el proceso de Evaluación de Riesgo Ecológico (ERE) contempla las siguientes etapas: a) Identificación del peligro: en la cual se formula el problema y se identifican las características de la sustancia y sus potenciales efectos, además se identifican los componentes de ecosistema expuesto y lo que se debe proteger; b) Evaluación del efecto: donde se determina la concentración sin efecto ecológico (PNEC). Se establece la relación entre el nivel de exposición y la naturaleza, severidad y duración de los efectos del contaminante; c) Evaluación de la exposición: etapa en la cual se mide o estima la concentración ambiental esperada (PEC). Se propone un modelo del destino del contaminante y su grado de contacto con el sistema ecológico afectado; d) Caracterización del riesgo: etapa en la cual se integran los tres pasos anteriores y calcular el riesgo implicado. De acuerdo al nivel de información se calcula la probabilidad de que los efectos ocurran por la presencia actual o futura del contaminante.

En general las metodologías de evaluación del riesgo, para la protección de los ecosistemas acuáticos, se conceptualizan como un procedimiento de dos componentes que, por una parte, involucra la "evaluación de la exposición" de



los organismos a contaminantes y, por otra, la "evaluación de los efectos" que derivan de esa exposición (Vighi, 1989).

La extrapolación de datos experimentales de toxicidad para la determinación de niveles de protección, se realiza mediante la aplicación de un factor de seguridad o evaluación, que presentan un grado de arbitrariedad y subjetividad, adicionalmente este enfoque determinista, no incorpora la incertidumbre en las variables, reduciendo la complejidad del problema a tratar. Los valores de protección que se pueden estimar con un enfoque determinístico, pudiesen llevar a la aplicación de una norma ambiental restrictiva al considerar sólo los valores medios (O'Ryan & Díaz 1999; O'Ryan & Ulloa 1999). Una aproximación diferente, es propuesta por Van Straalen & Denneman (1989) y Kooijman (1997) que incorporan un análisis probabilístico. El fundamento teórico se basa en que una comunidad biológica natural cualquiera, los valores de un cierto "end point" toxicológico (LC50, NOEC, etc.) para las diversas especies, son independientes entre ellas y representan una estimación de la sensibilidad. Con varias de estas estimaciones es posible evaluar la variabilidad de la sensibilidad de todas las especies de la comunidad, la que también presenta una distribución simétrica. De este modo, la sensibilidad de las diferentes especies frente a la exposición a un tóxico (variabilidad interespecífica) está distribuida de forma análoga a la sensibilidad de los diversos individuos de una misma especie (variabilidad interespecífica). Tal distribución sigue una curva de tipo log-logístico, que representa la base para el cálculo del LC50 o LD₅₀. La determinación de niveles de protección estimados a partir de una Evaluación de Riesgo Ecológico, debiera incluir tanto la variabilidad como la incertidumbre inherentes al problema, para lo cual se pueden utilizar métodos de simulación probabilística, que introducen una serie de ventajas por sobre los enfoques determinísticos, entre las que se cuentan: (i) los valores de toxicidad (PNEC) y exposición (PEC), se pueden definir como distribuciones estadísticas que cubren el rango completo de valores posibles, y son distribuidos de acuerdo a su probabilidad de ocurrencia; (ii) los parámetros de PNEC y PEC pueden variar aleatoria y simultáneamente, permitiendo la



propagación de la incertidumbre a través del modelo; y (iii) las simulaciones de Monte Carlo generan distribuciones de frecuencia estadísticamente válidas y totalmente caracterizadas, cubriendo el rango completo de valores posibles (Hoffman & Bartell 1994; Peirce & Meozzi 1998; O'Ryan & Díaz, 1999).

El proceso de ERE permite desarrollar, organizar y presentar información científica para la toma de decisiones relevantes en materia ambiental. Cuando la ERE es ejecutada a nivel de cuencas hidrográficas, ésta puede ser empleada para identificar los recursos valiosos, los recursos vulnerables, priorizar la colecta de información y establecer relaciones entre la actividad humana y los efectos potenciales (EPA 1998). Permitiendo identificar los valores ambientales de interés y los riesgos más importantes, y detectar la falta de información, apoyando las decisiones respecto a los enfoques de investigación que deben ser desarrollados a futuro en el área en estudio.

En Chile, la protección de los sistemas acuáticos se realiza a priori mediante la evaluación de proyectos en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y/o a posteriori, a través de la fiscalización y control que verifica la aplicación de las normativas vigentes en el territorio nacional. La descarga de aguas residuales a las aguas superficiales y subterráneas está regulada por los D.S. 90 (2001) y D.S. 46 (2002) respectivamente, y sólo establecen los límites máximos y mínimos de la concentración o permanencia de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, basándose principalmente en normas extranjeras, y no considera las relaciones causales entre las concentraciones reguladas y los efectos sobre los ecosistemas locales amenazados (Medina & Encina 2002). Por otro lado, las descargas difusas no están reguladas por ningún cuerpo legal ni es considerado un tema relevante en la investigación científica en el país. Actualmente se desarrolla en Chile el proceso de elaboración y dictación de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de cuencas hidrográficas priorizadas, las orientaciones de empleadas para el desarrollo de estas normativas están contenidas en la "Guía CONAMA para el Establecimiento de las Normas



Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas" (CONAMA 2005), donde se establece como objetivo general "proteger, mantener o recuperar la calidad de las aguas continentales superficiales de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso, la protección y conservación de las comunidades acuáticas y de los ecosistemas, maximizando los beneficios sociales, económicos y ambientales".

En este contexto, las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Río Cruces, fueron incluidas en forma especial en el "Noveno Programa Priorizado de Normas", en sesión extraordinaria del Consejo Directivo, del 26 de noviembre de 2004, motivadas por la situación que afectó específicamente al "Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter". Sin embargo, debido a la escasez de antecedentes técnicos existentes hasta ese período el ámbito territorial de aplicación de estas normas se limitó a la fracción limnética del río Cruces, dejando fuera de este proceso normativo la zona estuarial de este río, es decir, el "Santuario" en sí. Por tal motivo, a fines del año 2006 se dio inicio a la elaboración de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia, proceso normativo incluido en el "Décimo Programa Priorizado de Normas", el cual resulta una regulación ambiental complementaria a las Normas Secundarias de Calidad Ambiental del río Cruces, dado que dentro del ámbito territorial de aplicación de esta nueva normativa se encontraría la parte estuarial del río Cruces ("Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter") además, de la porción estuarial del río Calle Calle y el río Valdivia.

La irremplazable función biológica que desempeñan los estuarios en la producción y desarrollo de numerosas especies, los convierte en verdaderas "áreas de crianza" y hábitats promotores de biodiversidad, debido su alta producción biológica, tanto primaria como secundaria; haciendo necesario su estudio a cabalidad, centrado en el desafío de la protección de estos ecosistemas altamente complejos y sensibles.



Uno de los estuarios más importantes del centro-sur de Chile es el del Río Valdivia, el cual reviste una gran importancia ambiental y económica, registrándose en los últimos años un gran incremento de las actividades productivas asociadas a la cuenca (UACH 2009), requiriéndose entonces, no sólo la recopilación y generación de información respecto a su dinámica y comportamiento sino más bien la sistematización de la información existente que posibilite, a su vez, la ejecución de estudios concluyentes que apoyen el desarrollo de normas secundarias de calidad ambiental en el área.

De acuerdo a CONAMA (1995), los valores límites para la norma son estimados a partir las data histórica de parámetros físico químicos, seleccionando el percentil 66 o mayores, sin embargo y paradójicamente, sólo considera criterios físico-químicos y excluye los criterios biológicos que son el objetivo de las normas secundarias por definición. Además, los valores estimados a partir de los percentiles, pueden ser influenciados por la sensibilidad de métodos analíticos y la evolución en el uso de la cuenca. En particular muchos de los datos en análisis corresponden a valores bajo los niveles de detección, los cuales presentan un grave problema de interpretación ya que afectan la distribución de los datos induciendo a docimaciones falsas (Keith et al. 1983).

Surge así la necesidad de establecer niveles de protección de los ecosistemas acuáticos y determinar las respuestas de organismos nativos de ambientes acuáticos chilenos frente a diversos xenobióticos, dado que es probable que los organismos nativos tengan sensibilidades distintas que los organismos estandarizados frente a contaminantes determinados, lo que generaría normas que podrían sobreestimar los niveles de protección. Si bien muchas de las pruebas ecotoxicológicas y las especies a utilizar están estandarizadas, el objetivo final de la aplicación de criterios biológicos a la evaluación de recursos hídricos es que los resultados permitan proteger los ecosistemas naturales.

Sin embargo, dada la complejidad que presentan los ecosistemas acuáticos, no es posible evaluar el efecto de contaminantes sobre la totalidad de los



organismos que viven en ellos. Debiendo evaluar los efectos individuales de los contaminantes, utilizando para ello especies de prueba representativas de los ecosistemas analizados, las cuales deben ser consideradas empleando criterios ecológicos, de sensibilidad a contaminantes y factibilidad de cultivo en condiciones de laboratorio.

Gracias al desarrollo de los procesos normativos de la cuenca del río Cruces y luego de la cuenca del río Valdivia, actualmente existe una gran cantidad de antecedentes científico-técnicos que describen en forma general las características hidrodinámicas y fisicoquímicas de la cuenca del río Valdivia. Sin embargo, se requiere generar información específica para la fracción estuarial del río Cruces, es decir, para el "Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter", dadas sus características diferenciales respecto al resto de la cuenca del Valdivia, permitiendo establecer niveles de calidad ambiental en este tramo. Con el objeto de dar solución a esta situación y hacer de estas normas de calidad un instrumento de gestión ambiental adecuado para los objetivos de protección que éstas persiguen, se ha decidido efectuar una aproximación ecotoxicológica y evaluación de riesgo ecológico, de tipo teórico, en el "Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter", con el fin de obtener propuestas de niveles de calidad ambiental, sobre la base de la caracterización del riesgo ecológico determinado a partir de antecedentes ecotoxicológicos y la estimación de la concentración ambiental esperada en esta zona.

De esta forma, el empleo de la Evaluación de Riesgo Ecológico como herramienta de gestión ambiental permitirá estimar los niveles máximos de tolerancia de las especies locales claves o aquellas que por su importancia funcional son especies de relevancia ecológica en estos ecosistemas. Por lo tanto, obteniendo información respecto de la probabilidad de que ocurran efectos adversos sobre las especies expuestas a determinados contaminantes (parámetros fisicoquímicos). Todo ello con el objetivo de proteger al ecosistema en su conjunto. La información generada en esta consultoría será incorporada en el análisis y discusión conducente a la determinación de

objetivos de protección de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental que se encuentran en proceso de elaboración.

El presente estudio tiene como objetivo, recopilar, analizar y discutir mediante un enfoque de análisis de riesgo los antecedentes técnicos y científicos existentes para apoyar la elaboración de la NSCA para la protección de las aguas de la cuenca del río Valdivia.

2 OBJETIVOS.

2.1 OBJETIVO GENERAL

Este estudio, pretende por medio de una aproximación ecotoxicológica y de evaluación de riesgo ecológico teórico, establecer niveles de calidad ambiental, en virtud de los niveles máximos de tolerancia de las especies locales con mayor relevancia ecológica y sensibilidad en estos ecosistemas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Recopilación y sistematización de información científico-técnica disponible para la cuenca del Río Valdivia, que permita la caracterización de la estructura comunitaria presente en la columna de agua y bentos del "Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter".
2. Identificación de especies locales de relevancia ecológica, de especies claves y de mayor representatividad en el "Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter".
3. Selección de parámetros significativos a normar de acuerdo a las características naturales, las presiones antrópicas y las características hidrodinámicas de este sistema.
4. Determinación teórica de niveles de calidad ambiental (valor norma) sobre la base de evaluación de riesgo ecológico.

3 METODOLOGÍA.

El desarrollo de este estudio se basó en el enfoque de la Evaluación de Riesgo Ecológico, que sigue el siguiente flujo metodológico básico la Figura 3-1.

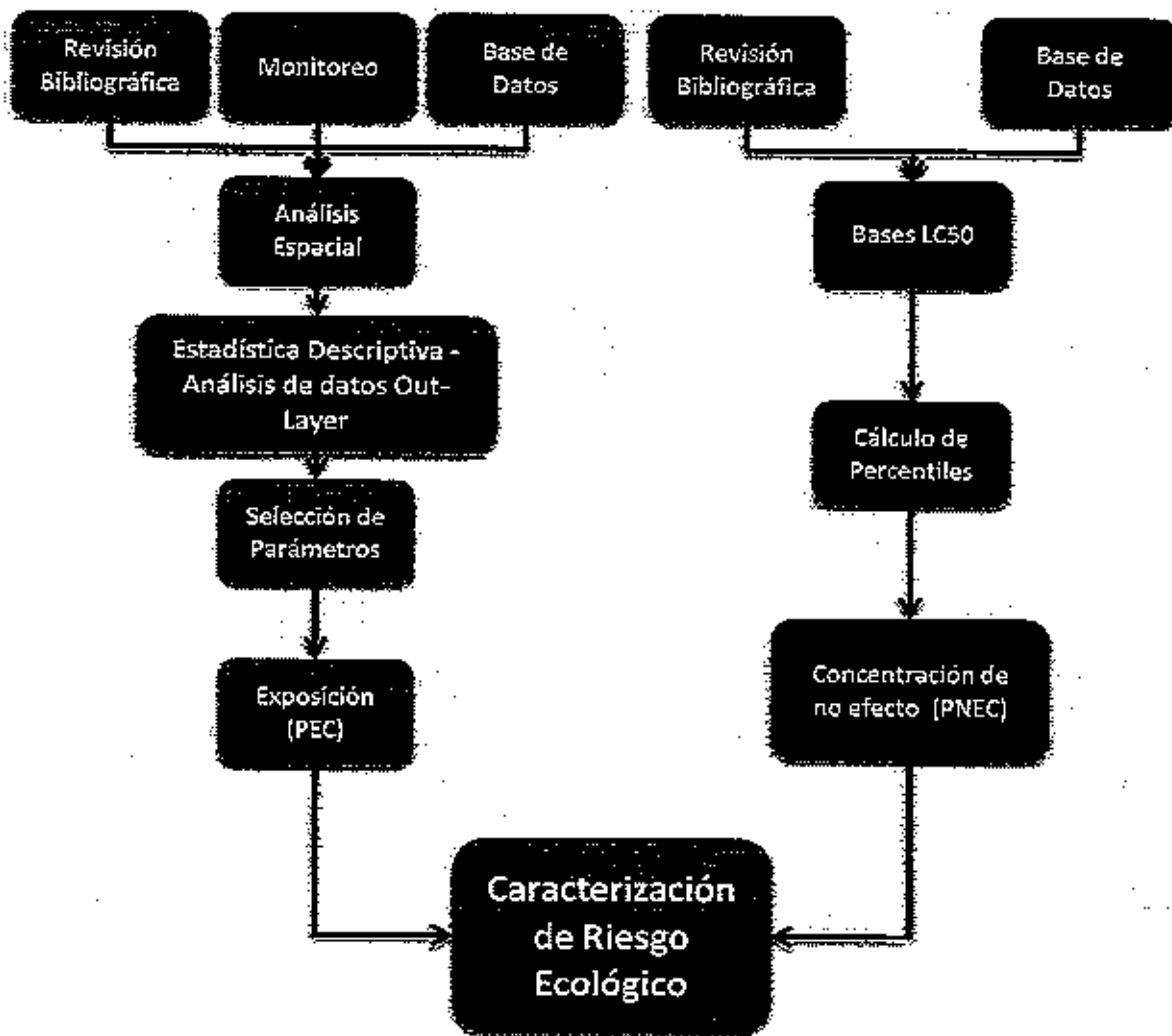


Figura 3-1. Esquema Metodológico del estudio.

3.1 RECOPIACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE.

Se recopiló y analizó la información bibliográfica disponible para la cuenca del río Valdivia. Esta recopilación se efectuó empleando las bases de datos y estudios proporcionados por instituciones tanto públicas como privadas. Consultando también la información existente en diferentes tipos de publicaciones (ISI, SCIELO, de divulgación general), tesis de grado, estudios de línea de base, programas, propuestas y proyectos; empleando además bases de datos universales tales como Scopus, WEBScience, Elsevier, ASFA, entre otras.

Posterior a la recopilación de la información disponible se generó la sistematización de ésta mediante la confección de una base de datos digital integrada para el manejo de datos de la cuenca del río Valdivia, generando fichas bibliográficas para cada publicación analizada (Tabla 3-1).

Tabla 3-1. Formato Base de Datos Digital Información cuenca río Valdivia.

| NÚMERO | AÑO | AUTOR | FUENTE | TÉRMINOS CLAVE | RESUMEN | DOI/URL/OTRO |
|--------|-----|-------|--------|----------------|---------|--------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |

La sistematización y ordenación de las bases de datos en un archivo digital facilitará la búsqueda de información temática de la cuenca del río Valdivia, sólo insertando palabras claves referidas a Autor, Institución, Términos Técnicos, entre otros.

Dicha base de datos generada se acompaña de cada una de las publicaciones en formato digital (.pdf) que se encuentran disponibles, compiladas en un CD elaborado y diseñado con el objeto de facilitar el acceso expedito a la información existente para el área en estudio, generada por este estudio.

3.2 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS (OUT-LAYER).

La información de calidad de agua recopilada de fuentes determinadas para la cuenca del río Valdivia- Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter (Información CONAMA, monitoreos de la Dirección General de Aguas, SERNAGEOMIN, Monitoreo CELCO, entre otros) fue organizada en una base de datos en formato Excel, con tablas dinámicas, incluyendo fecha, estación, fuente de información y parámetros físico químicos.

Luego de generada la base de datos, se calculó para cada variable los estimadores de tendencia central (media), dispersión (desviación estándar) y valores máximos y mínimos, análisis realizados mediante el software XLSTAT (2009).

Se identificaron así, los valores fuera de rango o atípicos para cada parámetro, entendiendo como valores atípicos, observaciones que no viene de la misma distribución que el resto de la muestra. El análisis se efectuó mediante métodos gráficos (diagrama de caja) y pruebas estadísticas a partir de valores estudiantizados y considerando como dato atípico aquel 3 desviaciones estándar por encima de la media de la muestra (Statgraphics, 2008; ProUCL Versión 4.00.04, 2009).

3.3 ANÁLISIS ESPACIAL.

La cuenca del río Valdivia y sus estaciones de muestreos, fueron estudiadas mediante el análisis de la cartografía hidrogeológica y de uso de suelo de la cuenca, estableciendo las áreas de drenaje de las subcuencas que representan cada una de los sitios de muestreos.

De esta forma se caracteriza cada una de las variables a considerar.



- a. Hidrogeología: mediante el análisis de la carta hidrogeológica se procedió a determinar, caracterizar y cuantificar las diferentes formaciones presentes en cada una de las subcuencas que representan los sitios de muestreos. Posteriormente se realizó un análisis de Clúster, el cual permite mostrar las relaciones intergrupales, indicando el nivel de similaridad entre las estaciones de muestreo en función de las formaciones hidrogeológicas (Field et al. 1982). Posteriormente, se utilizó como medida de distancia el índice Bray Curtis y el método jerárquico UPGMA como método de agrupación.
- b. Uso de suelo: de manera similar al análisis hidrogeológico, se procedió a determinar, caracterizar y cuantificar los diferentes usos de suelo presentes en cada una de las subcuencas. Posteriormente se determinó la similaridad de los sitios de muestreos (en función de los usos de suelo) a través de un análisis de Cluster el Índice de Bray Curtis y el método jerárquico UPGMA como método de agrupación.
- c. Análisis integrado: para establecer la similaridad de los sitios de muestreos con sus respectivas áreas de drenajes, considerando simultáneamente la hidrogeología y el uso de suelo se procedió a superponer la data en una sola matriz. Posteriormente se procedió a realizar un análisis de Cluster mediante el Índice de Bray Curtis y el método jerárquico UPGMA (agrupación), considerando las influencias, sobre la calidad del agua, derivadas de la hidrogeología y usos de suelos en la cuenca del río Valdivia.

3.4 CÁLCULO DE PERCENTILES PARA LA ESTIMACIÓN DE VALORES NORMA.

Para la estimación de los percentiles 66%, 75%, 80%, 90%, u otros para cada parámetros y estación, se efectuó este análisis mediante el empleo de las funciones requeridas en el software Excel 2007, el cual utiliza el algoritmo "percentil" (Rango; valor del percentil deseado).



3.5 DESARROLLO DE ORIENTACIONES EN EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS BAJO EL LÍMITE DE DETECCIÓN

En base a la necesidad de conocer la calidad del agua de la cuenca del río Cruces, se realizó un análisis estadístico a través de pruebas no paramétricas de datos ordenados por rango y de nivel nominal de los parámetros físico-químicos, que determinan la calidad del agua para tres estaciones a ser analizadas.

Norma Secundaria Calidad Ambiental (NSCA)

De acuerdo a lo que se establece en el Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad ambiental para la protección de las aguas del río cruces, respecto del cálculo del percentil, este se desarrollo en primera instancia según la definición establecida en las normas de calidad de agua el cual corresponde al valor "q" calculado a partir de los valores efectivamente medidos para cada elemento o compuesto en cada estación de monitoreo, aproximados a la unidad de medida correspondiente más próxima. Todos los valores se anotarán en una lista establecida por orden creciente para cada área determinada: $X_1 \leq X_2 \dots \leq X_k \dots \leq X_{n-1} \leq X_n$. Por vía de ejemplo, el percentil 66 será el valor del elemento de orden "k" para el que "k" se calculará por medio de la siguiente fórmula: $k = q * n$, en donde "q" = 0,66 y "n" corresponde al número de valores efectivamente medidos. El valor "k" se aproximará al número entero más próximo.

Microsoft EXCEL ®

Este software emplea para el cálculo del percentil utiliza cualquier percentil de los datos. Recibe como argumentos el rango en el que están los datos y k, el valor del percentil, q debe estar entre 0 y 1 (para el percentil 30 indicaremos 0,3). En caso de que el percentil se encuentre entre dos observaciones, Excel determina el valor por interpolación.

En Excel, la función devuelve el percentil enésimo de una serie de valores.

Pro UCL

Este software estadístico se emplea para estimar la Concentración de Punto de Exposición (CPE), y los valores umbral de fondo (BTVS) para conjuntos de datos con nondetect (ND) y sin observaciones. ProUCL 4.0 tiene métodos estadísticos que se pueden utilizar para verificar el cumplimiento de las normas de limpieza (EPA 1989), y para estimar los niveles de detección (EPA 1996) para conjuntos de datos con y sin ND. Algunos de los métodos estadísticos (por ejemplo, dos hipótesis de la muestra, la predicción de la parte superior y los límites de tolerancia), incorporados en ProUCL 4.0 puede ser utilizado en las aguas subterráneas (GW), aplicaciones de monitoreo (EPA 1992). Para la entrada de datos en el software fuera necesario crear una tabla en la Excel® con todas las sustancias y resultados encontrados para posteriormente a ProUCL. (Figura 3-2).


Summary Statistics with NDs

Old Summary Statistics - With NDs



Summary Statistics Results - With NDs

New Statistics



Log-Transformed



On the results screen, the following summary statistics are displayed for each variable in the data file:

| | |
|----------|---|
| NumObs | Number of Observations |
| NumNDs | Number of Non-Detect Values |
| %NDs | Percentage of the Data Set that is listed as a Non-Detect Observation |
| Minimum | Minimum value |
| Maximum | Maximum value |
| Mean | Average value |
| Median | Median value |
| SD | Standard Deviation |
| MAD0.675 | Robust Estimate of Variability |
| CV | Coefficient of Variation |
| Skewness | Skewness statistic |
| Variance | Variance statistic |

Paso 1: tedar el nombre de la variable correspondiente que representa el estado de descubrimiento debe empezar con d_ o D_ (no el caso sensible) y el nombre inconstante.

Paso 2. Para el análisis estadístico el usuario quiere realizar una variable por un grupo, pulse el botón la flecha debajo del Grupo por la variable.

Paso 3. Estadísticas sumarias generales para todas las variables en el archivo de los datos.

Example For ROS Estimation of NDs

Click ROS Est. NDs to Create ROS

| Variable | Value | Unit | Frequency | Weight |
|----------|-------|------|-----------|--------|
| ... | ... | ... | ... | ... |

- Select Variable(s) from the list.
- Select one of more variable(s) from the Select Variable(s) list.
- Click on the OK button to continue or on the Cancel button to cancel the option.

Output for ROS Estimation of NDs (Gamma ROS)

| Variable | Value | Unit | Frequency | Weight |
|----------|-------|------|-----------|--------|
| ... | ... | ... | ... | ... |

Paso 4. ROS Estimaciones: las pruebas para el normal, gamma, o distribución del lognormal del variable(s) seleccionado) usando los valores descubiertos y los valores extrapolados para el non-descubre. El método de ROS robusto se usa para obtener y extrapolar (estimar) los valores de observaciones de No Detectados.

Figura 3-2. Metodología análisis software estadístico, ProUCL 4.0

Crystal Ball

El programa de simulación Crystal Ball, funciona sobre la Hoja de cálculo de Microsoft Office Excel como un plug-in, que interactúa de manera eficiente con los datos en ella contenidos. Estas útiles herramientas no sólo nos permiten realizar "n" iteraciones de manera sencilla, sino que también permiten analizar sus sucesivos ajustes hacia distribuciones específicas, a demás analiza la distribución del estimador. En resumen los estimadores de momentos nos garantizan que algunas medidas de interés (como pueden ser medias, varianzas, asimetrías, percentiles, etc.) tengan ciertos valores empíricos determinados. Sin embargo, como le exigimos a estos estimadores cumplir con estas condiciones, no podemos asegurar que sean confiables de ninguna forma, es decir nada nos garantiza que sean insesgados (ni siquiera asintóticamente) ni que su varianza se reduzca conforme aumenta la muestra (Figura 3-3).

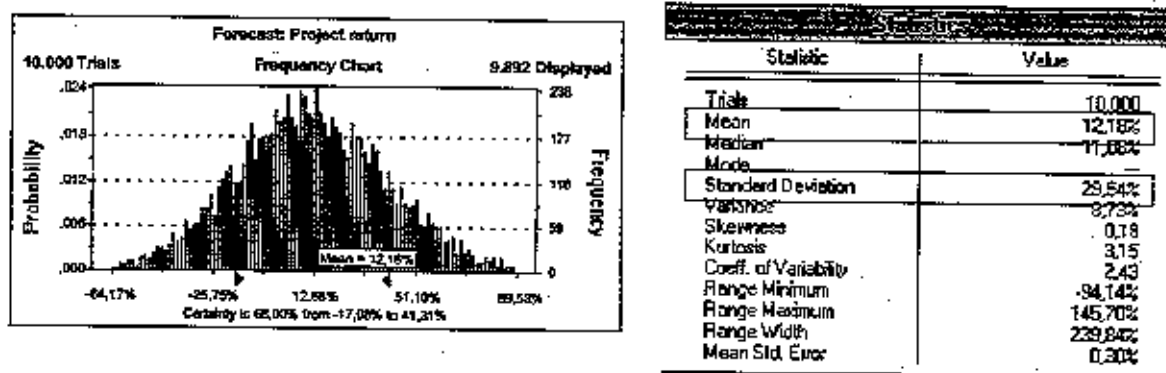


Figura 3-3. Metodología simulación Crystal Ball.

3.6 CÁLCULO DE WQI.

De acuerdo a DGA (2004), el Water Quality Index (WQI) se adapta a las condiciones locales para representar en un índice integrado de la calidad de las aguas. De esta forma, se efectuó una adaptación del WQI, propuesto por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos. Este índice incluye 9 parámetros de calidad de aguas, los cuales ponderados y promediados aritméticamente forman un índice global, el cual se representa según la ecuación [1].

$$WQI = \sum w_i \times Q_i \quad [1]$$

Para el cálculo del índice de calidad de agua, se requirió la normalización de los datos (Q_i), donde cada parámetro es transformado entre 0-1. La estandarización se realizó mediante las siguientes ecuaciones de acuerdo a Hidroambiente Consultores Ltda. (2005), que se seleccionan dependiendo de las características de decrecimiento del parámetro:

a) Parámetros que decrecen uniformemente, estos decrecen monótonicamente a medida que la calidad de las variables se incrementa por ejemplo Nitratos (NO_3), Coliformes Fecales (CF) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) entre otros), los cuales se representan por la ecuación [2].



$$- \quad S = \left(1 + \frac{q}{q_c}\right)^{-m} \quad [2]$$

Donde:

q: representa el valor medido de la variable

q_c: es un valor característico de la variable

m: es un número positivo.

b) Parámetros que decrecen no-uniformemente, para los cuales a valores bajos de la variable, el indicador decrece lentamente, pero a partir de un valor dado esta tasa de decrecimiento se acelera, la ecuación [3], representa este comportamiento.

$$- \quad S = \frac{1 + \left(\frac{q}{q_T}\right)^4}{1 + 3\left(\frac{q}{q_T}\right)^4 + 3\left(\frac{q}{q_T}\right)^8} \quad [3]$$

Donde q_T: es un valor umbral de la variable a partir del cual el decrecimiento de acelera (Conductividad).

c) Parámetros unimodales como Oxígeno Disuelto y pH, los cuales se caracterizan porque a medida que se aleja del valor óptimo q* (desde el punto de vista de calidad) el valor del indicador decrece, la Ecuación [4] muestra ese comportamiento.

$$- \quad S = \frac{pr + (n+p)(1-r)\left(\frac{q}{q^*}\right)^n}{p + n(1-r)\left(\frac{q}{q^*}\right)^{n+p}} \quad [4]$$

Donde n , p , r : son constantes para cada parámetro, q^* : es un valor óptimo de la calidad del parámetro.

Una vez seleccionadas las ecuaciones para cada set de datos, se estimaron los coeficientes y sensibilizaron de acuerdo al máximo, mínimo y percentiles de cada parámetro.

Para la determinación de la importancia relativa (W_i), se utilizaron los valores de referencia los descritos por Debels et al (2005), Rivas et al (2006) e Hidroambiente Consultores Ltda (2005).

3.7 PROPUESTA DE PARÁMETROS A NORMAR.

La selección de parámetros se realizó sobre la base de 3 criterios fundamentales:

- Series de datos que tengan sobre 8 monitoreos continuos.
- Número de valores con concentraciones bajo el nivel de sensibilidad de la técnica analítica, ya que un alto número de valores bajo el límite de detección afecta la distribución.
- Usos de la cuenca y las fuentes potenciales de contaminación.

Para establecer los niveles de relación entre los parámetros, se realizó un análisis de correlación, utilizando el coeficiente de Pearson, la representación de los niveles de correlación se realizó a través de Componentes Principales y Análisis de Conglomerados, utilizando XLSTAT Versión 2009.3.01.



3.8 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA COMUNITARIA PRESENTE EN LA COLUMNA DE AGUA Y BENTOS DEL SANTUARIO.

En base a la recopilación de información disponible para la cuenca del río Valdivia, se procedió a caracterizar los componentes biológicos presentes en el área en estudio, tales como fito y zooplancton, invertebrados bentónicos, peces y macrófitas, estos antecedentes biológicos fueron tabulados a fin de facilitar su orden y sistematización; para lo cual se empleó el formato que se presentada en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2. Formato Base de Datos Información Componentes Biológico cuenca río Valdivia-Humedal del río Cruces.

| Comunidad Biológica | Nombre | Estado Conservación | Cuanto |
|---------------------|--------|---------------------|--------|
| | | | |
| | | | |

Considerando los niveles de información y especificidad de ésta, cada componente biológico descrito fue analizado y clasificado taxonómicamente, estos antecedentes permitieron caracterizar la estructura comunitaria del Santuario de la Naturaleza.

3.9 IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES LOCALES DE RELEVANCIA ECOLÓGICA EN EL "SANTUARIO DE LA NATURALEZA CARLOS ANWANDTER".

A partir de la información bibliográfica recopilada y sistematizada, se generó un listado de las diferentes especies presentes en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter (Anexo 6.2). Éste fue analizado por diversos investigadores, de acuerdo a su especialidad y conocimiento del área en estudio, determinando las especies a ser utilizadas en bioensayos. La metodología utilizada fue en base a un Panel de Expertos, cuyos participantes se muestran en la Figura 3-3.

Tabla 3-3. Profesionales que integraron el panel de expertos.

| Grupo | Experto | Institución | Dirección electrónica |
|--------------------|--------------------------|--------------------|---------------------------|
| MACROINVERTEBRADOS | Mg. Maritza Mercado | Consultora Benthos | benthos.maritza@gmail.com |
| | Dr. David Figueroa | UC. Temuco | dfiguero@uct.cl |
| FITOPLANCTON | Dra. Fabiola Cruces | U. Concepción | fcruces@udec.cl |
| ZOOPLANCTON | Dr. Stefan-Woelf | UACH | swoelf@uach.cl |
| | Dr. Patricio de Los Ríos | UC. Temuco | prios@uct.cl |
| MACROFITAS | Mg. Enrique Hauenstein | UC. Temuco | ehauen@uct.cl |
| | Dr. Carlos Ramírez | UACH | cramirez@uach.cl |
| PECES: | Dra. Evelyn Habit | U. de Concepción | ehabit@udec.cl |
| | Dr. Iván Valdebenito | UC. Temuco | ivisten@uct.cl |

Los criterios considerados para la selección de especies representativas del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter- Río Cruces (Anexo 7.1), fueron:

- Criterio 1: Especies posibles de Cultivar o Mantener en laboratorio, criterio al cual se le asignó una ponderación del 60%.
- Criterio 2: Especies que dadas sus características son consideradas como indicadores de buena calidad de aguas, asignándole a este criterio una ponderación del 20%.
- Criterio 3. Relevancia ecológica de cada una de las especies en estudio. Este criterio se subdividió por abundancia y por rol trófico asignándole a cada uno una ponderación del 10%.

Por especie, cada experto le asignó un valor de 1 a 3 a cada criterio establecido, obteniéndose la valorización final mediante el promedio el cual se comparó con rangos establecidos y su correspondiente definición (Tabla 3-4).

Tabla 3-4. Rangos para selección de especies.

| Valoración | Definición |
|------------|---|
| 1- 1,5 | Especie no seleccionada, ya que no cumple con los criterios establecidos para ser empleada en bioensayos |
| 1,6- 2,0 | Se requiere contar con mayor información para determinar el potencial de esta especie y su empleo en bioensayos |
| 2,1- 3,0 | Especie seleccionada dado su potencial para ser empleada en bioensayos, de acuerdo a los criterios establecidos. Este intervalo corresponde al 70% de exigencia |

3.10 RECONOCIMIENTO PRELIMINAR DE BASES DE DATOS ECOTOXICOLÓGICAS POR ESPECIES DE RELEVANCIA ECOLÓGICA

Se efectuó una revisión bibliográfica de la información disponible respecto al valor umbral o límite a partir del cual se evidencian efectos adversos (crónicos o agudos) en organismos empleados en bioensayos. Valores que permiten establecer una relación entre la concentración del tóxico presente en el medio y la respuesta observada en los individuos. Antecedentes que permiten determinar con un cierto grado de certidumbre los niveles considerados seguros para los organismos en los ecosistemas.

Para la revisión bibliográfica ecotoxicológica se utilizó revisión de la información disponible en ECOTOX Database, PAN Pesticides, WQG, NEW ZEALAND ECOTOXICITY y documentos de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina, EPA Water Quality of Criteria y TOXNET, correspondiente a LC_{50} de 6 metales (Aluminio, Arsénico, Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc) sobre diferentes ordenes de especies tales como Cladocera, Cypriniformes, Diptera, Ephemeroptera, Osmeriformes, Plecoptera, Ploimida, Rotifera, Salmoniformes y Trichoptera.

3.11 ESTIMACIÓN DE $HC_{5\%}$ PARA CADA PARÁMETRO SIGNIFICATIVO A NORMAR.

La determinación de niveles de protección se efectuó a partir de una evaluación de riesgo ecológico para el área en estudio considerando la variabilidad e incertidumbre, para ello Van Straalen & Denneman (1989) proponen el cálculo del HCL, que corresponde a un valor que protege al 95% de las especies consideradas.

De esta forma, fueron calculados los niveles de protección para determinados compuestos seleccionados mediante la metodología propuesta por Van Straalen & Denneman (1989) utilizando datos de LC_{50} . Los HC_5 son



comparados con los niveles de calidad ambiental propuestos para el área en estudio mediante el cálculo del Cuociente de Riesgo (RQ).

La extrapolación de datos experimentales de toxicidad para la determinación de niveles de protección, se realiza mediante la aplicación de factor de seguridad o evaluación, este enfoque determinístico presenta un grado de arbitrariedad y subjetividad y no incorpora la incertidumbre en las variables, reduciendo la complejidad del problema, utilizando valores de exposición y efectos extremos, lo que pudiese llevar a la aplicación de una norma ambiental restrictiva al considerar sólo los valores medios (O'Ryan & Díaz 1999; O'Ryan & Ulloa 1999). Una aproximación diferente, consiste en la incorporación de un análisis probabilístico (Van Straalen & Denneman 1989), este enfoque se fundamenta en que una comunidad biológica natural cualquiera, los valores de un cierto end point toxicológico (LC₅₀, NOEC, etc.) para las diversas especies, son independientes entre ellas y representan una estimación de la sensibilidad. Con varias de estas estimaciones es posible evaluar la variabilidad de la sensibilidad para todas las especies de la comunidad, la que también se distribuye simétricamente. De este modo, la sensibilidad de las diferentes especies frente a la exposición a un tóxico (variabilidad inter específica) esta distribuida de forma análoga a la sensibilidad de los diversos individuos de una misma especie (variabilidad intraespecífica). Tal distribución sigue una curva de tipo log-logístico, que representa la base para el cálculo del LC₅₀ o LD₅₀.

3.12 CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO.

La determinación de valores de protección ambiental y aplicación de Evaluación de Riesgo Ecológico se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Medina & Encina (2004) que incluye las siguientes etapas: a) Identificación del peligro: etapa en la cual se formula el problema y se identifican las características de la sustancia y sus potenciales efectos, además se identifican los componentes del ecosistema expuesto y aquello que se debe proteger; b) Evaluación del Efecto donde se determina la concentración sin efecto ecológico (PNEC), para lo cual se utilizaron las bases de datos con valores de toxicidad



para especies estandarizadas; c) Evaluación de la exposición, etapa en la cual se mide o estima la concentración ambiental esperada (PEC), para la evaluación de la exposición (PEC) se utilizaron los antecedentes recopilados de bases de datos disponibles; d) Caracterización del riesgo, etapa en la cual se integran los tres pasos anteriores y calcula el riesgo implicado. De acuerdo al nivel de información se calcula la probabilidad de que los efectos ocurran por la presencia actual o futura del contaminante. De esta forma, los valores de protección y factores de seguridad se calcularon mediante dos metodologías, una determinística (la concentración más baja en la cual hay efectos sobre las especies más sensibles) y otra probabilística, incorporando todos los resultados de sensibilidad, mediante al método de van Straalen y Denneman (1989) calculando el HCp (Hazardous Concentration for P% de especies de una comunidad).

Finalmente la estimación del riesgo ecológico se realizó mediante el cociente PEC/PNEC (Comisión de las Comunidades Europeas, el 1996; Medina & Encina, 2004) utilizando el conjunto de resultados de efectos LC₅₀ y NOEC para especies nativas y especies estandarizadas.

Las pruebas de hipótesis para la comparación de resultados se realizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) permitiendo establecer los factores de evaluación mas adecuados a ser utilizados en Chile, todos los análisis estadísticos se efectuaron mediante el software XLStat.

4 RESULTADOS.

4.1 RECOPIACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE.

Con la finalidad de efectuar un análisis y sistematizar los antecedentes bibliográficos existentes para la cuenca del río Valdivia, región de Los Ríos, se recopiló un total de 87 estudios, los cuales permitieron la compilación de antecedentes técnicos y científicos. La mayor parte de la información disponible se encuentra en formato digital y a libre disposición en bases de datos nacionales e internacional, sin embargo, un número indeterminado de estudios desarrollados en el marco de proyectos internos de diversas Instituciones no se encuentran disponibles.

Así mismo, a pesar de existir tres estudios de recopilación de información para la cuenca del río Valdivia, dada la escala de éstos, no se analiza en detalle el área de la subcuenca del río Cruces, ni las características diferenciales de ésta como humedal. Además, dichos estudios no se acompañan de la base de datos empleada para su elaboración y sistematización.

En cuanto a la información biológica de la cuenca, los estudios más acabados para el Santuario de la Naturaleza, respecto a flora acuática y fauna, datan desde la década del 80. También es importante destacar que un 19,6% de los estudios e investigaciones corresponden a tesis de grado desarrolladas en universidades del sur del país. Al analizar la temporalidad de la información recopilada para la cuenca se observa que el 80% de los estudios recabados tienen data posterior al año 2004, lo que pudiese ser atribuido a la necesidad de información requerida producto del suceso ecológico generado por la mortalidad y emigración de ejemplares de Cisne de cuello negro desde las aguas del humedal.

Si bien existen estudios relativos a estructuras comunitarias en el Santuario, dicha información no muestra el mismo nivel de especificidad, dado que existen grupos faunísticos y florísticos determinados que han concentrado el

interés científico en desmedro de acabados antecedentes respecto a abundancia y riqueza específica de otros grupos. Estudios ecológicos permitirían establecer tramas tróficas específicas dadas las características diferenciales de este ecosistema.

De esta forma, a partir de la información recopilada de diversas fuentes disponibles, se generó un catastro detallado de ésta para la cuenca del río Valdivia, centrada específicamente en la subcuenca del río Cruces, Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter.

Para facilitar la búsqueda de información se generó una base de datos digital en un CD compilatorio, acompañada a su vez, de toda la documentación recabada en formato Adobe Acrobat (.pdf) vinculando cada documento citado en la base de datos con su respectivo archivo de enlace.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA.

El humedal de río Cruces caracteriza por presentar amplias zonas de inundación estacional y permanente en las riberas. Esta cuenca presenta régimen netamente pluvial, dominada por humedales de tipo ribereño y palustre, con influencia estuarina en la zona inferior (Dugan 1992). La profundidad en las partes inundadas no sobrepasa los 2m, mientras que el cauce principal puede llegar a las 16m (Dürschmidt 1980). El área fue declarada legalmente como "Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter" el 3 de junio de 1981, mediante decreto N° 2.734 del Ministerio de Educación; el mismo año ingresa a la nómina de la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional (Convención Ramsar), convirtiéndose en el primer sitio de Chile protegido bajo este esquema de conservación, protegiendo así las zonas de húmedas, especialmente aquellas que conforman hábitat de aves acuáticas. El Santuario incluye el lecho, islas y zonas de inundación de los ríos Cruces y Chorocamayo, en una longitud aproximada de 25 km y de 2 km de ancho como promedio. Correspondiendo a una reserva acuática de

aproximadamente 4.877 ha, ubicada en el sector terminal del río Cruces. El origen de estos humedales se remonta a mayo de 1960 cuando el sur de Chile sufrió un devastador terremoto, que provocó el descenso de vastos terrenos asociados a riberas de ríos, lo que permitió el asentamiento de zonas húmedas que han llegado a convertirse en valiosos refugios de fauna silvestre (Kennedy 1977).

El río Cruces se origina en la vertiente occidental de los cerros situados entre los lagos Villarrica y Calafquén. Drena un área de 3.233 km² en la depresión de San José en la parte norte de la provincia de Valdivia. De acuerdo a la estadística histórica, el río Cruces, tiene un caudal medio anual de 192,7 m³/s, con una fuerte variación estacional. En invierno el caudal medio es de 113,6 m³/s, mientras que en verano es de 20 m³/s., marzo es el mes más seco, con 1,1654 m³/s. El río Cruces es un tributario del Valdivia, y sus principales afluentes son los ríos Puralón, Naninhue, San Antonio, Cudico, Pichoy, Cayumapu, Chorocamayo y otros esteros menores. Sus últimos 20 km tienen características de potamón, con aguas tranquilas y profundas y con sustrato de arena y limo. Además, están rodeados por bañados, lugares inundados permanentemente, de poca profundidad, con mucho sedimento orgánico en el fondo y una abundante vegetación acuática y palustre (Campos 1985). Estos bañados, que tienen mayor extensión que el mismo río, se formaron por inundación de vegas agrícolas y ganaderas, que descendieron casi dos metros (Ramírez et al., 1991), estando bajo la influencia periódica de las mareas y son mantenidos como tales por la abundante precipitación de la región valdiviana (Figura 4-1 y Figura 4-2).

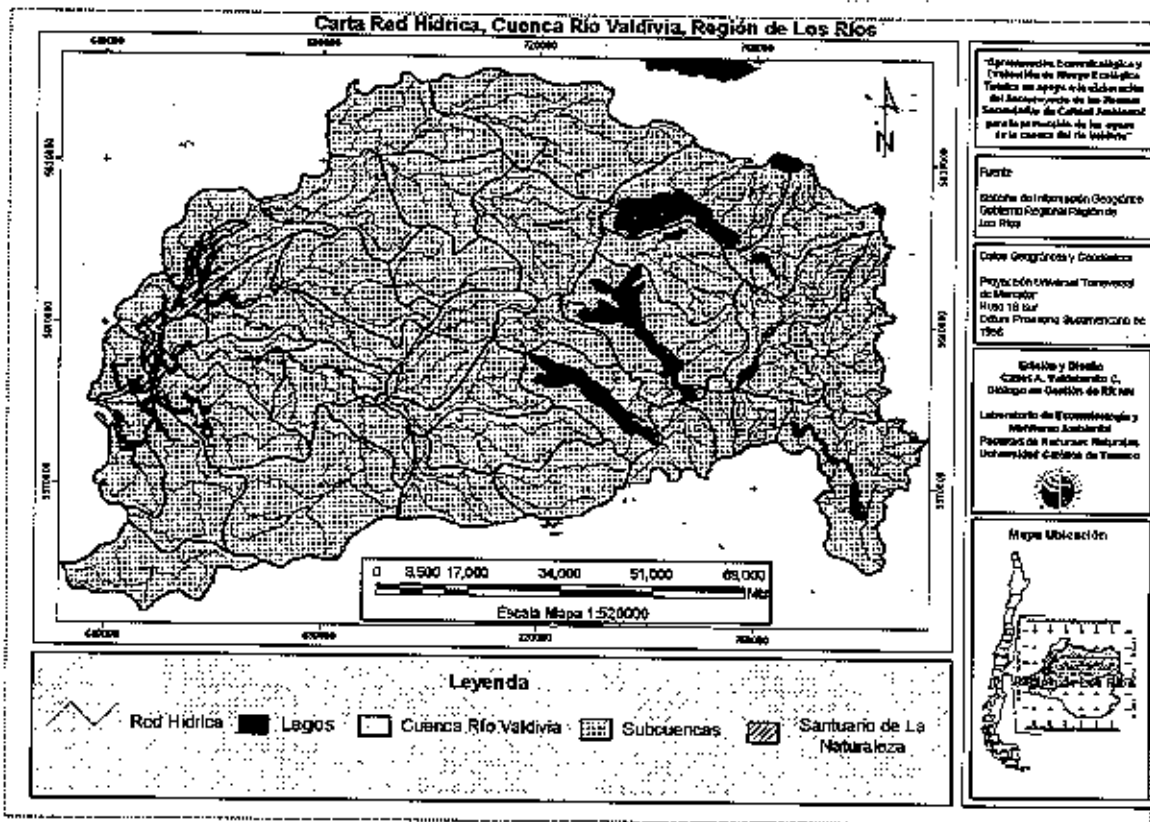


Figura 4-1. Hidrografía cuenca del río Valdivia, región de Los Ríos.

Tabla 4-1. Antecedentes Generales Subcuencas río Valdivia.

| | Superficie (km ²) | Superficie (ha) | Largo (km) | Caída (m) |
|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------|-----------|
| Cuenca Río Valdivia | 10.275 | 1.027.000 | 15 | 687 |
| Subcuenca Río Cruces | 3.233 | 323.300 | 50 | |
| Subcuenca Río Calle-Calle | 5.267 | 526.700 | 55 | 398 |
| Santuario | 48,77 | 4.877 | 25 | - |

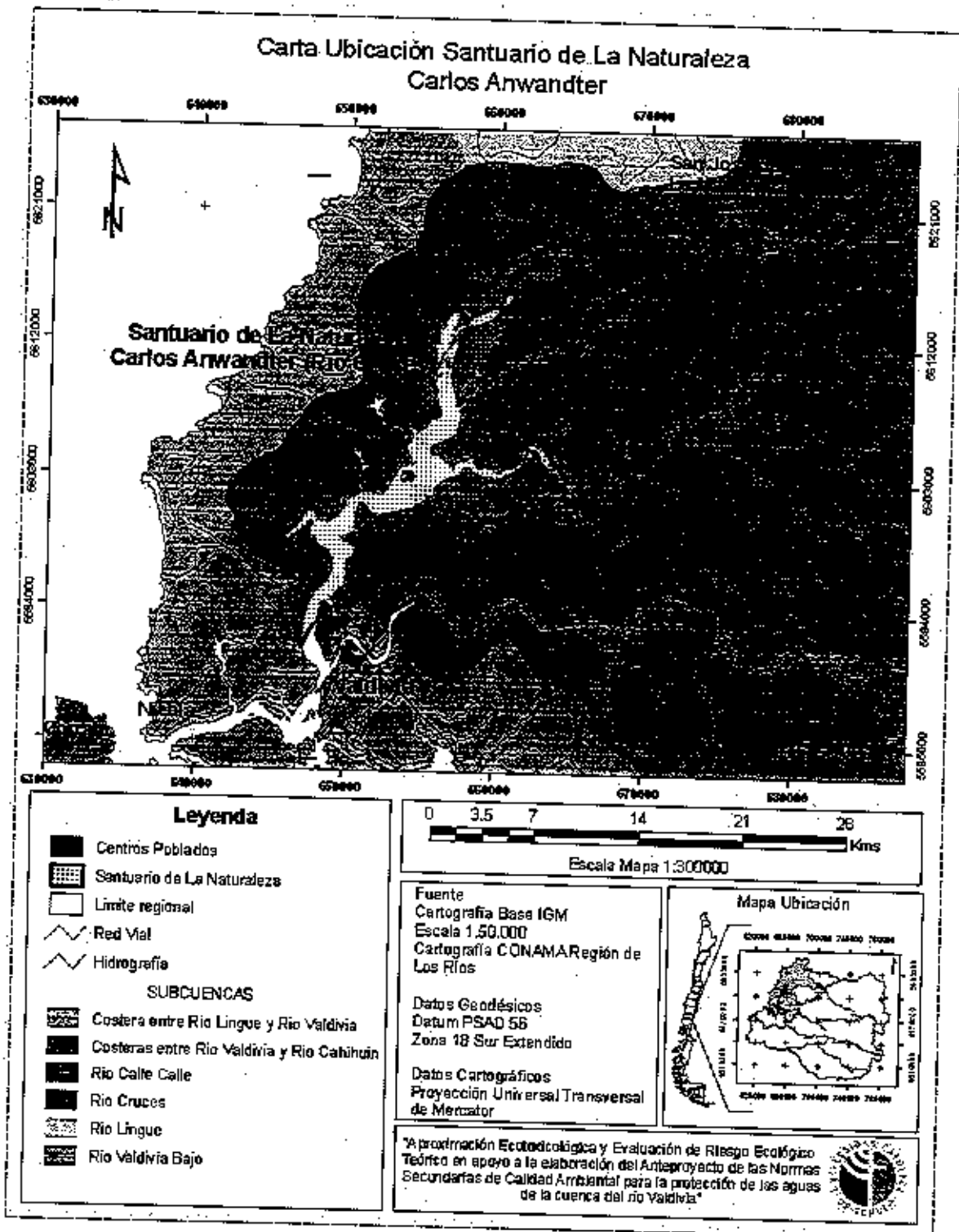


Figura 4-2. Carta localización Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, Cuenca del río Valdivia, región de Los Ríos.



Los humedales en sí, mantienen una serie de funciones ecosistémica que es importante resguardar, de esta forma por ejemplo, el humedal del río Cruces, permite el control de erosión, retención de sedimentos, retención de nutrientes, estabilización del clima, el control de caudales, control de sedimentación, almacenaje de aguas, lo que reduce los riesgos de inundación para la población (Muñoz & Möller 1992). Además del valor desde la perspectiva de la biodiversidad, el Santuario tiene un valor por el potencial uso en recreación, turismo, interés educacional para la práctica de la educación e interpretación ambiental (Morales 1979). De gran importancia es la alta productividad y diversidad biológica del Santuario del río Cruces (Schlatter, 1976; Schlatter et al. 2002), la flora acuática y palustre del Santuario, proporciona un lugar de vida, refugio y nidificación para una gran cantidad de especies de fauna. Es además una importante fuente de alimento para los consumidores primarios (Araya et al. 1995; Kennedy 1977). De acuerdo al origen fitogeográfico de las especies de flora, el 65% de ellas son plantas nativas, observándose un alto porcentaje de plantas alóctonas (32,5%), que indicaría que en esta zona existiría cierto grado de intervención humana (Ramírez et al. 1991), a pesar de ello este sector es una de las zonas más ricas en diversidad vegetal de los santuarios de la naturaleza existentes, ya que está formada por 80 especies de plantas superiores. Distribuida en 39 familias y 62 géneros (Ramírez et al. 1991). Considerando la abundancia de las especies, los Criptófitos dominan el espectro biológico con un 62,3%, confirmándose así el carácter hidrófilo de la vegetación, es decir, de tipo acuático y palustre, los Hemicriptófitos representan el 35,25% y los Fanerófitos y Caméfitos, en conjunto forman menos del 3% del total. La avifauna de este Santuario está formada por más de 60 especies y ha sido estudiada por Kennedy (1977), destacando por su abundancia la tagua (*Fulica armillata*) y el cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*). En los bañados abundan coipos (*Myocastor coypus*) y carpas (*Cyprinus carpius*) que, al igual que las aves nombradas, se alimentan de plantas acuáticas y palustres (Campos 1985).

La fauna ictiológica de este río y sus bañados no es muy variada, pero entre las especies existentes algunas cumplen roles ecológicos de gran importancia, ya sea como consumidores primarios o formando parte de la dieta de muchas especies de aves y de algunos mamíferos. (Campos 1985), dentro de las especies auctótonas se encuentran: *Brachygalaxias bullocki* (Puye); *Galaxias maculatus* (Puye); *Cheirodon galusdae* (Pocha de los lagos); *Cheirodon pisciculus* (Pocha común); *Cheirodon australis* (Pocha del sur); *Percilia gillisi* (Carmelita común); *Geotria australis* (Lamprea de bolsa); *Trichomycterus aerolatus* (Bagre pintado); *Percichthys trucha* (Percatrucha); *Cauque mauleanum* (Cauque); *Basilichthys australis* (pejerrey de río) y las introducidas: *Cyprinus carpio* (Carpa); *Carassius carassius* (Pez dorado); *Gambusia affinis* (Gambusia); *Tinca tinca* (Tenca); *Oncorhynchus mykiss* (Trucha); *Salmo trutta* (Trucha). Los insectos son abundantes e importantes en el área por el rol que desempeñan en la cadena trófica de los sistemas acuático-palustres ya que constituyen un aporte para poblaciones de nivel trófico superior como peces y anfibios. La fauna de anfibios que se encuentra en el santuario y alrededores está compuesta por 8 especies de anuros, de los cuales destaca la Rana grande y la especie *Hylorina sylvatica* por ser bastante escasa. Algunas especies de crustáceos también residen en estas zonas húmedas, entre ellos resalta el Camarón de las vegas *Parastacus nicoletti*, el Camarón de río *Samastacus spinifrons* y *Aegla sp* (Pancora).

La alta sensibilidad de este ecosistema a las modificaciones ambientales, se hizo patente producto de la situación ocurrida en el Santuario, durante el año 2004, requiriéndose entonces una evaluación acabadamente de los potenciales impactos que las actividades productivas generadas en las cercanías del humedal pudiesen generar y determinar de manera acavada los efectos tóxicos y posibles riesgos ecológicos a que se ve expuesto el sistema.



4.2.1 Geomorfología.

La cuenca del río Valdivia se caracteriza por presentar formaciones geomorfológicas características como cordones montañosos, precordillera morrénica, depresión intermedia y planicies litorales.

En el caso de los cordones montañosos se caracterizan por la presencia principalmente de sierras y cordilleras entre 1.200 y 1.600 m.s.n.m. En la zona alta de la cuenca existen conos volcánicos que definen la orografía andina de esta área como un relieve fuertemente modelado por la erosión de glaciares y ríos.

La precordillera se muestra formada por acumulación de sedimentos fluvio - glaciovolcánicos, sometidos a una intensa acción erosiva lineal generada por los cursos fluviales y lacustres.

La depresión intermedia presenta una topografía ondulada y bifurcada por los cauces de numerosos ríos, así el cauce del río Calle Calle y su principal afluente el río San Pedro, presentan un escurrimiento de tipo meándrico con valles fluviales de marcada estreches.

Las planicies litorales de sedimentación fluvio marina en esta zona se presentan muy estrechas e interrumpidas (DGA 2004). El área se inserta precisamente en una depresión tectónica, denominada depresión de San José que separa los relieves oriental y occidental de la cordillera de La Costa, y cuya geomorfología presenta zonas planas con terrenos permanentemente inundados, dominados por hundimientos del valle longitudinal, generándose terrazas fluviales sedimentarias (Illies 1970). La figura 4-3 muestra las características morfológicas generales de la cuenca del río Valdivia.

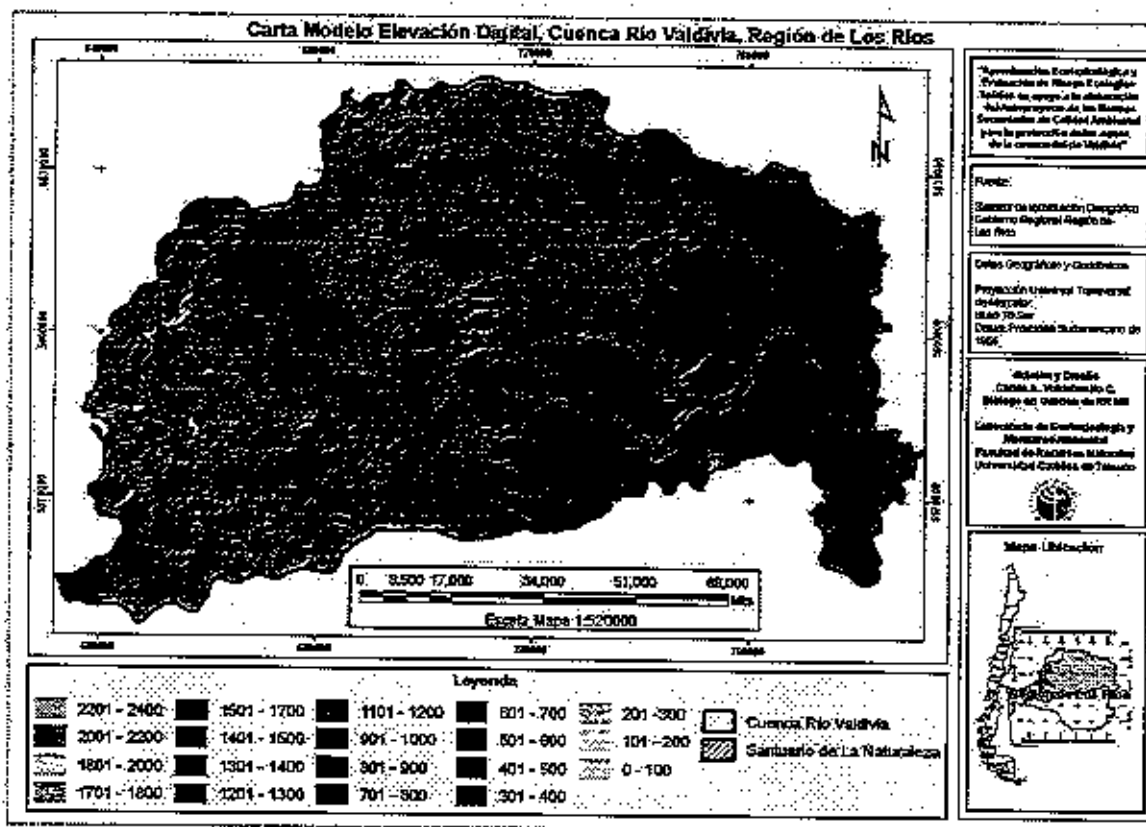


Figura 4-3. Modelo de elevación digital para la cuenca del río Valdivia, región de los Ríos.

4.2.2 Clima.

La cuenca del río Valdivia en el sector del Santuario se caracteriza por estar influenciada por dos tipos climáticos: el tipo templado cálido con menos de cuatro meses secos, presente al norte en el sector de San José de la Mariquina; y el tipo climático cálido lluvioso con influencia mediterránea. Este tipo climático se encuentra en la región de La Araucanía y la región de Los Lagos, desde la cuenca del río Cautín hasta el norte de la ciudad de Puerto Montt. Se caracteriza por presentar precipitaciones a lo largo de todo el año aunque los meses de verano presentan menor pluviosidad que los meses invernales (DGA 2004). El mes más frío presenta temperaturas que van entre los 18°C y -3°C, y la media del mes más cálido supera los 10°C, con escasas oscilaciones térmicas e inviernos poco rigurosos (Di Castri 1964).



4.2.3 Geología.

La cuenca hidrográfica del río Valdivia y en particular su afluente, el río Cruces se extiende desde la latitud 39° 20' por el norte hasta la latitud 40°10' por el sur. En el sector alto de la cuenca destaca la existencia de formaciones rocosas de origen sedimentario volcánico del período Terciario y Cuaternario y rocas hipabisales e intrusivas pertenecientes a los períodos Jurásico Terciario. Destacan los volcanes Quetrupillán y Choshuenco como importantes formadores del relieve de esta cuenca, así como las glaciaciones acontecidas durante el período Cuaternario. Estas formaciones consisten principalmente en coladas, brechas, tobas e ignimbritas con intercalaciones de lutitas, calizas, areniscas y conglomerados de baja permeabilidad y que forman el basamento de este sector de la cuenca. Por lo tanto, las infiltraciones de aguas meteóricas escurren por el subsuelo principalmente hasta los cuerpos lacustres de Panguipulli, Calafquén, Riñihue, Pellaifa, Pirihueico y Neltume. Las aguas de estos lagos se infiltran a través del material morrénico originando una fuente constante de abastecimiento del acuífero (Pérez & Troncoso 2002).

Geológicamente, en la cuenca del Río Valdivia existe un dominio de antearco, con un prisma de acreción y una cuenca. El prisma de acreción, corresponde al Complejo Metamórfico Bahía Mansa del Paleozoico Superior, compuesto por esquistos pelíticos a semipelíticos, con intercalaciones de metareniscas, esquistos máficos y esquistos anfibólicos y/o peridotitas.

Las formaciones geológicas presentes en la cuenca del río Valdivia, representan claramente franjas con orientación poniente - oriente, las cuales están compuestas principalmente por:

- **Rocas PzTr4**, del tipo metamórficas del Paleozoico-Triásico: Metapelitas, metacherts, metabasitos y en menor proporción neises y rocas ultramáficas con protolitos de edades desde el Devónico al Triásico y metamorfismo del Pérmico al Jurásico. Complejo metamórfico Liquiñe. Se distinguen esquistos pelíticos.



- **Rocas Q1g2**, del tipo sedimentaria del Pleistoceno-Holoceno: Depósitos morrénicos, fluvio-glaciales y glacialacustre, diamictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos. Lóbulos morrénicos en el frente de los lagos proglaciales abanicos fluvio-glaciales frontales ovares en las riberas de lagos o cursos fluviales, asociados a las principales glaciaciones del pleistoceno donde son indiferenciados o relativos a las glaciaciones Santa María.
- **Rocas PzTr4**, del tipo metamórficas del Paleozoico-Triásico: Metapelitas, metacherts, metabasitos y en menor proporción neises y rocas ultramáficas con protolitos de edades desde el Devónico al Triásico y metamorfismo del Pérmico al Jurásico. Complejo metamórfico Liquiñe. Se distinguen esquistes pelíticos.
- **Rocas Q1g2**, del tipo sedimentaria del Pleistoceno-Holoceno: Depósitos morrénicos, fluvio-glaciales y glacialacustre, diamictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos. Lóbulos morrénicos en el frente de los lagos proglaciales abanicos fluvio-glaciales frontales ovares en las riberas de lagos o cursos fluviales, asociados a las principales glaciaciones del pleistoceno donde son indiferenciados o relativos a las glaciaciones Santa María.
- **Rocas Q1g1**, del tipo sedimentaria del Pleistoceno-Holoceno: Depósitos morrénicos, fluvio-glaciales y glacialacustre, diamictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos. Lóbulos morrénicos en el frente de los lagos proglaciales abanicos fluvio-glaciales frontales ovares en las riberas de lagos o cursos fluviales, asociados a las principales glaciaciones del pleistoceno donde son indiferenciados o relativos a las glaciaciones Llanquihue.
- **Rocas DC4**, del tipo metamórficas del Deunimico-Carbonífero: Metareniscas, filitas y en menor proporción mármoles, chesta, metabasaltos y metaconglomerados, metaturbiditas confacies de "melange".
- **Rocas CPg**, del tipo intrusiva del Carbonífero-Pérmico: Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de homblenda y biotita, localmente de muscovita.

- **Rocas Jsg**, del tipo intrusivas del Jurásico medio-superior: Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno, hornblenda. Además, de intercalaciones de rocas PPI3, Q3i.
- **Rocas PPI3**, del tipo volcánicas del Plioceno-Pleistoceno: Secuencias y centros volcánicas parcialmente erodados, lavas basálticas con intercalaciones de tobas y conglomerados.
- **Rocas Q3i**, del tipo volcánico del Cuaternario: Estrato volcanes y complejos volcánicos; lavas basálticas a riolíticas, domos y depósitos piroclásticos andesíticos-basálticos-a dacíticos; principalmente calcoalcalinos.
- **Rocas Kig** (en el norte) del tipo intrusivas del Cretácico inferior: Granitos, granodioritas y tonalitas de hornblenda y biotita y rocas Mg (en el sur) del tipo Intrusivas del Mioceno. Granodioritas, dioritas, tonalitas. (SERNAGEOMIN 2002).

Es importante destacar que la información geográfica entregada y recopilada no incluía cartografía de la geología del área en estudio, por lo cual este análisis se efectuó sólo en base a la recopilación de información bibliográfica publicada para el área.

4.2.4 Hidrogeología.

Existen naturalmente una amplia gama de formaciones con capacidades muy diversas para almacenar y transmitir agua desde el punto de vista hidrogeológico, estas formaciones se dividen en cuatro principales Acuíferos, Acuitardos, Acuicludos y Acuífugos.

Tabla 4-2. Formaciones geológicas frente al agua.

| Formaciones Geológicas | Capacidad de Almacenar | Capacidad de drenaje | Capacidad de transmisión | Formaciones Características |
|------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Acuífero | Alta | Alta | Alta | Gravas, arenas, calizas |
| Acuitardos | Alta | Media/Baja | Baja | Limos, arenas limosas y arcillosas |
| Acuicludos | Alta | Muy Baja | Nula | Arcillas |
| Acuífugos | Nula | Nula | Nula | Granitos, Gneises mármoles |

Es así como la hidrogeología de los depósitos detríticos de las cuencas de San José de la Mariquina, valle del río Lingue y Cordillera de la Costa al norte de Valdivia es prácticamente desconocida. Sus acuíferos, hasta ahora, no han sido definidos ni caracterizados en detalle como unidades hidrogeológicas regionales.

En el valle central de la cuenca escurren dos acuíferos: uno en dirección SWW paralelo al río Las Cruces y el otro lo hace en dirección oeste paralelo al río Calle-Calle juntándose ambos en las proximidades de la ciudad de Valdivia. El medio por el cual escurre el acuífero es material de relleno o depósitos no consolidados de origen glacial, consistente en morrenas y materiales aluviales de alta permeabilidad (DGA 2004).

Destaca el estrechamiento del valle central por parte del batolito costero consistente en rocas metamórficas y sedimentarias del período Paleozoico que provoca la bifurcación antes señalada de los acuíferos. El acuífero presenta una baja profundidad que se mantiene hasta su desembocadura con profundidades de 2 a 3 metros (DGA 2004).

En la Figura 4-4 se representan las características hidrogeológicas generales de la cuenca del río Valdivia.



Figura 4-4. Características Hidrogeológicas de la Cuenca del río Valdivia
(Escala 1:1.000.000). Fuente: Mapa Hidrológico de Chile de la DGA (2002)

• **Acuíferos.**

La naturaleza geológica del área de Valdivia es definida, en función de la ocurrencia del agua subterránea y por las condiciones de circulación y almacenamiento, acuíferos de alta a baja importancia hidrogeológica, con porosidad primaria o granulares de reducida extensión y con porosidad secundaria o fisurados de gran extensión en el área existen dos grandes tipo de acuíferos (Pérez & Troncoso 2002):

Acuíferos de alta importancia hidrogeológica en depósitos no consolidados:

Acuífero confinado superior e inferior.

Se especializan en depósitos fluvio-estuarinos del último interglacial y glaci-fluviales de la Glaciación Santa María, respectivamente, expuesto en la cuenca de San José de la Mariquina. Se encuentran separados por niveles arcillosos inferiores del depósito fluvioestuarino, de 6 a 30 m de espesor.

Acuífero confinado a semiconfinado.

Se definen en depósitos fluvio-estuarinos del último interglacial, homolgados potencialmente a la desembocadura del río Lingue, cubierto por arcillas, limos y/o arenas arcillosas, de 8 a 28 m de espesor, pertenecientes al mismo depósito. Se compone de arenas finas, excepcionalmente gruesas, formadas a partir de la erosión de rocas metamórficas.

Acuífero libre.

Se definen en depósitos glaci-fluviales de la Glaciación Llanquihue y Santa María, constituido por gravas y arenas, de reducida exposición y espesor en valles de ríos principales, como el Cruces. Poseen una zona no saturada y saturada entre 0- 5 m y 3-15 m de espesor, respectivamente.

Acuíferos de media a baja importancia hidrogeológica en depósitos no consolidados:**Acuífero libre.**

Ocurren en depósitos de playa, fluviales y fluvio-estuarinos, constituido por gravas y arenas, de reducida extensión y espesor en valles de ríos principales, Cruces y el río Lingue, poseen una zona no saturada y saturada entre 0-5 m y 3-15 m de espesor, respectivamente (Pérez & Troncoso 2002).

Acuífero confinado.

Se definen en depósitos fluvio-estuarinos del último interglacial, situado entre los 40 y 80 m de profundidad en el borde de la cuenca de San José de la Mariquina, constituido por arenas, gravas de esquistos y cuarzo, y arcillas, de 4 a 10 m de espesor, posee caudales entre los 0,5 y 25 l/s, transmisividad muy baja y permeabilidad baja a media (Pérez & Troncoso 2002).

Acuíferos de media importancia hidrogeológica en roca fisurada:

Acuífero en roca fisurada libre a confinado.

Se define en el Complejo Metamórfico Bahía Mansa, en toda la Cordillera de la Costa que se define como área de estudio. Está integrado por esquistos, con intercalaciones de metareniscas, foliación penetrativa y fracturas abiertas, y pequeñas intrusiones de granodioritas y pórfidos dacíticos.

Acuíferos de baja importancia hidrogeológica en roca fisurada:

Acuífero en roca fisurada libre a confinado.

Se define para las areniscas de la Formación Santo Domingo, cubierto ocasional por sedimentos permeables fluviales, o por estratos impermeables a semipermeables fluviales, fluvio-estuarinos o morrénicos, con 5 m de espesor promedio, que confinan o generan una situación libre cubierto para el acuífero, en la Cordillera de la Costa.

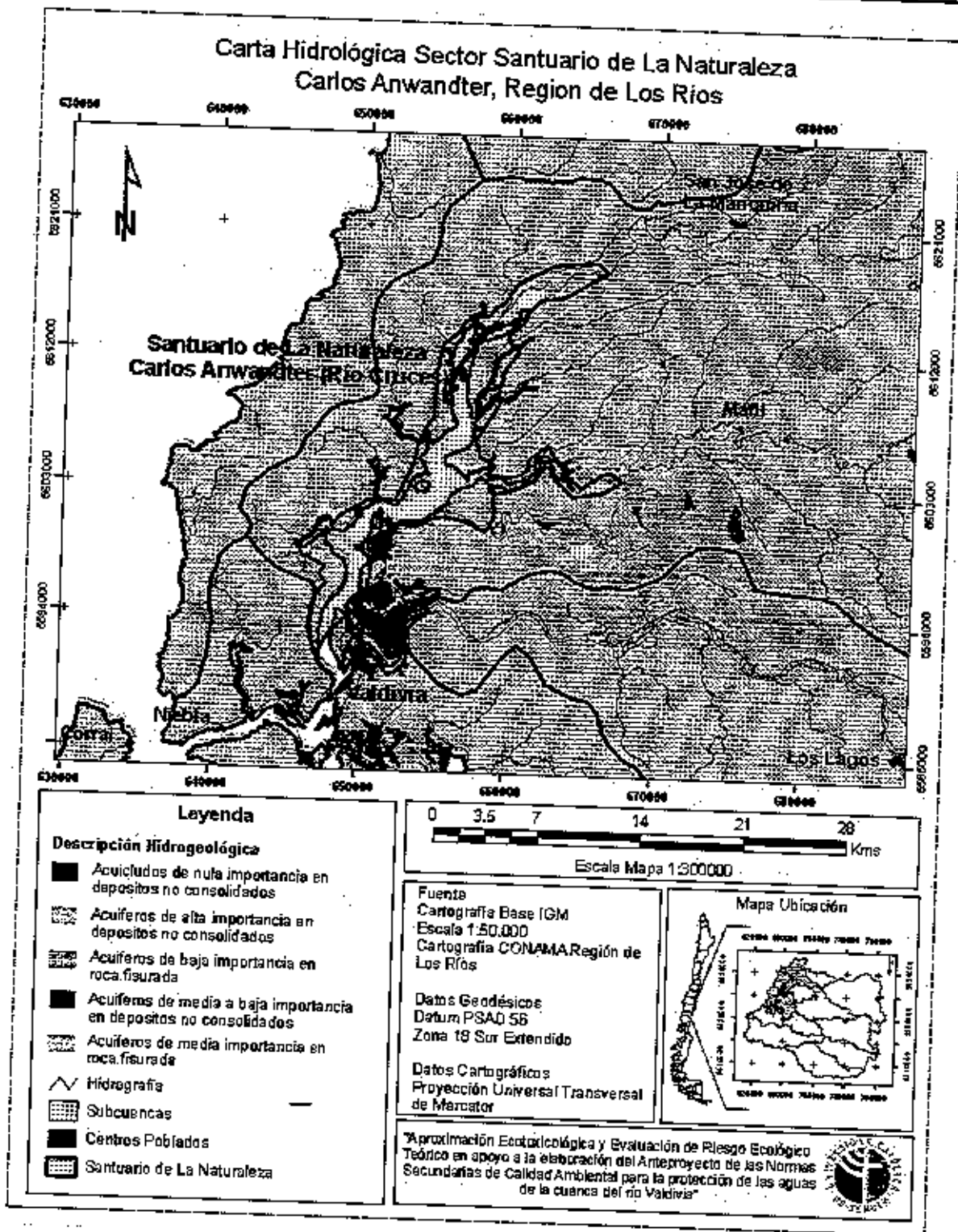


Figura 4-5. Carta Hidrogeológica Subcuenca río Cruces, Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter.

4.2.5 Usos de Suelo Cuenca del Río Valdivia.

Los usos de suelo de la cuenca del río Valdivia se muestran en la Figura 4-6, registrándose tres clases de uso de suelo predominantes en la subcuenca del río Cruces:

Sección alta: se registra un uso mayoritario de Bosque Nativo acompañado de áreas sobre el límite de Vegetación, sin embargo afloran otros usos menores de Praderas Perennes y Renoval Nativo. En esta zona resaltan los grandes lagos presentes dentro de la cuenca.

Sección media: en esta área, como se aprecia en la Figura 4-6, existe un mosaico de diferentes usos donde se destacan mayoritariamente usos de Praderas, Renoval Denso, Protección y Bosque Nativo.

Sección baja: En el área domina ampliamente terrenos de uso agrícola con pequeñas afloraciones de usos de renoval denso, renoval abierto, matorral semi denso y destaca el uso de suelos urbanos donde se localizan la ciudad más importante presente dentro de la cuenca del río Valdivia.

Los usos de suelo en la totalidad de la cuenca del Río Valdivia se presentan en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3. Uso de suelo relativo en % para la cuenca del Río Valdivia.

| Uso de Suelo | Superficie (%) |
|----------------------------------|----------------|
| Áreas Urbanas- industriales | 0,4 |
| Bosques | 57,4 |
| Cuerpo de agua | 4,3 |
| Humedales | 0,8 |
| Plantaciones | 1,2 |
| Matorrales y Praderas | 33,7 |
| Terrenos Agrícolas | 1,3 |
| Áreas desprovistas de vegetación | 1,35 |
| TOTAL | 100 |

En resumen, el uso de suelo se caracteriza por presentar múltiples usos, predominando las áreas agropecuarias y bosques nativos, con una menor superficie de la cuenca cubierta por plantaciones exóticas y áreas urbanas (Figura 4-6).

Además, a partir de la información recopilada y entregada por CONAMA Región de Los Ríos se generó cartografía temática de localización de las fuentes puntuales industriales que vierten RILES a la cuenca del río Valdivia, específicamente al Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter (Figura 4-7y Figura 4-8) generando, así, un catastro detallado de dichas descargas en el área en estudio, las que se presentan en la Tabla 4-4 Esta información permitió visualizar las principales actividades industriales desarrolladas en la cuenca, las cuales se pudiesen convertir en fuentes actuales y/o potenciales de contaminación en el área y en particular del Santuario, pudiendo afectar la mantención de la diversidad biológica, y los valores y funciones que desempeñan estos humedales. A pesar de que se conoce una amplia gama de actividades que ejercen presión sobre este sistema hídrico (ganadería, extracción de áridos, abastecimiento de agua, embarcaciones motorizadas, descarga de efluentes domésticos e industriales), los datos de la Dirección General de Aguas (DGA), indican que la cuenca posee en general una buena calidad de aguas (EULA 2007). Sin embargo, existen antecedentes de la presencia de organoclorados y sus metabolitos en leche materna en las comunas de Valdivia y San José (Pinto et al. 1990; Montes et al. 1993) y la detección de residuos clorados en tejido adiposo humano en la zona alta de la cuenca del río Valdivia (López et al 1989), siendo detectados también estos compuestos en sedimentos (Espinoza 1998) y en mitilidos (Tamayo et al. 1993) del estuario del río Valdivia.

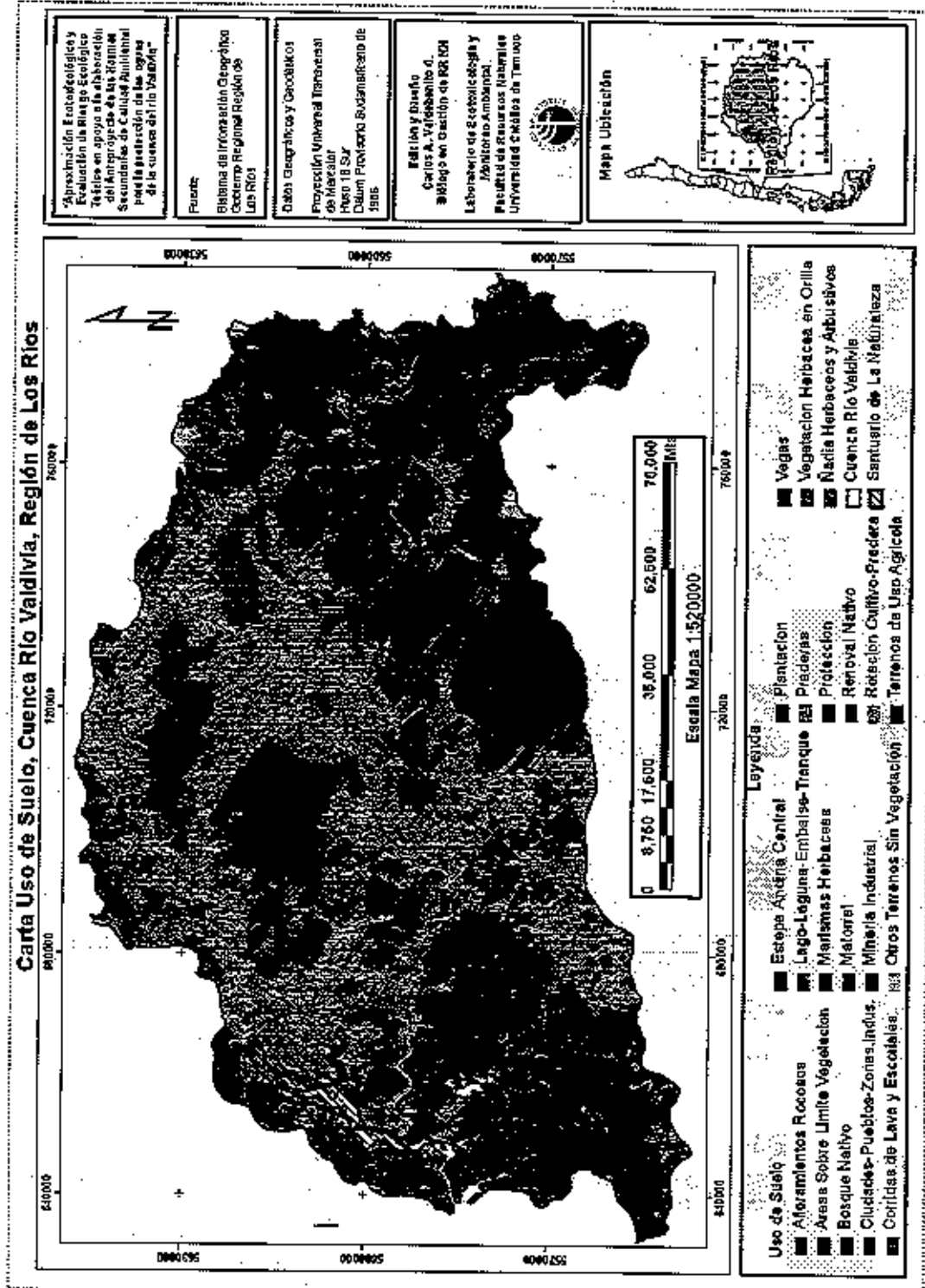


Figura 4-6. Carta Uso de Suelo Cuenca Río Valdivia.

La tabla siguiente muestra el catastro de fuentes industriales para la cuenca del río Valdivia, destacadas se muestran las industrias aledañas al Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter.

Como se observa en la Figura 4-7, dentro del área específica del Santuario no existen fuentes puntuales de tipo industrial, sin embargo descargas de importancia como Celulosa Arauco Constitución, Lácteos Valdivia, Agrícola Cran Chile se localizan aguas arriba del Santuario, en el área de influencia inmediata del humedal

Tabla 4-4. Catastro de fuentes puntuales industriales Cuenca del Río Valdivia-Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter.

| ID | Coordenada X | Coordenada Y | Nombre |
|----|--------------|--------------|-----------------------|
| 3 | 690150 | 5631500 | Agrícola Cran Chile |
| 10 | 688750 | 5586150 | Prolesur |
| 11 | 703992 | 5638980 | Watts Loncoche |
| 12 | 637792 | 5584529 | Pesquera Isla del Rey |
| 13 | 635281 | 5583185 | Pesca Corral |
| 15 | 635503 | 5605455 | Pesquera El Golfo |

Nota: Descargas destacadas corresponde a industrias aledañas al Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter.

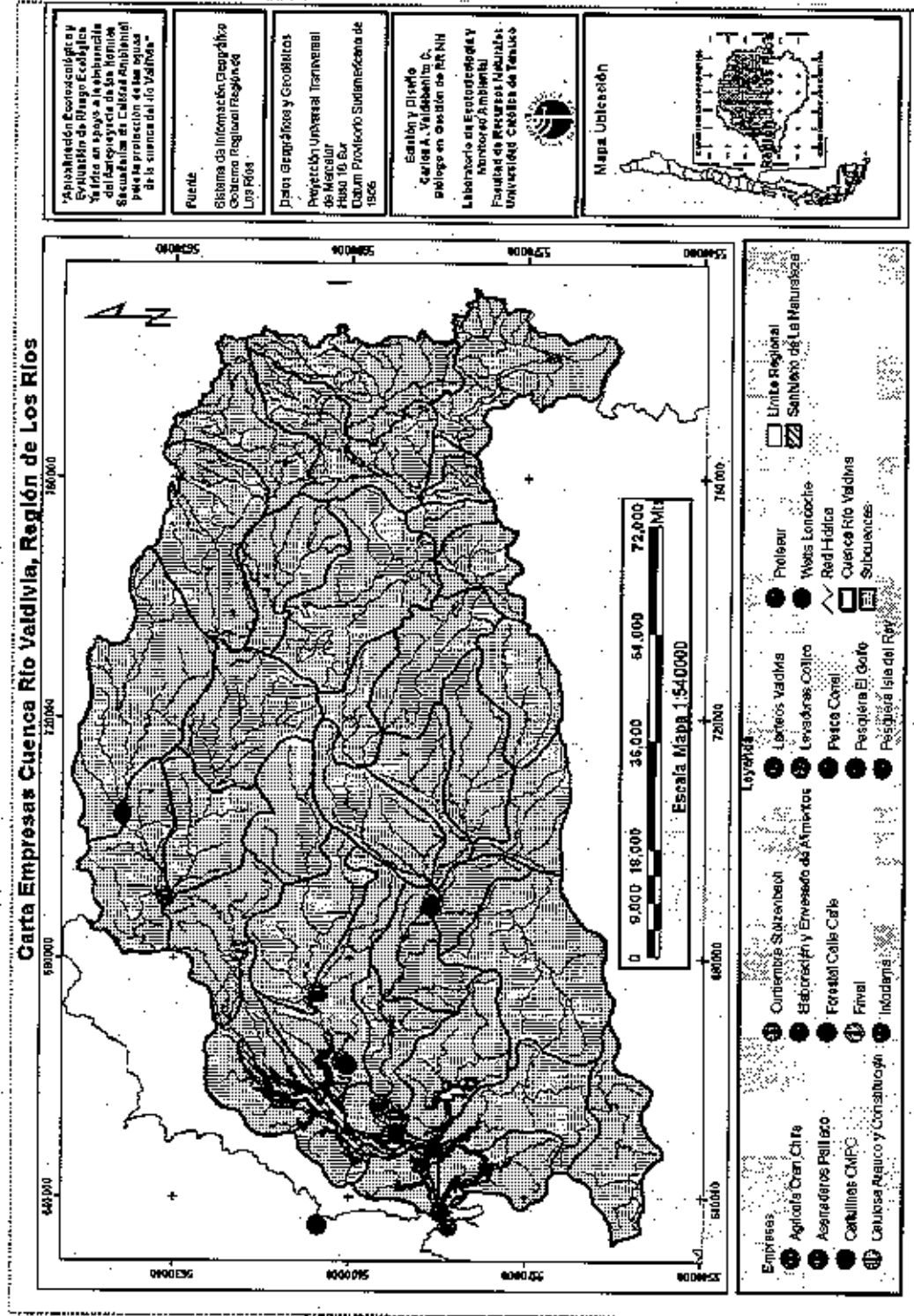


Figura 4-7. Cartografía Localización fuentes puntuales industriales en la cuenca del río Valdivia.

Escuela de Ciencias Ambientales - Universidad Católica de Temuco - Rutafrederico Ortega 02950, Temuco, XI Región
Fono: (56-45) 205333 - Fax: (56-45) 205430 - www.uct.cl

En la Figura 4-9 se pueden observar las estaciones de monitoreo de calidad de agua con las que cuenta la Dirección General de Aguas (DGA) para la cuenca del río Valdivia, así dado que estas estaciones no permiten caracterizar la situación del humedal del río Cruces se debe empelar otras fuentes de información generano su tabulación con la finalidad de determinar los puntos de muestreo localizados en similares tramos del río y estaciones de medición que permitiesen complementar el registro (espacial y temporal) de los análisis efectuados.

A continuación la Tabla 4-5 presenta la red de monitoreo de calidad de aguas para la cuenca del río Valdivia, específicamente aquellas estaciones aledañas al Santuario de la Naturaleza.

Tabla 4-5. Red de Monitoreo Calidad de Aguas cuenca río Valdivia.

| Estaciones | X | Y | Ente | Subcuenca | Descripción | Estación |
|----------------------------|--------|---------|-------------------|--------------|--|----------|
| Cruces en Rucaco | 680580 | 5620010 | DGA | Río Cruces | Río Cruces entre Río Leufucade y bajo E. Queuchico | E3 |
| Cruces en Cahuincura | 667640 | 5620790 | DGA | Río Cruces | Río Cruces entre E. Queuchuco y Río Inaque | E5 |
| Cruces ante Bocatoma CELCO | 681730 | 5619580 | DGA | Río Cruces | Río Cruces entre Río Leufucade y bajo E. Queuchico | E2 |
| Valdivia-Transbordador | 648620 | 5589000 | DGA | Río Valdivia | Río Valdivia | E17 |
| Cruces-Sector Punucapa | 648986 | 5597720 | CONAMA-DIRECTEMAR | Río Cruces | Río Cruces entre Río Inaque y Río Valdivia | E11 |
| Cruces-Cau Cau | 648646 | 5594659 | CONAMA-DIRECTEMAR | Río Cruces | Río Cruces entre Río Inaque y Río Valdivia | E15 |
| Valdivia-Silos de Torobayo | 648430 | 5589326 | CONAMA-DIRECTEMAR | Río Valdivia | Río Valdivia | E16 |
| Cruces en Punucapa (2) | 648992 | 5597632 | SERNAGEOMIN | Río Cruces | Río Cruces entre Río Inaque y Río Valdivia | E13 |
| Cruces San Luis | 658788 | 5614312 | SERNAGEOMIN | Río Cruces | Río Cruces entre E. Queuchuco y Río Inaque | E7 |
| Santa María | 655977 | 5608493 | SERNAGEOMIN | Río Cruces | Río Cruces entre E. Queuchuco y Río Inaque | E8 |

(Continuación Tabla 4-5)

| Estaciones | Código | Código | Agente | Subcuenca | Descripción | Estación |
|-----------------------------------|--------|---------|--------|------------|--|----------|
| CELCO 1 | 682302 | 5619054 | CELCO | Río Cruces | Río Cruces entre Río Leufucade y bajo E. Queuchico | E1 |
| CELCO 2 | 680096 | 5620211 | CELCO | Río Cruces | Río Cruces entre Río Leufucade y bajo E. Queuchico | E4 |
| CELCO 3 | 658822 | 5614447 | CELCO | Río Cruces | Río Cruces entre E. Queuchuco y Río Inaque | E6 |
| ARCBCC Boca Cau Cau | 648567 | 5594742 | POAL | Río Cruces | Río Cruces entre Río Inaque y Río Valdivia | E14 |
| ARCP Punucapa | 648958 | 5597696 | POAL | Río Cruces | Río Cruces entre Río Inaque y Río Valdivia | E12 |
| ARCCTV Punta Covadonga tres bocas | 651531 | 5601501 | POAL | Río Cruces | Río Cruces entre Río Inaque y Río Valdivia | E10 |
| SRCPLZ Curva Plaza de Armas | 654838 | 5604766 | POAL | Río Cruces | Río Cruces entre Río Inaque y Río Valdivia | E9 |

En base a la tabla anterior se generó una carta temática que permite analizar espacialmente dicha red de monitoreo y determinar potenciales estaciones a incluir en los análisis efectuados, esta carta se presenta en Figura 4-10.

Finalmente para el desarrollo de este estudio, se seleccionaron 10 de las 17 estaciones de monitoreo de la cuenca del río Valdivia. A continuación, la Tabla 4-6, presenta la red de monitoreo de calidad de aguas para la subcuenca del río Cruces, específicamente aquellas estaciones seleccionadas para los siguientes análisis.

Tabla 4-6. Red de Monitoreo Calidad de Aguas Subcuenca del río Cruces.

| Estaciones | Código | Código | Agente | Subcuenca | Descripción | Estación |
|----------------------------|--------|---------|-------------------|--------------|--|----------|
| Cruces en Rucaco | 680580 | 5620010 | DGA | Río Cruces | Río Cruces entre Río Leufucade y bajo E. Queuchico | E3 |
| Cruces en Cahuincura | 667640 | 5620790 | DGA | Río Cruces | Río Cruces entre E. Queuchuco y Río Inaque | E5 |
| Cruces ante Bocatoma CELCO | 681730 | 5619580 | DGA | Río Cruces | Río Cruces entre Río Leufucade y bajo E. Queuchico | E2 |
| Valdivia-Transbordador | 648620 | 5589000 | DGA | Río Valdivia | Río Valdivia | E17 |
| Cruces-Sector Punucapa | 648986 | 5597720 | CONAMA-DIRECTEMAR | Río Cruces | Río Cruces entre Río Inaque y Río Valdivia | E11 |
| Cruces-Gau Cau | 648646 | 5594659 | CONAMA-DIRECTEMAR | Río Cruces | Río Cruces entre Río Inaque y Río Valdivia | E15 |
| Valdivia-Silos de Torobayo | 648430 | 5589326 | CONAMA-DIRECTEMAR | Río Valdivia | Río Valdivia | E16 |
| CELCO 1 | 682302 | 5619054 | CELCO | Río Cruces | Río Cruces entre Río Leufucade y bajo E. Queuchico | E1 |
| CELCO 2 | 680096 | 5620211 | CELCO | Río Cruces | Río Cruces entre Río Leufucade y bajo E. Queuchico | E4 |
| CELCO 3 | 658822 | 5614447 | CELCO | Río Cruces | Río Cruces entre E. Queuchuco y Río Inaque | E6 |

Por lo tanto, en base a la Tabla 4-6, a la carta de la figura Figura 4-10 y la información disponible se consideraron diez estaciones de monitoreo, a partir de las cuales se generó una matriz de parámetros significativos de calidad de agua. La información de las estaciones corresponde a monitoreos efectuados por diversas fuentes en la cuenca del río Valdivia, específicamente aquellas aledañas al Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter.

Las estaciones de monitoreo de calidad de aguas consideradas fueron las siguientes:

- E1 Celco 1 Cruces: - Monitoreo CELCO
- E2 Cruces: - Ante Bocatoma CELCO
- E3 Estación Río Cruces: - en Rucaco- Banco Nacional de Aguas (DGA)
- E4 Celco 2 Cruces: - Monitoreo CELCO
- E5 DGA Cruces:- Estación Río Cruces en Cahuincura - Banco Nacional de Aguas (DGA)
- E6 Celco 3 Cruces: - Monitoreo CELCO
- E11 CONAMA Cruces:- Estación Cruces Sector Punucapa- CONAMA/DIRECTEMAR
- E15 CONAMA Cruces:- Estación Cruces-Cau Cau- CONAMA/DIRECTEMAR
- E16 DGA Cruces: - Valdivia-Transbordador
- E17 DGA Valdivia:- Estación Valdivia en Transbordador- Banco Nacional de Aguas (DGA)

4.3 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS (OUT-LAYER).

La base de datos de parámetros físico químicos, fue elaborada principalmente a partir de la información generada por la red de monitoreo de DGA (para el periodo 1987-2008), Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua del Río Cruces, cuerpo receptor del efluente industrial de la Planta Valdivia, del Monitoreo Centro EULA-Chile (1996-2009) y CONAMA-DIRECTEMAR (2006-2009).

Se debe considerar que en la información disponible entregada por CONAMA Región de los Ríos, se encuentra información de las estaciones Río Calle Calle, sector puente Calle Calle, Confluencia de Canal Cau Cau con río Calle Calle (CONAMA-DIRECTEMAR), estas se encuentran en anexo digital 2. Además se debe mencionar que estas estaciones no fueron utilizadas para el análisis del santuario ya que se encuentran fuera del área de estudio, Por otro lado las estaciones Cruces San Luis y Santa María (SERNAGEOMIN) registran datos para dos años y no representan la estacionalidad de la toma de datos por lo cual no se considero en el análisis.

Considerando las estaciones de monitoreo mencionadas anteriormente, en la Tabla 4-7 se puede observar, para cada parámetro físico químico, los que cumplen con los criterios previamente establecidos.

Tabla 4-7. Registros continuos de Parámetros físico químicos para cada estación de muestreo; x= parámetros con 8 registros continuos.

| | | Registros total/cuencas | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|--|
| Parámetro | Unidad | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 | |
| Temp. | °C | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| pH | pH | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| Conductividad | mS/cm | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| Ox. Dis. | mg/L | x | x | x | x | x | x | | | | x | |
| Ox. Dis. Sat. | (%) | x | | | x | | x | | | | | |
| Turbiedad | NTU | x | | | x | | x | x | x | x | | |
| CO ₃ ⁻² | mg/L | | | x | | | | | | | x | |
| HCO ₃ ⁻ | mg/L | | | x | | | | | | | | |
| Cl ⁻ | mg/L | x | x | x | x | x | x | | | | x | |
| SO ₄ ⁻² | mg/L | x | x | x | x | x | x | | | | x | |
| Ca ⁺² | mg/L | | | x | | x | | | | | x | |
| Mg ⁺² | mg/L | | x | x | | x | | | | | x | |
| K ⁺ | mg/L | | x | x | | x | | | | | x | |
| Na ⁺ | mg/L | x | x | x | x | x | x | | | | x | |
| F ⁻ | mg/L | x | | | x | | x | | | | | |
| CN ⁻ | mg/L | x | | | x | | x | | | | | |
| RAS | % | | x | x | | | | | | | x | |
| Ag | mg/L | | x | x | | x | | | | | x | |
| Al | mg/L | x | | x | x | | x | | | | x | |
| As | mg/L | x | x | x | x | x | x | | | | x | |
| B | mg/L | x | x | x | x | x | x | | | | x | |
| Cd | mg/L | x | x | x | x | x | x | | | | x | |
| Co | mg/L | x | x | x | x | x | x | | | | x | |
| Cr | mg/L | x | x | x | x | x | x | | | | x | |
| Cu | mg/L | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| Fe | mg/L | | x | x | | x | | x | x | x | x | |
| Fe. Dis | mg/L | x | | | x | | x | | | | | |
| Hg | mg/L | x | x | x | x | | x | | | | x | |
| Li | mg/L | x | | | x | | x | | | | | |
| Mn | mg/L | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| Mo | mg/L | x | x | x | x | x | x | | | | x | |
| Ni | mg/L | x | x | x | x | x | x | | | | x | |
| Pb | mg/L | x | x | x | x | x | x | | | | x | |
| Se | mg/L | x | x | x | x | x | x | | | | x | |
| Zn | mg/L | x | x | x | x | x | x | | | | x | |
| N(NO ₃ ⁻) | mg/L | x | | x | x | x | x | | | | x | |
| N(NO ₂ ⁻) | mg/L | x | | | x | | x | | | | | |
| N(NH ₄ ⁺) | mg/L | x | | | x | | x | | | | | |
| N _{org} | mg/L | | | | | | | | | | | |
| N _{org} | mg/L | | | | x | | x | | | | | |
| N _{tot} | mg/L | | | | x | | x | | | | | |
| P(PO ₄ ⁻³) | mg/L | | x | x | | x | | | | | x | |
| P Solu | (µg/L) | | | | x | | x | | | | | |
| P _{tot} | mg/L | | | | x | | x | | | | | |
| D.Q.O. | mg/L | | | x | x | | x | | | | x | |
| DBO ₅ | mg/L | | | | x | | x | | | | | |
| SiO ₂ | mg/L | | | | | | | | | | | |
| Col. Fec | NMP/100ml | | | | x | | x | | | | | |
| Col. Tot | NMP/100ml | | | | | | | | | | | |
| Cloruro | mg/L | | | | x | | x | x | x | x | x | |
| Cloratos | mg/L | | | | x | | x | | | | | |
| Sólidos Suspendidos Orgánicos | mg/L | | | | x | | x | | | | | |

(Continuación Tabla 4-7)

| Parámetro | Unidad | Registros totales | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|--|--|--|--|
| | | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 | | | | |
| Sólidos Sedimentables | (ml/L*hr) | | | | x | | x | | | | | | | | |
| Sólidos Disueltos Orgánicos | mg/L | | | | x | | x | | | | | | | | |
| Sólidos Disueltos Inorgánicos | mg/L | | | | x | | x | | | | | | | | |
| Disco Secchi | Disco Secchi | | | | | | | | x | x | x | | | | |
| Residuos Sólidos Filtrables | mg/L | | | | | | | | x | x | x | | | | |
| Penetración de la Luz | (M) | | | | x | | x | | | | | | | | |
| Color | (Pt/Co) | | | | x | | x | | | | | | | | |
| Productividad Primaria | (mgC/m ³ /h) | | | | x | | x | | | | | | | | |
| Bario | mg/L | | | | x | | x | | | | | | | | |
| Berilio | mg/L | | | | x | | x | | | | | | | | |
| Vanadio | mg/L | | | | x | | x | | | | | | | | |
| Comp. Orgán. Hal. Ads. (AOX) | µg/L | | | | x | | x | | | | | | | | |
| Ácidos Resínicos | µg/L | | | | x | | x | | | | | | | | |
| Ácidos Grasos | µg/L | | | | x | | x | | | | | | | | |
| Clorofenoles | ng/L | | | | x | | x | | | | | | | | |
| Pentaclorofenoles | µg/L | | | | x | | x | | | | | | | | |

En la Tabla 4-8, se muestra para cada parámetro físico químico, el número de registros totales, los datos atípicos (outlayer) y el número de registros bajo el límite de detección. Además en ANEXO 7.3 se encuentra la estadística descriptiva para cada parámetro y por estaciones de monitoreo.

La base de datos final constó de 68 parámetros, que presentan un promedio de 170 datos, con un máximo de 439 registros para la conductividad y un mínimo de 44 para HCO₃⁻.

Tabla 4-8. Datos totales, y número de registros bajo límite de detección

| Parámetro | Unidad | Total Datos | < | Outliers | Sub Total |
|-------------------------------|--------|-------------|-----|----------|-----------|
| Temp. | °C | 418 | 0 | 0 | 418 |
| pH | pH | 463 | 0 | 1 | 462 |
| Conductividad | mS/cm | 457 | 0 | 18 | 439 |
| Ox. Dis. | mg/L | 340 | 0 | 3 | 337 |
| Ox. Dis. Sat. | (%) | 204 | 0 | 3 | 201 |
| Turbiedad | NTU | 183 | 0 | 16 | 167 |
| CO ₃ ⁻² | mg/L | 71 | 0 | 0 | 71 |
| HCO ₃ ⁻ | mg/L | 41 | 0 | 0 | 41 |
| Cl ⁻ | mg/L | 282 | 130 | 6 | 276 |
| SO ₄ ⁻² | mg/L | 176 | 58 | 0 | 176 |
| Ca ⁺² | mg/L | 88 | 0 | 3 | 85 |
| Mg ⁺² | mg/L | 87 | 0 | 4 | 83 |
| K ⁺ | mg/L | 88 | 0 | 3 | 85 |
| Na ⁺ | mg/L | 191 | 0 | 20 | 171 |
| F ⁻ | mg/L | 114 | 64 | 37 | 77 |
| CN ⁻ | mg/L | 114 | 80 | 37 | 77 |
| RAS | % | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ag | mg/L | 102 | 99 | 0 | 102 |
| Al | mg/L | 291 | 165 | 6 | 285 |
| As | mg/L | 248 | 191 | 0 | 248 |
| B | mg/L | 224 | 151 | 5 | 219 |
| Cd | mg/L | 184 | 165 | 3 | 181 |
| Co | mg/L | 214 | 165 | 6 | 208 |
| Cr | mg/L | 180 | 145 | 0 | 180 |
| Cu | mg/L | 334 | 233 | 0 | 334 |
| Fe | mg/L | 253 | 4 | 4 | 249 |
| Fe. Dis | mg/L | 121 | 5 | 1 | 120 |
| Hg | mg/L | 176 | 142 | 0 | 176 |
| Li | mg/L | 108 | 80 | 0 | 108 |
| Mn | mg/L | 315 | 125 | 0 | 315 |
| Mo | mg/L | 203 | 161 | 0 | 203 |

(Continuación Tabla 4-8).

| Parámetro | Unidad | Zona Branca | | | |
|---------------------------------|--------------|-------------|---------------|----------|-----|
| | | Total Datos | Contaminación | Subtotal | |
| Ni | mg/L | 182 | 152 | 0 | 182 |
| Pb | mg/L | 216 | 163 | 0 | 216 |
| Se | mg/L | 150 | 142 | 0 | 150 |
| Zn | mg/L | 214 | 68 | 1 | 213 |
| N(NO3-) | mg/L | 258 | 20 | 2 | 256 |
| N(NO2-) | mg/L | 110 | 39 | 1 | 109 |
| N(NH4+) | mg/L | 110 | 40 | 1 | 109 |
| Nkjendahl | mg/L | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Norg | mg/L | 110 | 7 | 3 | 107 |
| Ntot | mg/L | 210 | 9 | 1 | 209 |
| P(PO4-3) | mg/L | 142 | 28 | 4 | 138 |
| P Solu | (µg/L) | 204 | 69 | 1 | 203 |
| Ptot | mg/L | 210 | 24 | 3 | 207 |
| D.Q.O. | mg/L | 306 | 49 | 4 | 302 |
| DBO5 | mg/L | 210 | 55 | 5 | 205 |
| SiO2 | mg/L | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Col. Fec | NMP/100ml | 192 | 5 | 3 | 189 |
| Col. Tot | NMP/100ml | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cloruro | mg/L | 223 | 46 | 0 | 223 |
| Cloratos | mg/L | 186 | 182 | 3 | 183 |
| Sólidos Suspendidos Orgánicos | mg/L | 60 | 150 | 0 | 60 |
| Sólidos Suspendidos Inorgánicos | mg/L | 60 | 152 | 0 | 60 |
| Sólidos Suspendidos | mg/L | 210 | 2 | 0 | 210 |
| Sólidos totales | mg/L | 96 | 0 | 0 | 96 |
| Sólidos totales disueltos | mg/L | 264 | 0 | 0 | 264 |
| Sólidos Sedimentables | (ml/L*hr) | 198 | 186 | 1 | 197 |
| Sólidos Disueltos Orgánicos | mg/L | 150 | 62 | 2 | 148 |
| Sólidos Disueltos Inorgánicos | mg/L | 150 | 62 | 0 | 150 |
| Disco Secchi | Disco Secchi | 24 | 1 | 0 | 24 |
| Residuos Sólidos Filtrables | mg/L | 32 | 0 | 0 | 32 |
| Penetración de la Luz | (M) | 0 | 96 | -174 | 174 |
| Color | (Pt/Co) | 186 | 7 | 1 | 185 |
| Productividad Primaria | (mgC/m3/h) | 177 | 1 | 0 | 177 |
| Bario | mg/L | 95 | 68 | 15 | 80 |
| Berilio | mg/L | 95 | 65 | 1 | 94 |
| Vanadio | mg/L | 114 | 80 | 0 | 114 |

(Continuación Tabla 4-8).

| Parámetro | Unidad | Total Datos | < | ≥ | Sub Total |
|-----------|--------|-------------|-----|---|-----------|
| Ni | mg/L | 189 | 13 | 3 | 186 |
| Pb | mg/L | 186 | 184 | 2 | 184 |
| Se | mg/L | 186 | 128 | 0 | 186 |
| Zn | mg/L | 180 | 183 | 0 | 180 |
| N(NO3-) | mg/L | 190 | 188 | 4 | 186 |

Los estimadores de tendencia central (media) se muestran en la Figura 4-9, para cada variable en las diez estaciones analizadas. En ANEXO 7.3. Se encuentra cada estación en detalle. En cuanto al promedio cabe mencionar que solo algunos parámetros son posible de encontrar en la totalidad de las estaciones de monitoreos (e.g. temperatura, PH, conductividad, SO₄⁻, entre otros) el resto solo tiene representación en alguna de las estaciones.

Tabla 4-9. Valores promedio de los parámetros físicos químicos por estación de muestreo.

| Parámetro | Unidad | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| Tempo. | °C | 12,65 | 13,68 | 12,77 | 13,54 | 13,52 | 13,73 | 14,56 | 14,62 | 14,07 | 13,38 |
| pH | pH | 6,97 | 6,84 | 6,82 | 7,01 | 7,12 | 6,95 | 7,24 | 7,15 | 7,25 | 6,97 |
| Conductividad | mS/cm | 35,51 | 37,65 | 48,44 | 68,83 | 73,39 | 66,53 | 633,73 | 911,97 | 1040,33 | 459,66 |
| Ox. Dis. | mg/L | 9,80 | 9,89 | 9,67 | 9,83 | 10,18 | 9,45 | - | - | - | 9,25 |
| Ox. Dis. Sat. | (%) | 93,90 | - | - | 95,72 | - | 91,91 | - | - | - | - |
| Turbiedad | NTU | 4,58 | - | - | 4,16 | - | 4,47 | 4,78 | 3,95 | 2,77 | - |
| CO ₃ ⁻² | mg/L | - | 0,00 | 0,00 | - | 0,00 | - | - | - | - | 0,00 |
| HCO ₃ ⁻ | mg/L | - | 18,85 | 17,40 | - | 18,19 | - | - | - | - | - |
| Cl ⁻ | mg/L | 0,02 | 4,66 | 5,03 | 0,02 | 8,08 | 0,02 | - | - | - | 125,50 |
| SO ₄ ⁻² | mg/L | 3,42 | 1,07 | 3,97 | 9,45 | 7,58 | 7,88 | 21,05 | 32,50 | 36,70 | 94,44 |
| Ca ⁺² | mg/L | - | 2,70 | 2,59 | - | 2,33 | - | - | - | - | 9,40 |
| Mg ⁺² | mg/L | - | 1,30 | 1,22 | - | 1,27 | - | - | - | - | 14,42 |
| K ⁺ | mg/L | - | 0,54 | 0,78 | - | 1,10 | - | - | - | - | 5,83 |
| Na ⁺ | mg/L | 3,33 | 2,08 | 5,51 | 7,62 | 8,85 | 7,93 | - | - | - | 107,45 |
| F ⁻ | mg/L | 0,12 | - | - | 0,10 | - | 0,10 | - | - | - | - |
| CN ⁻ | mg/L | 8,51 | - | - | 6,61 | - | 6,61 | - | - | - | - |
| RAS | % | - | 0,4 | 0,67 | - | 1,1 | - | - | - | - | 3,3 |
| Ag | mg/L | - | 0,01 | 0,01 | - | 0,01 | - | - | - | - | 0,01 |
| Al | mg/L | 0,09 | 0,37 | 0,37 | 0,09 | 0,44 | 0,08 | - | - | - | 0,39 |
| As | mg/L | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - | - | - | 0,00 |
| B | mg/L | 0,17 | 1,00 | 0,61 | 0,18 | 1,00 | 0,18 | 0,76 | 0,71 | 0,80 | 0,64 |
| Cd | mg/L | 0,0016 | 0,0100 | 0,0071 | 0,0014 | 0,0100 | 0,0014 | - | - | - | 0,003 |
| Co | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | - | - | - | 0,01 |
| Cr | mg/L | 0,006 | 0,010 | 0,014 | 0,006 | 0,010 | 0,006 | - | - | - | 0,014 |
| Cu | mg/L | 0,008 | 0,013 | 0,012 | 0,007 | 0,015 | 0,008 | 0,055 | 0,05 | 0,069 | 0,012 |
| Fe | mg/L | - | 0,39 | 0,39 | - | 0,45 | - | 0,54 | 0,36 | 0,22 | 0,42 |
| Fe. Dis | mg/L | 0,12 | - | - | 0,11 | - | 0,14 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | - |
| Hg | mg/L | 0,0005 | 0,0010 | 0,0012 | 0,0005 | 0,0010 | 0,0005 | - | - | - | 0,0018 |
| Li | mg/L | 0,02 | - | - | 0,01 | - | 0,01 | - | - | - | - |
| Mn | mg/L | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,02 |
| Mo | mg/L | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | - | - | - | 0,02 |
| Ni | mg/L | 0,0008 | 0,0010 | 0,0010 | 0,0008 | 0,0010 | 0,0007 | - | - | - | 0,0017 |
| Pb | mg/L | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | - | - | - | 0,02 |

(Continuación tabla 4.9)

| Parámetro | Unidad | Puntos de Muestreo | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|--------------------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|-------|-------|
| | | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 |
| Se | mg/L | 0,834 | 0,001 | 0,001 | 0,752 | 0,001 | 0,749 | - | - | - | 0,002 |
| Zn | mg/L | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | - | - | - | 0,01 |
| N(NO ₃ ⁻) | mg/L | 0,37 | 0,10 | 0,13 | 0,41 | 0,10 | 0,35 | - | - | - | 0,11 |
| N(NO ₂ ⁻) | mg/L | - | - | 0,01 | - | 0,01 | - | - | - | - | - |
| N(NH ₄ ⁺) | mg/L | - | - | 0,02 | - | 0,03 | - | - | - | - | - |
| N _{org} | mg/L | - | - | 0,15 | - | 0,14 | - | - | - | - | - |
| N _{org} | mg/L | - | - | 0,28 | - | 0,28 | - | - | - | - | - |
| N _{tot} | mg/L | 0,02 | 0,03 | - | 0,06 | - | - | - | - | 0,01 | - |
| P(PO ₄ ⁻³) | mg/L | - | - | 14,86 | - | 14,64 | - | - | - | - | 0,01 |
| P Solu | (µg/L) | - | - | 0,03 | - | 0,03 | - | - | - | - | - |
| P _{tot} | mg/L | 15,88 | 18,32 | 8,26 | 29,62 | 7,75 | - | - | - | 20,69 | - |
| D.Q.O. | mg/L | - | - | 1,31 | - | 1,36 | - | - | - | - | 20,69 |
| DBO ₅ | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SiO ₂ | mg/L | - | - | 248,10 | - | 228,40 | - | - | - | - | - |
| Col. Fec | NMP/100ml | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Col. Tot | NMP/100ml | - | - | 8,67 | - | 8,19 | 355,42 | 440,15 | 739,83 | 27,60 | - |
| Cloruro | mg/L | - | - | 0,09 | - | 0,10 | - | - | - | - | 27,60 |
| Cloratos | mg/L | - | - | 7,23 | - | 5,64 | - | - | - | - | - |
| Sólidos Suspendidos Orgánicos | mg/L | - | - | - | - | - | 778,91 | 968,72 | 1542,69 | - | - |
| Sólidos Suspendidos Inorgánicos | mg/L | - | - | 68,34 | - | 65,89 | 706,43 | 853,45 | 1170,77 | - | - |
| Sólidos Suspendidos | mg/L | - | - | - | - | - | 1,56 | 1,88 | 2,29 | - | - |
| Sólidos totales | mg/L | - | - | - | - | - | 931,45 | 860,73 | 1297,80 | - | - |
| Sólidos totales disueltos | mg/L | - | - | 0,81 | - | 1,42 | - | - | - | - | - |
| Sólidos Sedimentables | (ml/L * hr) | 0,19 | - | - | 0,16 | - | 0,16 | - | - | - | - |
| Sólidos Disueltos Orgánicos | mg/L | 17,90 | - | - | 23,03 | - | 21,73 | - | - | - | - |
| Sólidos Disueltos Inorgánicos | mg/L | 24,26 | - | - | 41,86 | - | 42,61 | - | - | - | - |
| Disco Secchi | Disco Secchi | - | - | - | - | - | - | 1,56 | 1,88 | 2,29 | - |
| Penetración de la Luz | (M) | 1,30 | - | - | 0,81 | - | 1,42 | - | - | - | - |

(Continuación Tabla 4.9)

| Parámetro | Unidad | Puntos de Muestreo | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|--------------------|----|---------|----|---------|----|----|----|----|-----|
| | | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 |
| Color | (Pt/Co) | - | - | 11,82 | - | 12,10 | - | - | - | - | - |
| Productividad Primaria | (mgC/m ³ /h) | - | - | 6,60 | - | 10,94 | - | - | - | - | - |
| Bario | mg/L | - | - | 0,02 | - | 0,02 | - | - | - | - | - |
| Berilio | mg/L | - | - | 0,01 | - | 0,01 | - | - | - | - | - |
| Vanadio | mg/L | - | - | 0,19 | - | 0,19 | - | - | - | - | - |
| Comp. Orgán. Hal. Ads. (AOX) | µg/L | - | - | 24,80 | - | 18,78 | - | - | - | - | - |
| Ácidos Resínicos | µg/L | - | - | 9,87 | - | 9,88 | - | - | - | - | - |
| Ácidos Grasos | µg/L | - | - | 17,04 | - | 16,53 | - | - | - | - | - |
| Clorofenoles | µg/L | - | - | 41250,9 | - | 41866,5 | - | - | - | - | - |
| Pentaclorofenoles | µg/L | - | - | 0,02 | - | 0,02 | - | - | - | - | - |

4.4 ANÁLISIS ESPACIAL

4.4.1 Análisis de Similitud entre sitios de muestreo versus uso de suelo y calidad de agua.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) entre los sitios de muestreos y su uso de suelo en el área de drenaje se presenta en la Figura 4-11. Se reconoce la formación de dos grupos los cuales no presentan ningún grado de similitud altamente diferenciados (Figura 4-11), donde se reconocen las estaciones de muestreos localizadas en la parte baja de la cuenca de aquellas que se ubican en la parte media y alta de la cuenca.

Las estaciones E14 y E15 localizados en la sección baja de la subcuenca conforman un grupo 100% homogéneo, que presentan usos preferentemente agrícolas, praderas, y renoval nativo (Figura 4-11). Por otro lado, se advierte la conformación de un grupo constituido por las estaciones E11, E12, E13, E8, E9, E10, E5 y E6 con un alto nivel de similitud del 89% (Figura 4-11) localizadas en la parte media y alta de la cuenca. Sin embargo, en este grupo se observa la conformación de tres sub grupos con un peak de similitud del 97% constituidos por las estaciones E8 con E11, E12 y E13 donde se reconocen los usos de suelo de praderas, herbáceas arbustivas y plantación; las estaciones E9 con E10 donde se observa el uso de pradera y renoval nativo; y finalmente la estación E5 con E6 con un uso de praderas, renoval nativo y aparece el uso urbano e industrial en esta sección de la cuenca (Figura 4-11).

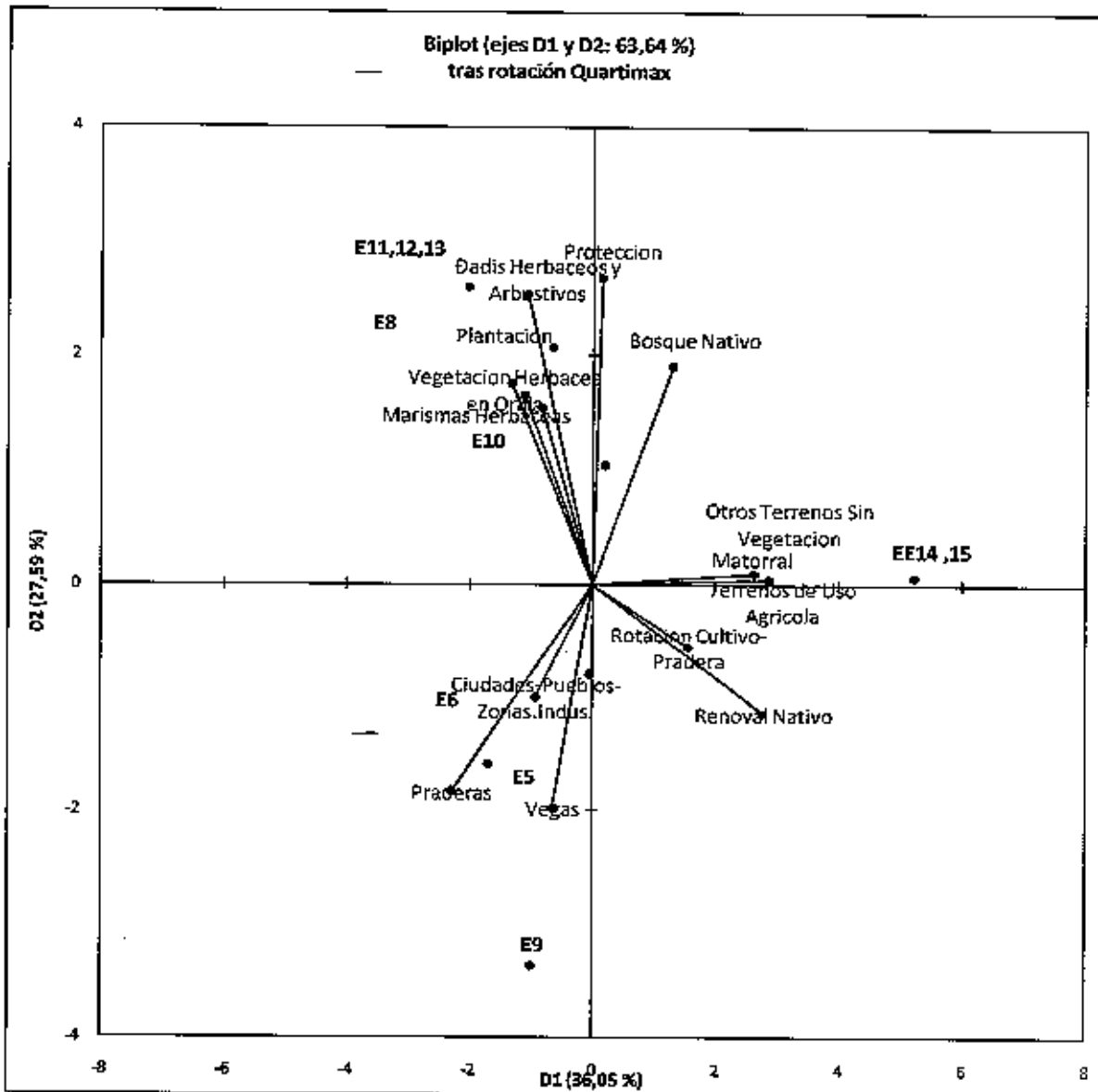


Figura 4-11. Análisis de componentes principales entre estaciones de muestreo y uso de suelo.

La similitud entre los sitios de muestreos (índice de Pearson y anidamiento completo), considerando en forma conjunta los usos de suelo y calidad de agua en la sub cuenca del Río Cruces, muestra un patrón similar al descrito previamente donde se aprecia, nuevamente, la separación de los sitios de muestreo en dos grupos que representan la sección baja y alta de la sub

cuenca. Los sitios de la sección baja conforman un grupo con una similaridad del 100% destacándose las estaciones E14, E15, E16, E17 y ubicados en los cuadrantes I y IV del ACP (Figura 4-12). En esta sección se presentan mayores valores de sulfatos, conductividad y sólidos totales disueltos, lo que es concordante con los antecedentes de influencia marina en esta sección (Figura 4-12). Por otro lado, la sección alta de la subcuenca alcanza una similaridad del 49% el cual se subdivide en dos grupos constituidos por las estaciones E6 y E7 con E11, E12 y E13 con una similaridad del 79% y las estaciones E5 con E14 y E15 con una similaridad del 58% (Figura 4-12). Es importante señalar que esta menor similaridad responde básicamente por la multiplicidad de tipos de uso de suelo y a los compuestos químicos del agua considerada donde se advierten claras diferencias por el tipo de actividad que se desarrolla en ellos. Es así como destacan en esta sección alta de la subcuenca los usos de praderas, agrícola, renoval nativo, plantaciones, urbano e industrial donde resaltan los componentes químicos de nitratos, DQO, oxígeno y de algunos metales como aluminio y cobre lo que muestra la influencia de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua (Figura 4-12).

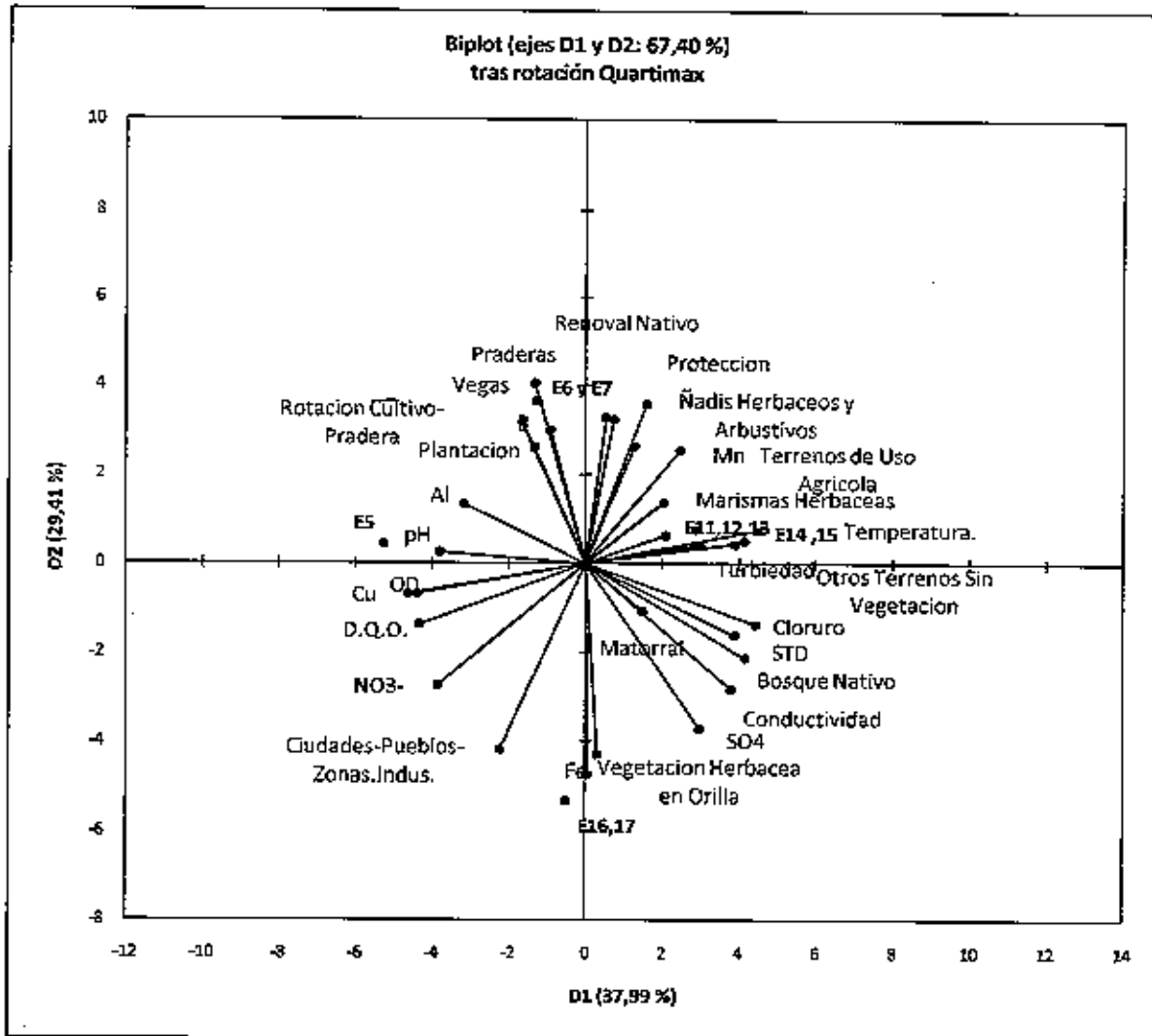


Figura 4-12. Análisis de componentes principales entre estaciones de muestreo, uso de suelo y calidad de agua.