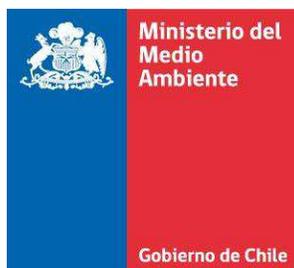




INFORME DE FINAL

PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL MATAQUITO CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BIOFILTRO EN ZONAS AGRÍCOLAS, CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LA VEGETACIÓN RIPARIANA PARA ASEGURAR LA PROVISIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Elaborado para
Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente
Región del Maule



Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
VCH/DQT/POE/MPP	MPP	MPP
P-2011-010-Informe Final_v0.docx		13/06/13

Elaborado en: Junio de 2013

En conformidad,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Matías Peredo P.', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Matías Peredo P.
Jefe Proyecto
Plataforma de Investigación EcoHyd

Santiago, 13 de junio de 2013

EQUIPO DE TRABAJO

Profesional	Cargo
Matías Peredo Parada	Jefe de proyecto
Francisco Martínez Capel	Asesor internacional
Diana Quevedo	Coordinadora del proyecto
Claudia Barrera	Encargada implementación biofiltro
Paula Olea	Profesional de apoyo
Cristóbal Mascaró	Profesional de apoyo
Boris Vicencio	Profesional residente

ÍNDICE

1.	<u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2.	<u>OBJETIVOS</u>	2
2.1.	OBJETIVO GENERAL	2
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3.	<u>METODOLOGÍA GENERAL</u>	3
4.	<u>ÁREA DE ESTUDIO</u>	4
<u>CAPITULO I: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</u>		8
5.	<u>METODOLOGÍA</u>	8
5.1.	RECOPIACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE ANTECEDES	8
5.2.	EVOLUCIÓN DE LA DINÁMICA AGRÍCOLA Y RIPARIANA	8
5.2.1.	DETERMINACIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO	8
5.2.2.	EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA MORFOLÓGICA DEL RÍO LONTUÉ	11
5.3.	EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS	13
5.3.1.	EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS	13
5.3.2.	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS IN SITU	14
6.	<u>RESULTADOS</u>	16
6.1.	RECOPIACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE ANTECEDES	16
6.1.1.	IMÁGENES DE SATÉLITE	16
6.2.	EVOLUCIÓN DE LA DINÁMICA AGRÍCOLA Y RIPARIANA	18
6.3.	EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS	23
6.3.2.	CALIDAD DE LAS AGUAS.....	36
<u>CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE LA ZONA RIPARIANA</u>		48
7.	<u>METODOLOGÍA</u>	48
7.1.	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SISTEMA RIPARIANO	48
7.1.1.	EVALUACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS ZONAS RIPARIANAS.....	48
7.2.	MEDIDAS DE MANEJO VEGETACIÓN RIPARIANA	49

8.	RESULTADOS	50
8.1.	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SISTEMA FLUVIAL	50
8.1.1.	EVALUACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS ZONAS RIPARIANAS.....	50
8.2.	MEDIDAS DE MANEJO VEGETACIÓN RIPARIANA	59
CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN DEL BIOFILTRO		60
9.	METODOLOGÍA.....	60
9.1.	IMPLEMENTACIÓN DE LOS BIOFILTROS	60
9.1.1.	SELECCIÓN DE LOS PREDIOS	60
9.1.2.	IDONEIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE PREDIOS VISITADOS.....	60
9.1.3.	IMPLEMENTACIÓN DE LOS BIOFILTROS	60
9.1.4.	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DE LOS PREDIOS SELECCIONADOS	60
10.	RESULTADOS	61
10.1.	IMPLEMENTACIÓN DE LOS BIOFILTROS	61
10.1.1.	SELECCIÓN DE LOS PREDIOS	61
10.1.2.	PREDIOS SELECCIONADOS.....	61
10.1.3.	ESTRUCTURA DEL BIOFILTRO	62
10.1.4.	CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE LOS PREDIOS SELECCIONADOS	69
CAPÍTULO IV: CONCIENTIZACIÓN DE LA COMUNIDAD.....		71
11.	METODOLOGÍA.....	71
11.1.	CONCIENTIZACIÓN DE LA COMUNIDAD.....	71
11.1.1.	ACTIVIDAD “REDESCUBRIENDO EL RÍO LONTUÉ”	71
11.1.2.	CONCURSO LITERARIO “COMO QUIERO MI RÍO”	72
12.	RESULTADOS	72
12.1.	ACTIVIDADES DE CONCIENTIZACIÓN	72
12.1.1.	ACTIVIDAD “REDESCUBRIENDO EL RÍO LONTUÉ”	72
12.1.2.	CONCURSO LITERARIO “COMO QUIERO MI RÍO”	73
13.	CONCLUSIONES	73
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

ANEXOS.....	76
ANEXO A. DATOS DE TERRENO CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	76
A. INFORME DE TERRENO DE CALIDAD DE LAS AGUAS	76
ANEXO B. DATOS ÍNDICES ZONAS RIPARIANAS.....	77
B. INFORME DE TERRENO DE EVALUACIÓN ÍNDICES RIPARIANOS.....	77
ANEXO C. PREDIOS VISITADOS	82
PREDIO N°1.....	82
PREDIO N°2.....	83
PREDIO N°3.....	84
PREDIO N°4.....	84
PREDIO N°5.....	85
IDONEIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE PREDIOS VISITADOS	86
REUBICACIÓN DE LOS BIOFILTROS.....	87
ANEXO D. MANUAL ZONAS RIPARIANAS.....	89
C. DEFINICIÓN DE ZONA RIPARIANA	89
D. FUNCIONES TEÓRICAS DE LA ZONA RIPARIANA	92
FUNCIONES FÍSICAS	92
FUNCIONES ECOLÓGICAS.....	95
E. PRINCIPALES ALTERACIONES DE LAS ZONAS RIPARIANAS.....	99
F. ALTERACIONES DEL RÍO LONTUÉ Y DE SU ZONA RIPARIANA	103
G. MEDIDAS DE MANEJO DE LA ZONA RIPARIANA DEL RÍO LONTUÉ.....	103
H. BENEFICIOS DE MANTENER LA ZONA RIPARIANA	103
ANEXO E. MANUAL BIOFILTRO	104
ANEXO F. RESULTADOS ACTIVIDADES CON COMUNIDAD	104
I. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DESARROLLADA EN EL LICEO POLITÉCNICO DE SAGRADA FAMILIA.	104
ANEXO G. ACTIVIDADES DE CONCIENTIZACIÓN DE LA COMUNIDAD	104
J. ACTIVIDAD REDESCUBRIENDO EL RÍO LONTUÉ	104
MOTIVACIÓN INICIAL VISITA A LA ESCUELA	105
DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PRÁCTICA	105
MÓDULOS	106
EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD	107

FOTOGRAFÍAS ACTIVIDAD REDESCUBRIENDO EL RÍO LONTUÉ	112
K. CONCURSO “CÓMO QUIERO MI RÍO”	115
BASES DEL CONCURSO LITERARIO “CÓMO QUIERO A MI RÍO”	115
AFICHE CONCURSO LITERARIO	116
CARTEL UBICADO EN LOS PREDIOS	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1. Parámetros medidos <i>in situ</i>	14
Tabla 5.2. Parámetros medidos en laboratorio, sus metodologías y límites de detección.	14
Tabla 5.3. Estándares para Aguas Destinadas a Riego según NCh 1.333/78.	15
Tabla 6.1 Imágenes satelitales pre-seleccionadas	17
Tabla 6.2 Evaluación de la separabilidad de las zonas de entrenamiento. Áreas Urbanas (URB), Vegetación (VEG), Suelo Desnudo (SUEL_DESN), Cuerpos de Agua (AGUA) y Rotación de Cultivos o Barbecho (BARB)	19
Tabla 6.3 Ubicación de las estaciones de medición de la calidad de las aguas Río Lontué en longitudinal y río Lontué en Sagrada Familia. Se indica además el periodo de medición	23
Tabla 6.4 Parámetros seleccionados para el análisis de la variabilidad temporal.....	24
Tabla 6.5 Valores de los parámetros de calidad de las aguas medidos en el río Lontué, canal Hualemu y canal Pirihuín.....	39
Tabla 6.6. Evaluación de la calidad del agua en el río Lontué y afluentes en función de la “Guía para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas”	46
Tabla 7.1 Clases y valoraciones de los índices QBR, IZRI e IHG.....	48
Tabla 7.2 Valoraciones del índice RFV.....	49
Tabla 8.1 Valoraciones del índice QBR en los tramos evaluados, según componente.....	52
Tabla 8.2 Valoraciones del índice IZRI en los tramos evaluados, según componente.....	53
Tabla 8.3 Resultado del IHG en los puntos evaluados	55
Tabla 8.4 Valoraciones del índice RFV en los tramos evaluados, según componente	58
Tabla 10.1 Especies potenciales arbóreas y arbustivas para ser utilizadas en los biofiltros	65
Tabla 10.2 Resumen de especies propuestas a los propietarios de los predios donde se implementarán los biofiltros.....	66
Tabla 14.1 Predios visitados en canales de riego Hualemu y Pirihuín	88
Tabla 14.2. Ancho de la zona ripariana según Gayoso <i>et al.</i> 2000.....	90
Tabla 14.3 Resumen de componentes y actividades/obras que afectan a la zona ripariana.	99
Tabla 14.4. Pauta de evaluación de la actividad en terreno.	104
Tabla 14.5. Objetivo y actividades realizadas en cada uno de los módulos.	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Esquema del estudio	4
Figura 4.1 Área de estudio	5
Figura 4.2 Superficies por tipo de cultivos en la comuna de Sagrada Familia.....	6
Figura 4.3 Tipo de riego en la comuna de Sagrada Familia (en superficies)	7
Figura 5.1 Firmas espectrales de coberturas naturales más recurrentes	12
Figura 6.1 Distribución temporal de las imágenes preseleccionadas	17
Figura 6.2 Firmas Espectrales de las zonas de entrenamiento (fecha inicial a la izquierda, fecha final a la derecha).....	20
Figura 6.3 Ejemplo de identificación del trazado en planta en el área de estudio.....	21
Figura 6.4 Variación del Trazado en planta del río Lontué entre 2000 y 2012.	22
Figura 6.6 Ubicación de las estaciones río Lontué en longitudinal y río Lontué en Sagrada Familia	23
Figura 6.7 Variación temporal de la conductividad eléctrica (CE) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia	25
Figura 6.8 Variación temporal de la temperatura (T°) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia	26
Figura 6.9 Variación temporal del oxígeno disuelto (OD) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia	27
Figura 6.10 Variación temporal del nitrato (NO ₃) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia.....	28
Figura 6.11 Variación temporal del fosfato (PO ₄) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia.....	29
Figura 6.12 Variación temporal de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia	30
Figura 6.13 Variación temporal del sulfato (SO ₄) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia.....	31
Figura 6.14 Variación temporal del sodio disuelto (Na dis) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia	32
Figura 6.15 Variación temporal del cloruro (Cl ⁻) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia.....	33

Figura 6.16 Variación temporal del potasio (K) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia.....	34
Figura 6.17 Variación temporal del cobre (Cu) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia.....	35
Figura 6.18 Toma de muestras de calidad del agua (izq.) y medición de parámetros físico-químicos in situ	37
Figura 6.19 Ubicación de las estaciones de muestreo de la calidad de las aguas.	38
Figura 6.20. Diagrama unifilar del río Lontué en el tramo en donde se realizaron las mediciones de calidad del agua.....	41
Figura 6.21. Parámetros físico-químicos.....	42
Figura 6.22. Inorgánicos	43
Figura 6.23. Metales Esenciales	44
Figura 6.24. Microbiológicos.	45
Figura 8.1 Evaluación de los índices riparianos en terreno.....	50
Figura 8.2 Estaciones de muestreo de índices riparianos.	51
Figura 8.3 Resultados de la evaluación del IZRI para las cuatro estaciones, arriba la evaluación en la ribera izquierda y abajo en la ribera derecha. Desde aguas arriba hacia aguas abajo (derecha a izquierda).....	54
Figura 8.4 Resultados de la evaluación del IHG para las cuatro estaciones, arriba la evaluación en la ribera derecha y abajo en la ribera izquierda. Desde aguas arriba hacia aguas abajo (derecha a izquierda).....	57
Figura 10.1 Construcción del camellón en el predio del canal Pirihuín	63
Figura 10.2 Estructura del Biofiltro	63
Figura 10.3 Esquema de diseño de un biofiltro en corte transversal	64
Figura 10.5 Plantas utilizadas para el biofiltro	67
Figura 10.4 Demarcación de las estratas del biofiltro (izq.) y plantación en el biofiltro	68
Figura 10.6 Elaboración del cerco perimetral	68
Figura 10.7 Calicata realizada en el predio Hualume.....	69
Figura 10.8 Calicata realizada en predio Pirihuín.....	70
Figura 14.1 Ubicación de los predios visitados en torno al cauce del río Lontué	82
Figura 14.2 Características del predio n° 1.....	83
Figura 14.3 Características del predio n° 2.....	83

Figura 14.4 Características del predio n° 3.....	84
Figura 14.5 Características del predio n° 4.....	85
Figura 14.6 Características del predio n° 5.....	85
Figura 14.7 Ubicación de los predios preseleccionados en los canales Hualemu y Pirihuín	87
Figura 14.8 Erosión en las laderas producto de la ausencia de vegetación ripariana.	92
Figura 14.9: Reorientación del flujo debido a la presencia de troncos en el cauce.....	93
Figura 14.10: La vegetación ripariana aporta refugio para animales acuáticos.	93
Figura 14.11: Efecto del sombreado sobre el cauce debido a la presencia de vegetación ripariana.	94
Figura 14.12 Funcionamiento de la zona ripariana como corredor ecológico.	95
Figura 14.13 Proceso de descomposición de la hoja en el sistema fluvial.	96
Figura 14.14 Efecto de filtro de los nutrientes provenientes de las laderas. Tomada de la página web USGS.	96
Figura 14.15 Efectividad relativa de diferentes tipos de vegetación por proveer beneficios específicos en buffers.....	103
Figura 14.16 Cumplimiento de los objetivos del taller	107
Figura 14.17 La actividad significó un aporte al conocimiento	108
Figura 14.18 Utilidad del aprendizaje	108
Figura 14.19 El desarrollo de los talleres fue dinámico	109
Figura 14.20 El desarrollo de los talleres fue dinámico	109
Figura 14.21 Motivación a lo largo del taller.	110
Figura 14.22 Manejo de Grupo	111
Figura 14.23 Dominio del Tema	111
Figura 14.24 Aplicación de las actividades realizadas.....	112

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo al Comité on Riparian Zone Functioning and Strategies for Management (NRC, 2002), la zona ripariana es un área de transición entre la zona terrestre y el ecosistema acuático que se distingue por un gradiente de condiciones biofísicas, procesos ecológicos y la biota. Son áreas a través de las cuales las aguas superficiales y subsuperficiales se conectan con territorios adyacentes. Es en estas zonas donde se produce y controla significativamente el intercambio de energía y materia de un ecosistema terrestre con uno acuático.

La zona ripariana es adyacente a cursos de agua, lagos, estuarios perennes, intermitentes y transitorios. Éstas pueden ser entendidas mediante la analogía con una membrana semipermeable que regula el flujo de energía y material entre las zonas adyacentes (Naiman y Décamps 1990 citado por Naiman & Decamps, 1997).

Dentro de las funciones que cumplen las zonas riparianas en una cuenca se puede destacar la mantención del balance hídrico, la dinámica de sedimentos, el balance biogeoquímico, el ciclo de nutrientes, el control de la temperatura del río, generación de hábitat, la mantención de complejas redes tróficas y la generación de corredores ecológicos que permiten la conectividad a lo largo de la red de drenaje (Naiman & Décamps 1997).

Las zonas riparianas cumplen un rol importante en el medio ambiente acuático y terrestre prestando varios servicios medioambientales, entre los que destacan, estabilización de orillas, generación de hábitat acuáticos y terrestres, filtro de nutrientes, ingreso de fuentes de alimento al cauce, efecto de laminación de crecidas, generación de un microclima, etc (Naiman & Decamps 1997, Cummins 2002, Naiman & Decamps 2005, González del Tánago & García de Jalón 2006, Allan & Castillo 2007, Ghermandi *et al.* 2009, Montreuil *et al.* 2010). Las zonas riparianas no están ajenas a la presión antrópica que sufren los ríos disminuyendo las funciones y servicios ambientales que éstas prestan, de ahí la importancia de preservarlas y restaurarlas en caso de presentar un estado ecológico insuficiente.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

El objetivo general del presente estudio es reducir el impacto de la actividad agrícola sobre la calidad de agua de la subcuenca del río Lontué, para asegurar la provisión sostenida de Servicios Ecosistémicos, a través de la implementación de biofiltros y la conservación y recuperación de la vegetación ripariana.

2.2. Objetivos específicos

Para lograr el objetivo general, se llevarán a cabo los siguientes objetivos específicos:

- Analizar la evolución de la dinámica agrícola, la vegetación ripariana y los cambios de uso del suelo entre los años 2000-2012, en el tramo sur del río Lontué desde la ruta 5 sur hasta la confluencia de los ríos Lontué y Teno en un área de influencia de 5 kilómetros al sur desde la orilla del cauce del río.
- Analizar la evolución del sistema hídrico seleccionado, en el periodo 2000 a 2012, a través del análisis de caudales y de información de calidad de agua, en el mismo tramo del río Lontué desde la ruta 5 sur hasta la confluencia de los ríos Lontué y Teno.
- Evaluar el estado de la vegetación ripariana con índices de calidad propuestos, en una extensión mínima de 3,5 km de vegetación ribereña en ambas orillas, desde la ruta 5 sur al oeste por el río Lontué (zona adyacente entre los predios seleccionados).
- Implementar medidas de manejo para la conservación y recuperación de la vegetación ripariana en una extensión mínima de 3.5 km de vegetación ribereña desde la ruta 5 sur al oeste por el río Lontué y elaborar un manual de manejo.
- Efectuar la caracterización físico-química de los suelos presentes en los 2 predios seleccionados.
- Diseñar, construir e implementar los biofiltros en una superficie mínima de 6000 m² (300 m largo x 20 m de ancho con estrata herbácea/pradera y otra arbustiva/arbórea) en cada uno de los predios seleccionados y elaborar manual de aplicación.

- Educar y sensibilizar (autoridades, agricultores, ONGs, otros) respecto de la importancia de la recuperación y conservación de la vegetación ripariana y del establecimiento de los biofiltros como medidas de control y mitigación de emisiones difusas provenientes de la actividad agrícola.

3. METODOLOGÍA GENERAL

Para un mayor entendimiento del presente estudio este informe se presenta dividido en capítulos. Cada capítulo se compone de una metodología, resultados y conclusiones específicas. El esquema del presente estudio se muestra en la Figura 3.1.

En el primer capítulo se encuentra la caracterización del área de estudio, donde se desarrolla la evolución de la dinámica agrícola, determinación del territorio fluvial y la evolución del sistema hídrico.

El segundo capítulo contiene la caracterización de la zona ripariana, en donde se desarrolla la evaluación de la zona ripariana mediante índices y la puesta en valor de la zona ripariana.

El tercer capítulo contiene el diseño y la implementación del biofiltro, dentro de este capítulo se encuentra la selección de los predios donde se implementaron los biofiltros, la caracterización de ellos y la implementación propiamente tal.

Finalmente, en el capítulo cuarto se encuentra la concientización de la población, dentro de este capítulo se encuentran todas las actividades que se desarrollaron dentro del marco del presente estudio que fueron orientadas a una puesta en valor y conocimiento por parte de la población de las funciones del río y las zonas riparianas.

Figura 3.1 Esquema del estudio

<p><u>Caracterización del Área de estudio:</u> -Evolución dinámica agrícola -Determinación del territorio fluvial -Caracterización sistema hidrometeorológico</p>		
<u>Zonas Riparianas</u>	<u>Biofiltro</u>	<u>Concientización</u>
Evaluación vegetación ripariana	Diseño e implementación biofiltros	Educar y sensibilizar a la población
<ul style="list-style-type: none"> •Evaluación zona ripariana •Identificación de especies presentes •Puesta en valor de ZR 	<ul style="list-style-type: none"> •Selección de predios •Caracterización de suelo •Diseño y construcción 	Realización actividades de participación que genere instancias de reflexión
Manual de manejo de Zonas Riparianas	Manual de diseño y construcción de Biofiltros	Concurso literario Actividad lúdica Seminarios de difusión

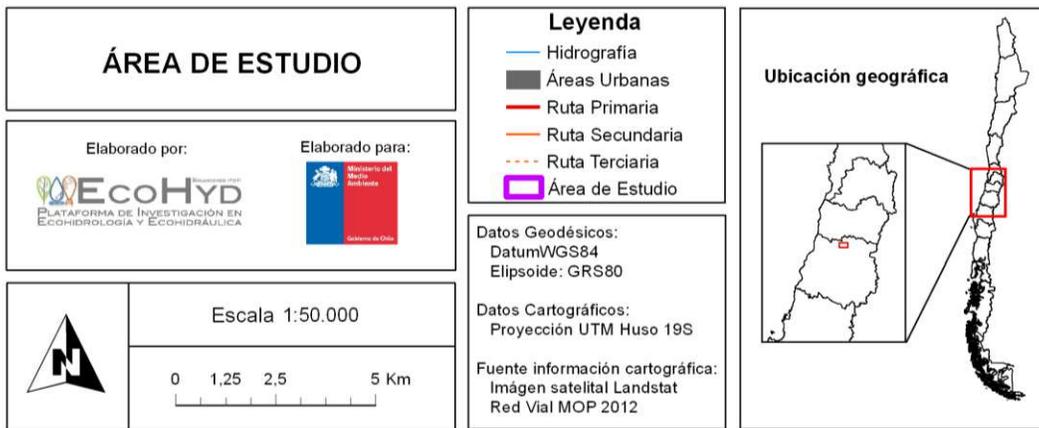
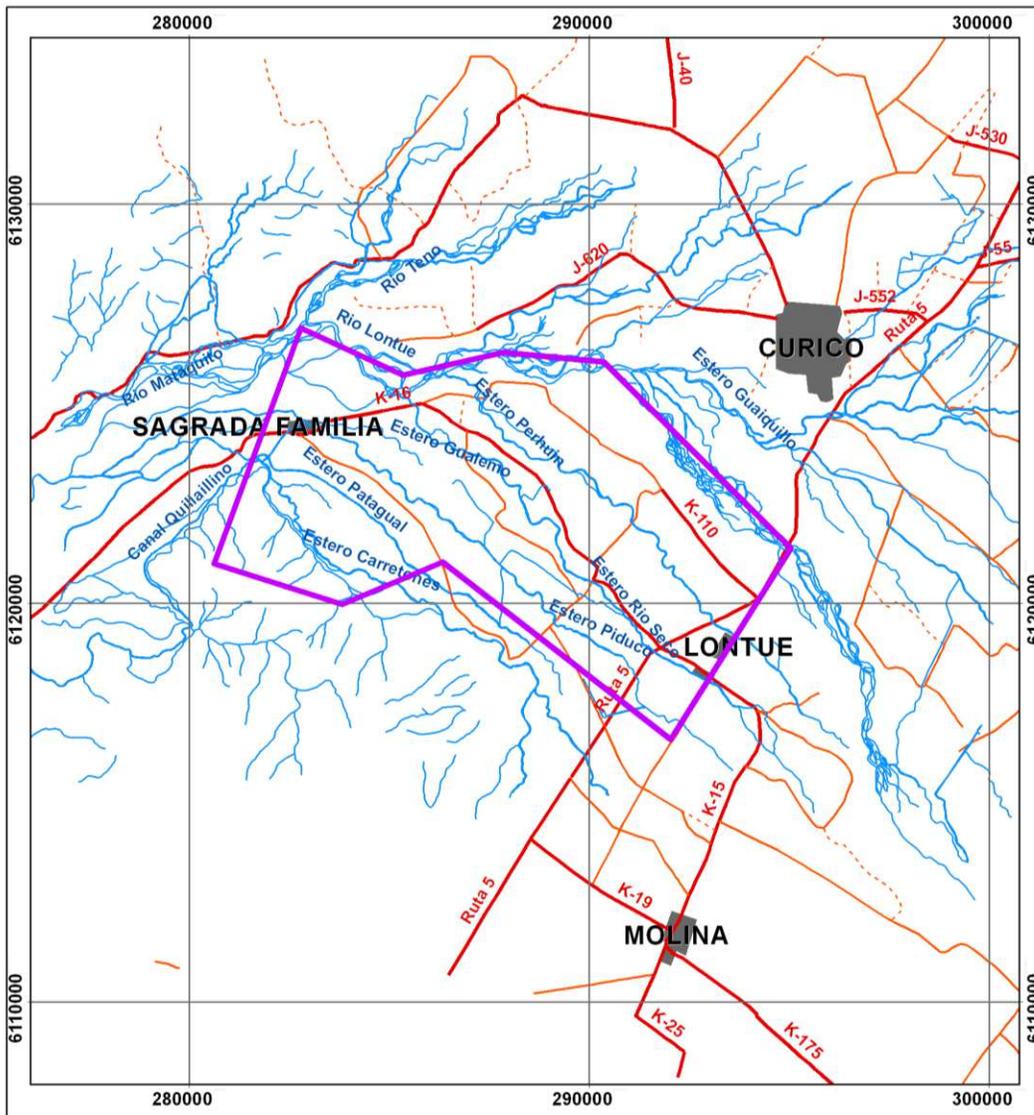
Fuente: Elaboración Propia.

4. **ÁREA DE ESTUDIO**

El área de estudio se ubica en el tramo sur del río Lontué desde la ruta 5 Sur hasta la confluencia de los ríos Lontué y Teno, en un área de influencia de 5 km al sur desde la orilla del cauce del río.

Se ha considerado para el caso de la evaluación de los índices riparianos la orilla norte del río Lontué en el mismo tramo definido anteriormente. El área de influencia se encuentra enmarcado administrativamente en la comuna de Sagrada Familia.

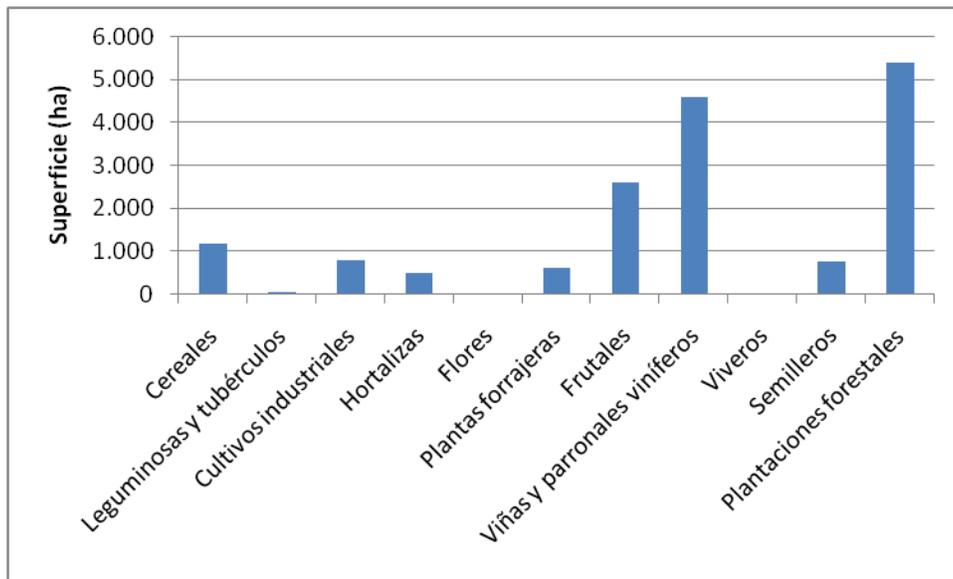
Figura 4.1 Área de estudio



Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 4.2 se muestran las superficies por tipo de cultivo, en ella se aprecia que los principales tipos de cultivos presentes en la comuna son las plantaciones forestales, seguidas de las viñas y parronales viníferos. En tercer lugar, más rezagado se encuentran los frutales. El tipo de cultivo es de vital importancia dentro de la contaminación difusa, ya que depende de la especie cultivada los requerimientos de nutrientes y la capacidad de acelerar los procesos de desnitrificación del suelo.

Figura 4.2 Superficies por tipo de cultivos en la comuna de Sagrada Familia.

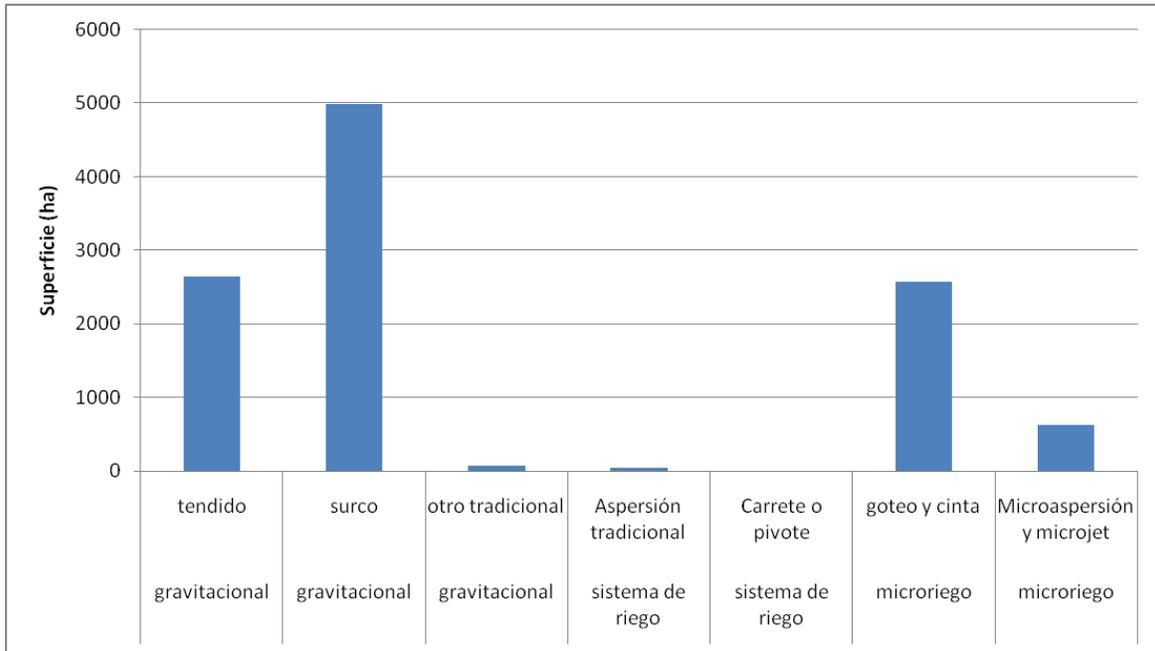


Fuente: INE, 2007.

Como se aprecia en la Figura 4.3, los principales tipos de riegos presentes en la comuna de Sagrada Familia son gravitacional y microriego, en orden de importancia. Destaca el riego por surco, dejando en segundo lugar a riego por tendido y en tercer lugar a riego por goteo y cinta.

El tipo de riego afecta la forma en que el exceso de nutrientes se mueve a lo largo del horizonte de suelo. En aquellos suelos donde el suelo recibe mayor cantidad de riego se tiene una mayor probabilidad de que los excesos de nutrientes lleguen a la napa freática subsuperficial, generando con esto contaminación difusa.

Figura 4.3 Tipo de riego en la comuna de Sagrada Familia (en superficies)



Fuente: INE, 2007.

CAPITULO I: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

5. METODOLOGÍA

5.1. Recopilación y sistematización de antecedentes

Se realizó la recopilación de antecedentes provenientes de estudios y bases de datos de calidad del agua y otros componentes abióticos que permiten entender la dinámica natural del área de estudio, así como las alteraciones antrópicas existentes y su evolución temporal.

En el caso de las bases de datos fue necesario realizar sistematizaciones que permitieran realizar tanto los análisis espaciales como temporales necesarios para el cumplimiento de los objetivos.

5.2. Evolución de la dinámica agrícola y ripariana

Para entender la dinámica agrícola y ripariana fue necesario realizar dos análisis, el primero orientado a determinar el cambio de uso de suelo de la comunidad asociada al río Lontué, mientras que el segundo es orientado a determinar el territorio fluvial.

Ambos fueron desarrollados mediante la utilización de imágenes de satélite Landsat. Por lo que fue necesario realizar una selección y preprocesamiento de dichas imágenes.

5.2.1. *Determinación del cambio de uso de suelo*

Se ha realizado la estimación del cambio de uso de suelo en el periodo comprendido entre 2000-2012, mediante la utilización de imágenes de los satélites Landsat 5 y 7, las que se encuentran en el USGS Global Visualization Viewer (<http://glovis.usgs.gov/>). Este acápite se ha dividido en dos segmentos, el primero en donde se ha realizado la evaluación del cambio de uso de suelo en el periodo señalado y el segundo en donde se ha analizado la dinámica del río Lontué. Previo a esto, se ha realizado el preprocesamiento de las imágenes satelitales, el cual permite estimar las variables físicas a partir de ellas.

Se han considerado las siguientes condiciones para realizar el análisis multitemporal:

- Ambas imágenes deben mostrar la misma estación anual, preferentemente verano, cuando las condiciones de la vegetación son relativamente estables.
- Las dos imágenes deben estar correctamente georreferenciadas.
- Las dos imágenes deben ser calibradas radiométricamente, para minimizar efectos de variaciones en el sensor y condiciones atmosféricas entre las dos fechas.

La identificación de los objetos dentro de las imágenes satelitales se basa principalmente en la intensidad radiométrica de cada píxel en las distintas bandas utilizadas (Chuvieco 1996).

Por otra parte, del tamaño del píxel depende tanto la unidad mínima discriminable como la escala. En primer lugar, solo será posible identificar elementos que presenten un tamaño superior al tamaño del píxel. Sin embargo, se utiliza el doble del tamaño del píxel para aumentar la certeza del elemento correspondiente a la clase que se le está asignando. Por otra parte, debe considerarse el efecto del fondo sobre las coberturas de interés, por ejemplo a la hora de analizar viñedos, estos poseen un tamaño en planta entre 1 y 2 m, mientras que la separación entre hileras de viñedos es superior a 2 m, por lo que se tiene cerca de 1 m de fondo (suelo desnudo), en este caso el píxel mezcla las firmas espectrales de los viñedos y del suelo.

5.2.1.1 Preprocesamiento de las imágenes

Se han realizado las correcciones necesarias para la utilización de las imágenes de satélite, entre ellas se encuentran las correcciones geométricas, correcciones radiométricas y correcciones atmosféricas.

Para la realización del proceso de ajuste geométrico de las imágenes se ha considerado el tipo de correcciones que posee cada una de las imágenes satelitales. Además se ha realizado la comprobación del grado de ajuste de las imágenes de satélite con coberturas vectoriales a escala 1:50.000. Finalmente, se ha evaluado el ajuste entre las imágenes seleccionadas, en particular considerando aquellos elementos físicos invariables a lo largo del tiempo, tales como caminos,

muros de embalses, etc. En caso de encontrarse discrepancias fue necesario realizar un proceso de rectificación y proyección de las imágenes satelitales.

Posteriormente, se ha realizado la transformación de los niveles digitales a reflectancia, a los cuales se les aplicó una corrección atmosférica Sustracción del Cuerpo Oscuro (*Dark Object Subtraction*; Chavez 1988).

5.2.1.2 Evaluación del cambio de uso de suelo

Para realizar el cambio de uso de suelo en el periodo 2000-2012 se han considerado dos imágenes, una de 2000 y otra de 2012, ambas de la misma estación para que las coberturas vegetacionales presenten las menores diferencias fonológicas posibles. Dentro de este análisis se ha realizado la clasificación de las imágenes de acuerdo al programa Corine, el cual considera tres niveles espaciales de interpretación de los usos de suelo. Se ha utilizado el nivel 1 del programa Corine, el cual considera las siguientes clases:

- Superficies Artificiales
- Áreas Agrícolas
- Bosques y Áreas Semi-Naturales
- Humedales
- Cuerpos de Aguas

Por otra parte, se realizó la aplicación del índice Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), el cual permitió definir de manera certera aquellas zonas en donde existe vegetación. Este proceso permitió diferenciar aquellas zonas de bosques y áreas semi-naturales del resto de las coberturas.

Se ha realizado la generación de las zonas de entrenamiento de las clases seleccionadas *a priori*, excluyendo aquellas que no se encuentren presentes en el área de estudio. Para ello se han considerado los siguientes criterios:

- Representatividad de las principales coberturas de la imagen
- Distribuidos por toda la imagen
- Separabilidad de las áreas de entrenamiento definidas

Dichas zonas de entrenamiento fueron evaluadas mediante la separabilidad de las firmas espectrales, con el método de *Jeffries-Matusita Transformed divergence* en ENVI 4.5. Por otra parte, las zonas de entrenamiento se generaron con al menos 500 píxeles, para capturar la representatividad de las coberturas analizadas.

Posteriormente, se ha realizado una clasificación supervisada mediante el método mapeo del ángulo espectral (*Spectral Angle Mapper, SAM*), mediante iteraciones se ha logrado realizar una clasificación de toda el área de estudio. Con esto, se obtuvo un mapa con las coberturas definidas en las zonas de entrenamiento.

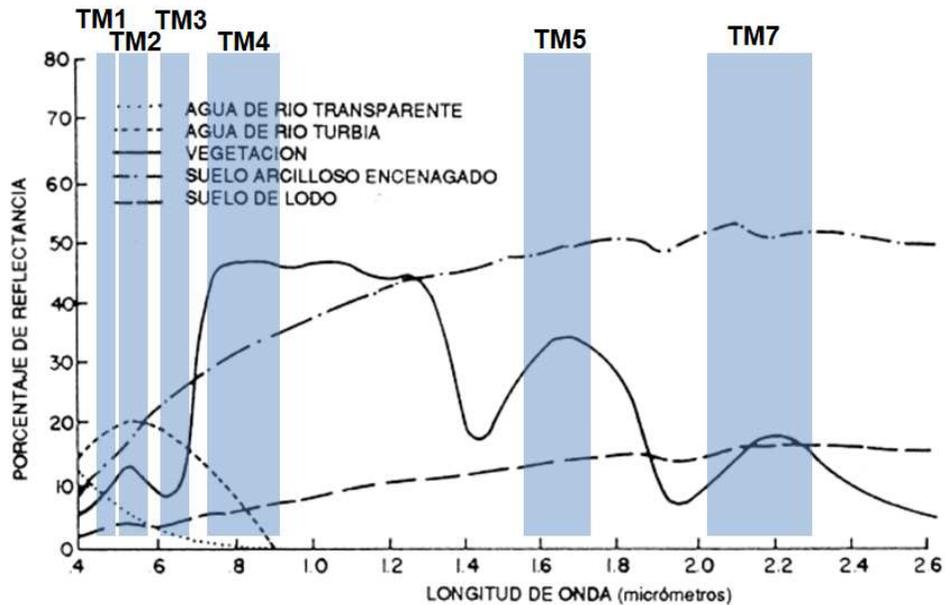
5.2.2. *Evaluación de la dinámica morfológica del río Lontué*

Se ha Realizado el mismo preprocesamiento que en la etapa anterior, para mayores detalles revisar el punto 5.2.1.1.

Se han utilizado al menos una imagen anual, las cuales se han escogido en función de la visibilidad del área de estudio y en fechas relevantes desde el punto de vista de crecidas, inundaciones y/o modificaciones morfológicas en el cauce activo del río Lontué. Posteriormente, se ha realizado la definición del tipo de clasificación que se realizará en las imágenes.

Como se aprecia en la Figura 5.1, la firma espectral del agua presenta un comportamiento distintivo de las coberturas naturales más comunes, por lo que se realizó una clasificación no-supervisada de tipo *k-means* que permitió definir de manera clara los diferentes cursos de agua temporales del río Lontué en el tramo de estudio.

Figura 5.1 Firmas espectrales de coberturas naturales más recurrentes



Fuente: Modificado a partir de Meaden & Kapetsky (1992).

Posteriormente, se ha realizado la definición del territorio fluvial, entendido aquél como la envolvente de los distintos trazados en planta del cauce del río en un periodo determinado. Para la realización de la definición del territorio fluvial se han considerado los criterios definidos por Ollero *et al.* (2011), los cuales se describen a continuación:

- Deben quedar incluidos en el Territorio Fluvial:
 - Los distintos trazados del cauce al menos en el último siglo, consultando para ello cartografía y fotografías aéreas antiguas.
 - La extensión máxima del corredor ribereño al menos en el último siglo, definida a partir de las mismas fuentes cartográficas y fotográficas.
 - Meandros abandonados, masas de vegetación ribereña aisladas y otros posibles anexos fluviales desconectados del corredor ribereño.
 - Terrenos susceptibles de ser erosionados en las próximas décadas por la propia dinámica del cauce, definidos a partir del análisis de las tendencias evolutivas del cauce y a criterio de los expertos en geomorfología fluvial que desarrollen el proceso de delimitación.

- Toda la zona inundada por la crecida de 5 años (en ríos grandes) o la de 10 años (en cursos pequeños). Este criterio puede ser modificado en función de caracteres locales y a partir de análisis hidrogeomorfológicos e hidráulicos.
- Deben quedar fuera del Territorio Fluvial
 - Los núcleos de población
 - Algunos usos humanos consolidados, a criterio de los delimitadores
- Debe ensancharse el Territorio Fluvial aguas arriba y enfrente de los núcleos de población, a criterio de los delimitadores, para reducir los niveles o cotas de aguas desbordadas.

5.3. Evolución temporal de la calidad de las aguas

Se ha realizado la caracterización de la calidad del agua en dos etapas, la primera hace referencia a la calidad del agua obtenida a partir de estaciones fluviométricas de la DGA en zonas cercanas al área de estudio. En segundo lugar se ha realizado una caracterización del área de estudio mediante el muestreo puntual de nueve lugares de interés.

5.3.1. *Evolución temporal de la calidad de las aguas*

La evolución temporal de la calidad de las aguas se realizó mediante un análisis de los parámetros de calidad de las aguas en dos estaciones administradas por la Dirección General de Aguas. Estas estaciones son río Longitudinal y río Lontué en Sagrada Familia.

Mediante un análisis crítico se realizó una comparación de los valores de los parámetros que más caracterizan posibles contaminación proveniente de la agricultura.

Los parámetros seleccionados fueron aquellos que mejor caracterizan la contaminación proveniente de la agricultura. Estos parámetros son: Conductividad Eléctrica, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Cloruro, Nitrato, Nitrógeno, Fósforo, Sulfato, Demanda Biológica de Oxígeno, Potasio, Sodio Disuelto y Cobre.

5.3.2. Evaluación de la calidad de las aguas *in situ*

Se realizó una campaña de terreno para recopilar información primaria sobre la calidad de las aguas en el tramo y su distribución espacial. Esta campaña se realizó (17 y 18 de octubre de 2012) en cinco puntos ubicados en el río Lontué y cuatro puntos ubicados en canales de riego que descargan los excedentes al tramo de estudio.

Los parámetros que se midieron fueron aquellos que son relevantes en la contaminación de cuerpos de agua debido a actividad agrícola. Para esto se realizó la medición de parámetros *in situ* y en laboratorio. En la Tabla 5.1 se encuentran aquellos parámetros medidos *in situ*, mientras que en la Tabla 5.2 se muestran los parámetros medidos en laboratorio y las metodologías utilizadas para estimarlos, en conjunto con el límite de detección.

Tabla 5.1. Parámetros medidos *in situ*.

Parámetro	Precisión	Unidades
Temperatura	+/- 0,01	C
Conductividad eléctrica	+/- 0,005	µS/cm
pH	+/- 0,05	-
Oxígeno disuelto	+/- 0,05	mg/l
Sólidos Totales Suspendidos	-	mg/l

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 5.2. Parámetros medidos en laboratorio, sus metodologías y límites de detección.

Parámetro	Unidades	Metodología	Límite de Detección
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	St Met 2320B	2
Boro Total	mg/L	NCh 2313/25 Of. 97	0,05
Calcio Total	mg/L	NCh 2313/25 Of. 97	0,52
Cobre Total	mg/L	NCh 2313/25 Of. 97	0,014
Coliformes Fecales	NMP/100mL	NCh 2313/22	2
Fosfato (PO ₄)	mg/L	St Met 4500PC	0,18
Fósforo Total	mg/L	NCh 2313/25 Of. 97	0,033
Hierro Total	mg/L	NCh 2313/25 Of. 97	0,03
Magnesio	mg/L	NCh 2313/25 Of. 97	0,064
Manganeso Total	mg/L	NCh 2313/25 Of. 97	0,012
Molibdeno Total	mg/L	NCh 2313/25 Of. 97	0,01

Parámetro	Unidades	Metodología	Límite de Detección
Níquel Total	mg/L	NCh 2313/25 Of. 97	0,012
Nitrato (NO3)	mg/L	SM 4110B (2005)	0,203
Nitrito (NO2)	mg/L	SM 4110B (2005)	0,039
Nitrógeno Amoniacal (NH4+)	mg/L	NCh 2313/16 Of. 97	0,02
Nitrógeno Total Kjeldahl (NKT)	mg/L	NCh 2313/28 Of. 98	0,23
RAS	-	Estimación	-
Sodio Total	mg/L	NCh 2313/25 Of. 97	0,176

Fuente: Elaboración Propia en base a información del laboratorio ANAM.

Por otra parte, el proceso de toma de muestras en terreno fue realizado de acuerdo a los procedimientos establecidos por el Manual de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (NCh 411/4 Of.1997).

Los análisis de laboratorio fueron realizados por el Laboratorio ANAM, el cual se encuentra acreditado bajo la NCh-ISO 17025.Of2005 en las áreas de Microbiología para aguas y Físico-Química para aguas; además de Físico-Química para aguas bajo convenio SISS-INN.

El análisis de los resultados obtenidos se realizó mediante la comparación de los resultados en terreno con los límites permisibles establecidos por la NCh1.333 Of.78 y con la información bibliográfica recopilada. En la Tabla 5.3 se muestran los valores umbrales para la NCh1.333 Of.78 para aguas destinadas a riego.

Tabla 5.3. Estándares para Aguas Destinadas a Riego según NCh 1.333/78.

Parámetro	Expresión	Límite máximo (mg/l)
Aluminio	Al	5
Arsénico	As	0,05
Boro	B	0,75
Cadmio	Cd	0,01
Cianuro	CN-	0,2
Cloruro	Cl-	200
Cobre	Cu	0,2
Compuestos Fenólicos	Fenol	0,002
Cromo	Cr	0,1
Fluoruro	F-	1

Parámetro	Expresión	Límite máximo (mg/l)
Hierro	Fe	5
Manganeso	Mn	0,2
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,2
Nitratos	NO ₃	10
Nitritos	NO ₂	1
Plomo	Pb	5
Sodio porcentual (%)	Na	35
Sulfato	SO ₄ ²⁻	250
Zinc	Zn	2

Fuente: Instituto Nacional de Normalización (1978).

6. RESULTADOS

6.1. Recopilación y sistematización de antecedentes

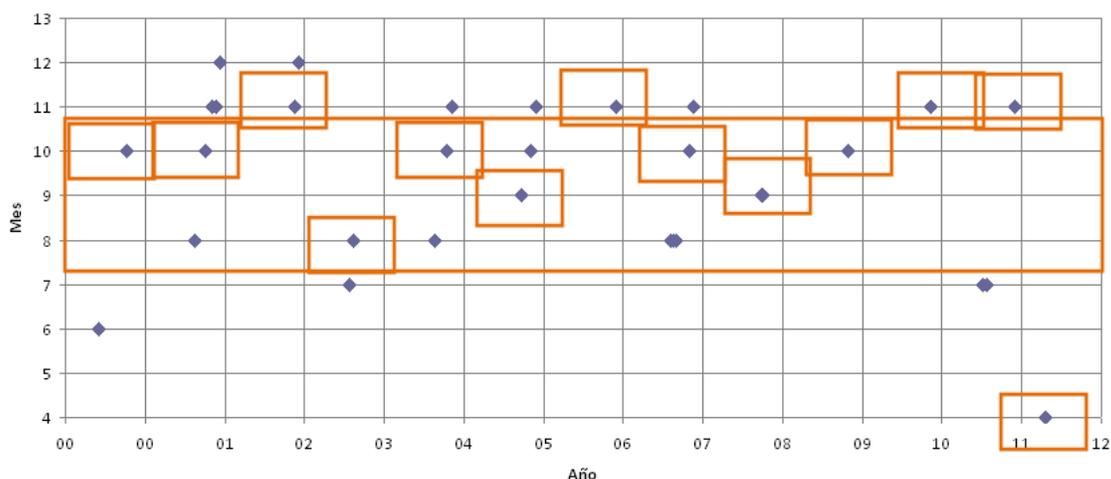
6.1.1. Imágenes de satélite

Se ha realizado la búsqueda de todas aquellas imágenes de satélite de la misión Landsat para el periodo comprendido entre 2000 y 2012. En función del tipo de régimen hidrológico del río se ha seleccionado el periodo más representativo del año para realizar el análisis multitemporal, el cual se encuentra entre los meses de agosto y octubre, en caso de no existan imágenes de satélite que cumplan con los requisitos mínimos se han seleccionado imágenes de noviembre. Además, se ha incorporado una imagen de abril del año 2012, ya que no se disponen de imágenes posteriores con visibilidad del área de estudio.

El primer criterio utilizado para la selección de imágenes satelitales preseleccionadas fue la visibilidad del tramo en estudio, es decir, que no contenga nubes o neblina que haga imposible o limite la estimación de parámetros analizados.

Como resultado se preseleccionaron 21 imágenes de satélite. La Figura 6.1 muestra la distribución temporal de las imágenes seleccionadas. En la Tabla 6.1 se detallan características de éstas.

Figura 6.1 Distribución temporal de las imágenes preseleccionadas



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 6.1 Imágenes satelitales pre-seleccionadas

Identificador interno	Identificador de USGS	Cobertura de nubes*	Fecha	Calidad**	Producto	Visibilidad
	LE72330842000155EDC00	18	03-06-2000	9	ETM+L1T	SI
1	LE72330842000283EDC00	0	09-10-2000	9	ETM+L1T	SI
	LT52330842001229COA01	40	17-08-2001	9	TM L1T	SI
2	LT52330842001277COA00	32	04-10-2001	9	TM	SI
	LT52330842001309COA01	38	05-11-2001	9	TM	SI
	LT52330842001325COA01	1	21-11-2001	9	TM	SI
	LT52330842001341COA00	17	07-12-2001	9	TM L1T	SI
3	LE72330842002320EDC00	36	16-11-2002	9	ETM+L1T	SI
	LE72330842002336PFS00	7	02-12-2002	9	ETM+L1T	SI
	LT52330842003203CUB00	31	22-07-2003	9	TM L1T	SI
4	LE72330842003227EDC01	5	15-08-2003	9	ETM+L1T	SI
	LE72330842004230EDC02	20	17-08-2004	9	ETM+L1T	SI
5	LT52330842004286CUB00	27	12-10-2004	9	TM L1T	SI
	LE72330842004310EDC00	0	05-11-2004	9	ETM+L1T	SI
6	LE72330842005264EDC00	9	21-09-2005	9	ETM+L1T	SI
	LT52330842005304CUB00	0	31-10-2005	9	TM L1T	SI
	LE72330842005328ASN00	3	24-11-2005	6	ETM+L1T	SI
7	LE72330842006331EDC00	0	27-11-2006	9	ETM+L1T	SI
	LT52330842007214CUB00	38	02-08-2007	7	TM L1T	SI
	LT52330842007230CUB00	30	18-08-2007	9	TM L1T	SI

Identificador interno	Identificador de USGS	Cobertura de nubes*	Fecha	Calidad**	Producto	Visibilidad
	LE72330842007238ASN00	8	26-08-2007	9	ETM+L1T	SI
	LE72330842007318EDC00	0	14-11-2007	9	ETM+L1T	SI
8	LE72330842007334EDC00	3	30-10-2007	9	ETM+L1T	SI
	LT52330842008265CUB00	1	21-09-2008	7	TM L1T	SI
9	LE72330842008273EDC00	5	29-09-2008	9	ETM+L1T	SI
10	LT52330842009299CUB01	1	26-10-2009	9	TM L1T	SI
11	LE72330842010310EDC00	0	06-11-2010	9	ETM+L1T	SI
	LE72330842011185EDC00	41	04-07-2011	9	ETM+L1T	SI
	LE72330842011201EDC00	34	20-07-2011	9	ETM+L1T	SI
12	LE72330842011329EDC00	0	25-11-2011	9	ETM+L1T	SI
13	LE72330842012108CUB00	35	17-04-2012	9	ETM+L1T	SI

Fuente: Elaboración Propia.

Notas:

* La cobertura de nubes es estimada por el proveedor de las imágenes Landsat y no necesariamente se ajustan a la cobertura real de nubosidad, sin embargo son una buena aproximación a esta.

** La calidad de la imagen se define en función de la cantidad de errores y su distribución en la imagen a la hora de ser adquirida por el satélite.

6.2. Evolución de la dinámica agrícola y ripariana

6.2.1.1 Determinación del cambio de uso de suelo

Se seleccionó una imagen satelital del año 2000 y otra del año 2012, de un periodo similar para realizar la detección de cambios de las coberturas presentes. Para lo cual se han escogido las imágenes correspondientes a 27-01-2000 y 12-01-2012 (ver Tabla 6.1).

Posterior a los preprocesamientos se realizó la clasificación de las imágenes. A continuación se realizó la generación de zonas de entrenamiento, para esto se realizó la evaluación de aquellas coberturas señaladas por Corine que se encontrarán en el área de estudio, las que son: Áreas Urbanas (por su tipo de firma espectral se ha incluido dentro de ella la caja de río, URB), Vegetación (VEG), Suelo Desnudo (SUEL_DESN), Cuerpos de Agua (AGUA) y Rotación de Cultivos o Barbecho (BARB).

Posteriormente, se realizó la evaluación de la separabilidad de las zonas de entrenamiento, para lo cual se utilizó el método Jeffries-Matusita. A continuación se encuentran las separaciones de cada par, desde la menor diferencia a la mayor diferencia (ver Tabla 6.2).

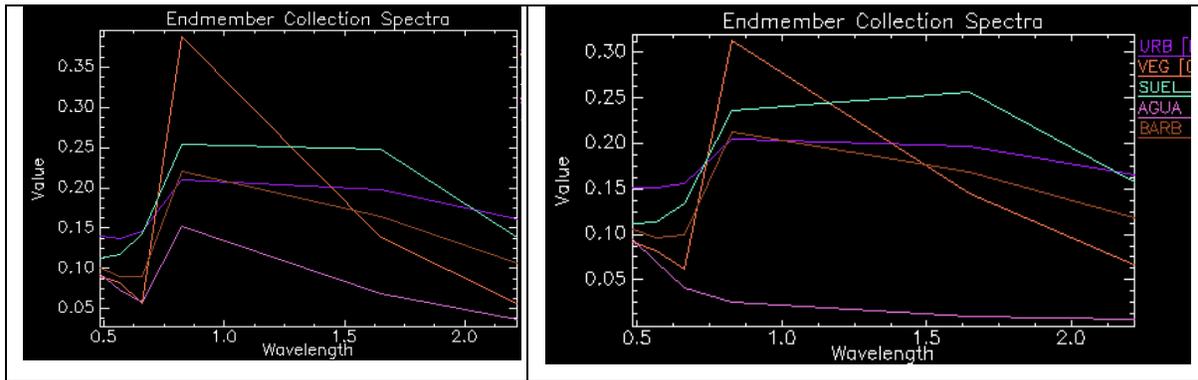
Tabla 6.2 Evaluación de la separabilidad de las zonas de entrenamiento. Áreas Urbanas (URB), Vegetación (VEG), Suelo Desnudo (SUEL_DESN), Cuerpos de Agua (AGUA) y Rotación de Cultivos o Barbecho (BARB)

Par de zonas de entrenamiento	Fecha Inicial	Fecha Final
VEG and AGUA	1,90939989	2,00000000
VEG and BARB	1,94101645	1,79177279
VEG and SUEL_DES	1,97425492	1,95458196
AGUA and URB	1,97803509	2,00000000
AGUA and BARB	1,98537601	2,00000000
SUEL_DES and BARB	1,99808238	1,97162482
BARB and URB	1,99828682	1,97154192
SUEL_DES and AGUA	1,99988783	2,00000000
SUEL_DES and URB	1,99995213	1,99984362
VEG and URB	1,99997748	1,99994219

Fuente: Elaboración Propia.

Como se aprecia, todos los pares superan 1,9, excepto en la fecha final las coberturas VEG con BARB, esta última cobertura corresponde a cultivos en descanso, por lo que no se considera un problema que pueda existir un posible solapamiento en las coberturas, ya que serán unidas en una sola cobertura posteriormente. Por lo que se ha considerado que las zonas de entrenamiento realizadas pueden ser utilizadas para realizar una clasificación supervisada. En la Figura 6.2 se aprecian las firmas espectrales de cada una de estas zonas de entrenamiento, en ellas se aprecian que en ambas fechas presentan una forma similar, además de que presentan comportamientos diferentes en al menos una banda del sensor utilizado.

Figura 6.2 Firmas Espectrales de las zonas de entrenamiento (fecha inicial a la izquierda, fecha final a la derecha)



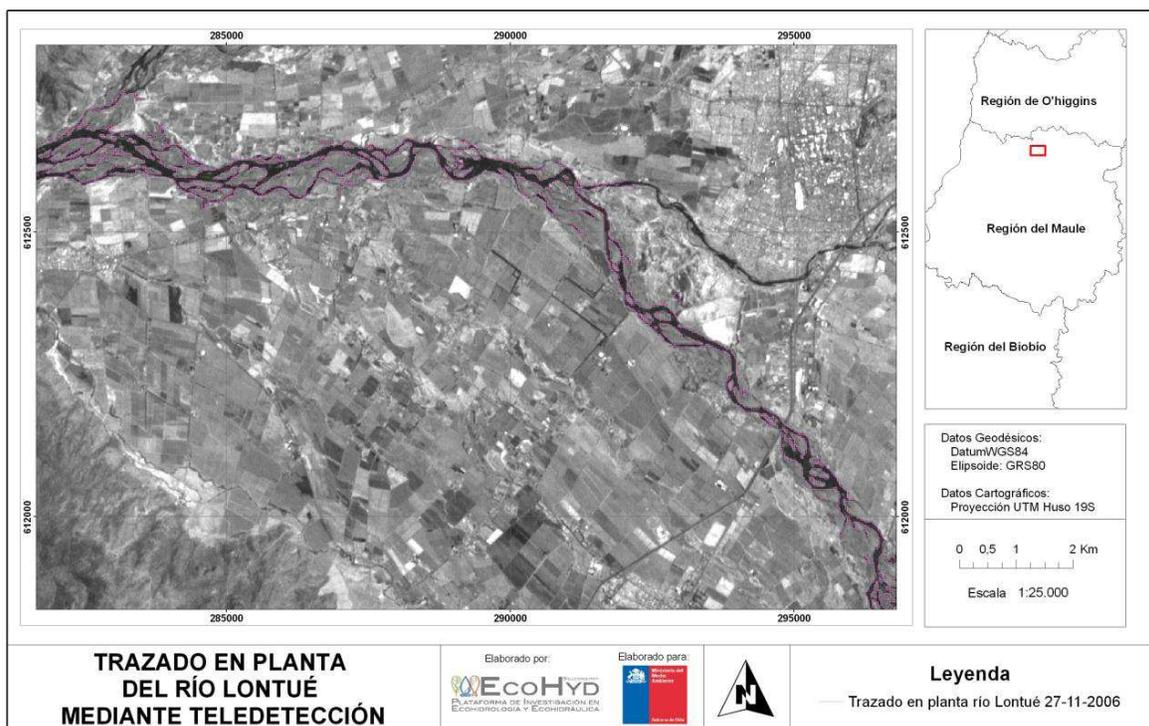
Fuente: Elaboración Propia.

6.2.1.2 Evaluación de la dinámica del río Lontué

Se ha realizado la identificación del trazado en planta para cada uno de los años comprendidos en el periodo entre el año 2000 y 2012, de acuerdo a las imágenes seleccionadas en la Tabla 6.1. Para lo cual se ha realizado *a priori* el preprocesamiento de las imágenes. Este mostró que las imágenes 3 y 9 (definidas en la Tabla 6.1) no permiten determinar el trazado en planta del río debido a la presencia de brumas o problemas en la imagen.

Por otra parte, la Figura 6.3 muestra el trazado del río en 2006 definido a partir de la utilización del método *k-means*. Se puede apreciar que esta clasificación representa en un alto grado la distribución espacial de dicho cuerpo de agua.

Figura 6.3 Ejemplo de identificación del trazado en planta en el área de estudio

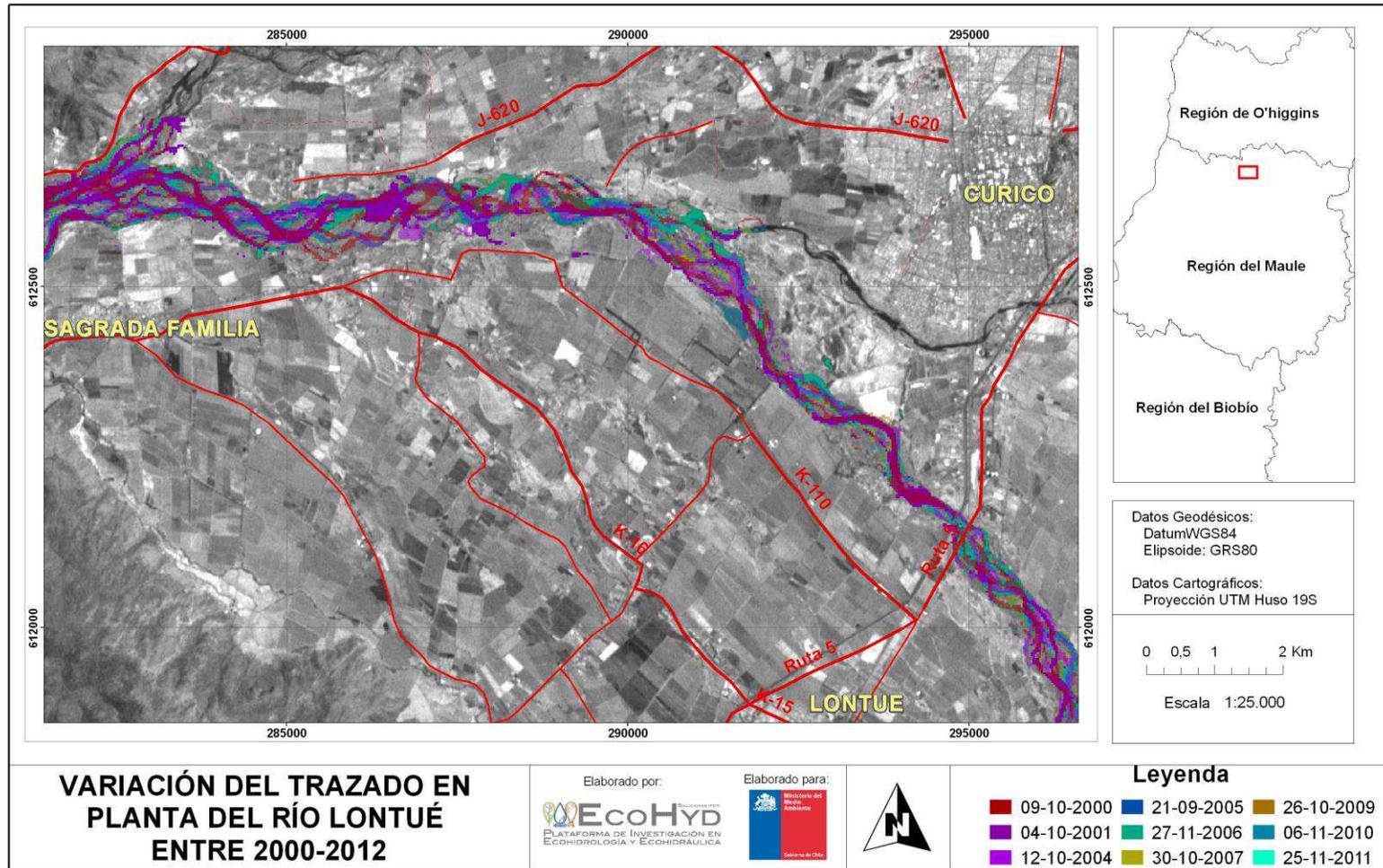


Fuente: Elaboración Propia.

Posteriormente, se realizó la identificación para cada uno de los años, dentro de los resultados se debió excluir la imagen 4, ya que en el vector resultante no fue posible realizar la identificación del trazado del río.

Como se aprecia en la Figura 6.4, en el periodo comprendido entre 2000 y 2012 el río Lontué ha presentado varios trazados. El sector más aguas arriba, cercano al puente Longitudinal presenta una distribución bastante homogénea; mientras que el sector aguas abajo, bajo la confluencia con el estero Guaiquillo, aumenta la variación temporal del trazado en planta del río. Por otra parte, se aprecia una marcada tendencia del río a tener su trazado más cercano a la ribera derecha, en sentido del flujo.

Figura 6.4 Variación del Trazado en planta del río Lontué entre 2000 y 2012.



Fuente: Elaboración Propia.

6.3. Evolución histórica de la calidad de las aguas

El análisis espacio temporal de la calidad de las aguas del río Lontué en el tramo de estudio se realizó comparando los valores de parámetros físico-químicos medidos en estaciones de calidad de las aguas ubicadas en el tramo de estudio, es decir, río Lontué en Longitudinal y río Lontué en Sagrada Familia, las cuales se detallan en el capítulo de recopilación de antecedentes.

Figura 6.5 Ubicación de las estaciones río Lontué en longitudinal y río Lontué en Sagrada Familia



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.3 Ubicación de las estaciones de medición de la calidad de las aguas Río Lontué en longitudinal y río Lontué en Sagrada Familia. Se indica además el periodo de medición

Estación	Código BNA	Coordenadas		Fecha de medición
		Este	Norte	
Río Lontué en Longitudinal	07117001-2	294945	6122000	14/11/1973 - 23/03/2012
Río Lontué en Sagrada Familia	07119003-K	283963	6126185	22/07/1974 - 23/03/2012

Fuente: Elaboración propia

Del conjunto de parámetros que se miden en cada una de las dos estaciones, se seleccionaron aquellos que representen o caractericen de mejor medida la carga orgánica proveniente de la agricultura intensiva.

De acuerdo al análisis bibliográfico, se seleccionaron un total de 12 parámetros, los cuales se detallan en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4 Parámetros seleccionados para el análisis de la variabilidad temporal

Parámetros	Codificación	Unidades
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm
Temperatura	Tº	ºC
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l
Cloruro	Cl ⁻	mg/l
Nitrato	NO ₃	mg/l
Nitrógeno	N	mg/l
Fosfato	PO ₄	mg/l
Sulfato	SO ₄	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/l
Potasio	K	mg/l
Sodio disuelto	Na dis	mg/l
Cobre	Cu	mg/l

Fuente: Elaboración propia.

No se incluyeron dos parámetros que relevancia para este estudio (Nitrito y Coliformes Fecales) debido a la escasez de datos medidos en estas estaciones.

6.3.1.1 Análisis temporal

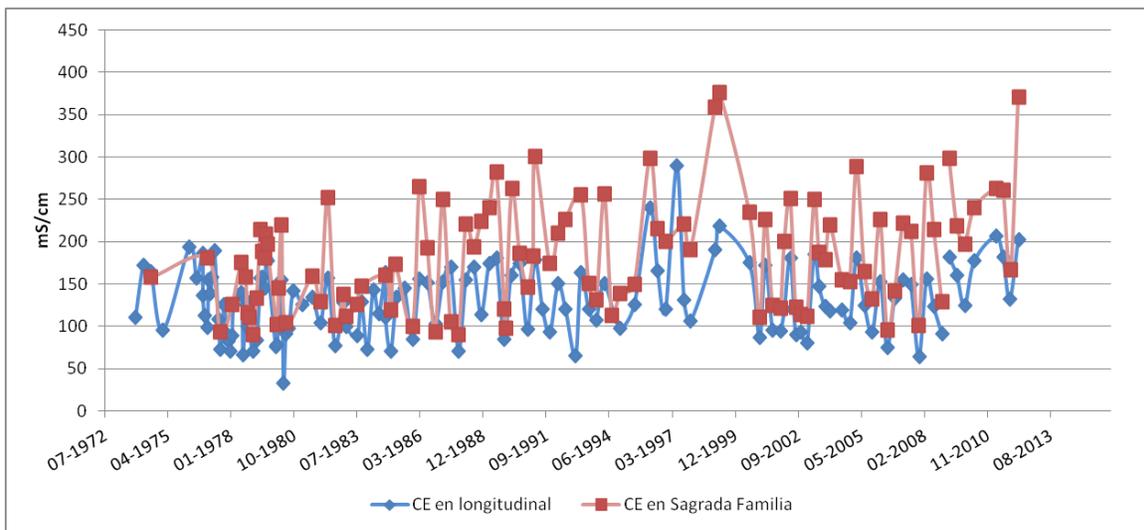
El análisis temporal se realizó en forma individual para cada uno de los parámetros señalados en la Tabla 6.4.

6.3.1.1.1 Conductividad eléctrica

Ambas estaciones presentan cierta variabilidad de la CE a lo largo de un año, sin embargo pareciera no ser un patrón estacional típico de la estacionalidad de un régimen nivo-pluvial como es el caso del río Lontué.

A partir del año 1986 aproximadamente se aprecia que la CE de la estación ubicada aguas abajo (sector cercano a Sagrada Familia) aumenta con respecto a la medida en la estación ubicada aguas arriba (río Lontué en longitudinal). Estos aumentos se hacen evidentes tanto para los valores máximos anuales, como para los mínimos. A pesar de este aumento, el patrón variacional anual se mantiene entre la estación aguas arriba y la estación aguas abajo (Figura 6.6).

Figura 6.6 Variación temporal de la conductividad eléctrica (CE) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia

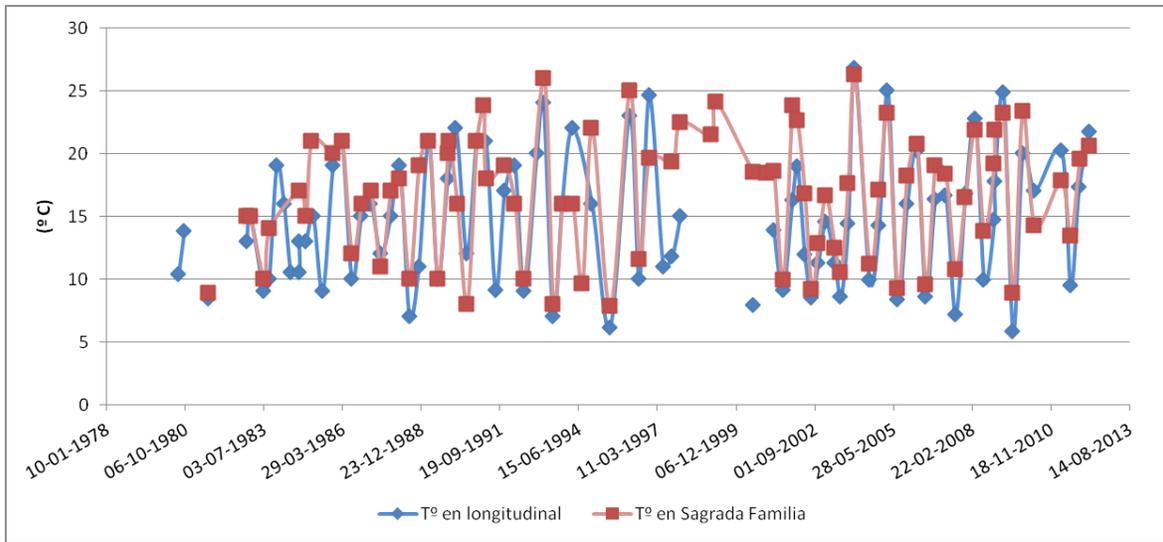


Fuente: Elaboración propia.

6.3.1.1.2 Temperatura

Ambas estaciones presentan variación anual, (Figura 6.7) con un leve aumento de la temperatura en la estación aguas abajo. A partir del año 2002, aprecia que existe una pequeña amortiguación de las temperaturas en la estación aguas abajo, en donde las temperaturas mínimas son mayores y las máximas son menores con respecto a la estación aguas arriba. Esto sugiere que existe un aporte de agua con temperatura relativamente constante que regula en forma mínima la temperatura del río.

Figura 6.7 Variación temporal de la temperatura (T°) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia

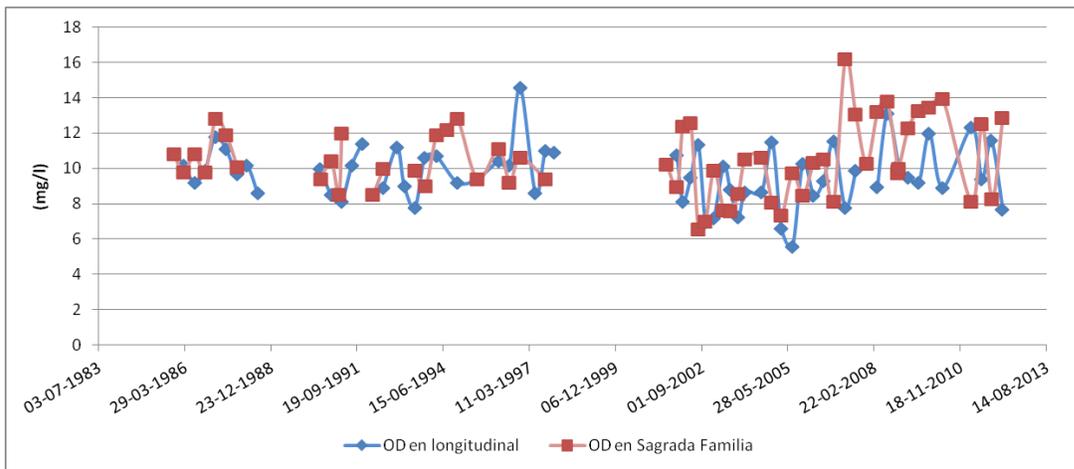


Fuente: Elaboración propia.

6.3.1.1.3 Oxígeno Disuelto

La medición de este parámetros no es continua (Figura 6.8), distinguiendo dos periodos de medición. El primero definido entre el año 1985 y el año 1998 y el segundo entre 2001 a la fecha. En el primer periodo se observa que el OD aguas abajo presenta valor medio levemente inferior que el valor medido aguas arriba. En el segundo periodo de medición, los valores de OD son similares entre aquellos medidos aguas arriba y aguas abajo. A partir del año 2007 aproximadamente, el OD aguas abajo presenta una tendencia de valores por sobre aquellos medidos en la estación aguas arriba.

Figura 6.8 Variación temporal del oxígeno disuelto (OD) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia

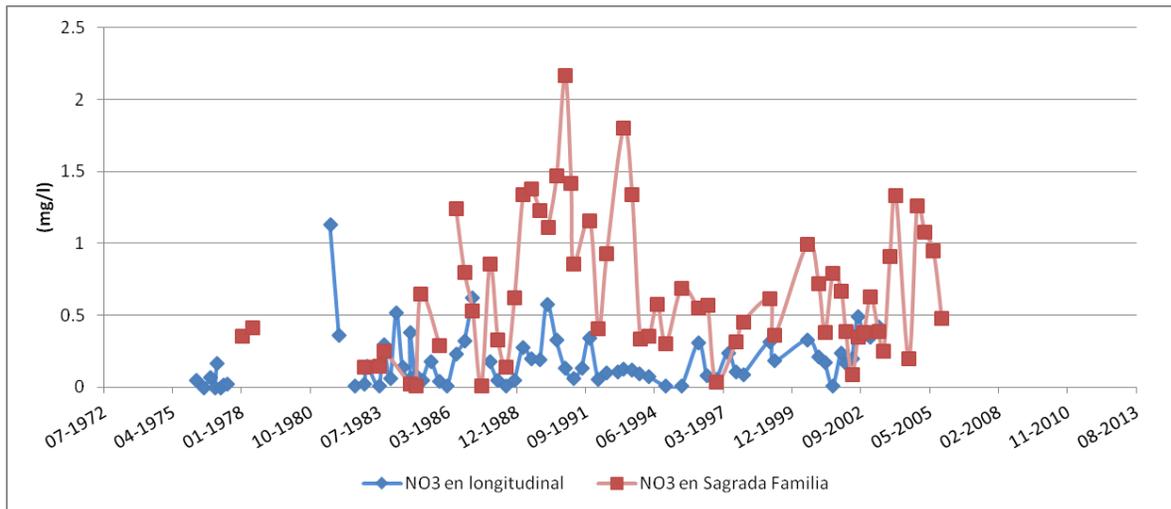


Fuente: Elaboración propia.

6.3.1.1.4 Nitrito

El nitrato fue registrado en forma continua a partir del año 1983 (Figura 6.9). Se aprecia que entre 1983 hasta 1987 (aproximadamente) los valores de nitrato registrados en las estaciones aguas arriba y aguas abajo son similares. A partir de 1987 el valor del nitrato es superior en la medición aguas abajo, mostrando mayor diferencia entre 1987 a 1997. A partir de 1997, el valor de nitrato disminuye en su tendencia central, pero es mayor que aquel medido en la estación aguas arriba.

Figura 6.9 Variación temporal del nitrato (NO₃) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia

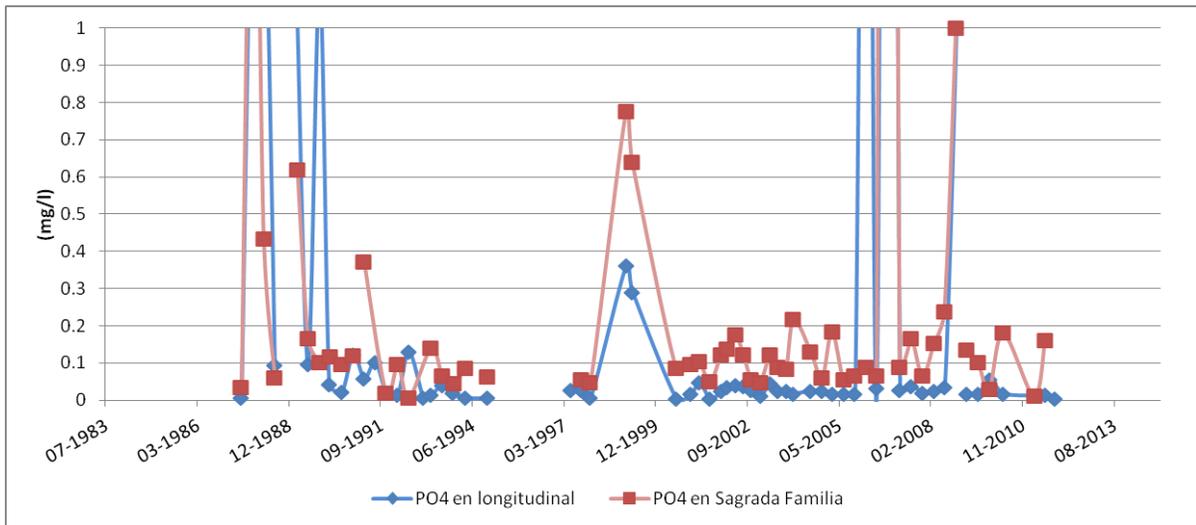


Fuente: Elaboración propia.

6.3.1.1.5 Fosfato

El fosfato fue medido entre los años 1988 a la fecha (Figura 6.10). Se observa que, tanto los valores medidos aguas arriba como aguas abajo presentan algunos valores elevados que podrán ser considerados como anómalos o puntuales. En general, se aprecia que la estación aguas abajo presenta un mayor valor que la estación aguas arriba, el cual se hace levemente mayor a partir del año 2001.

Figura 6.10 Variación temporal del fosfato (PO₄) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia



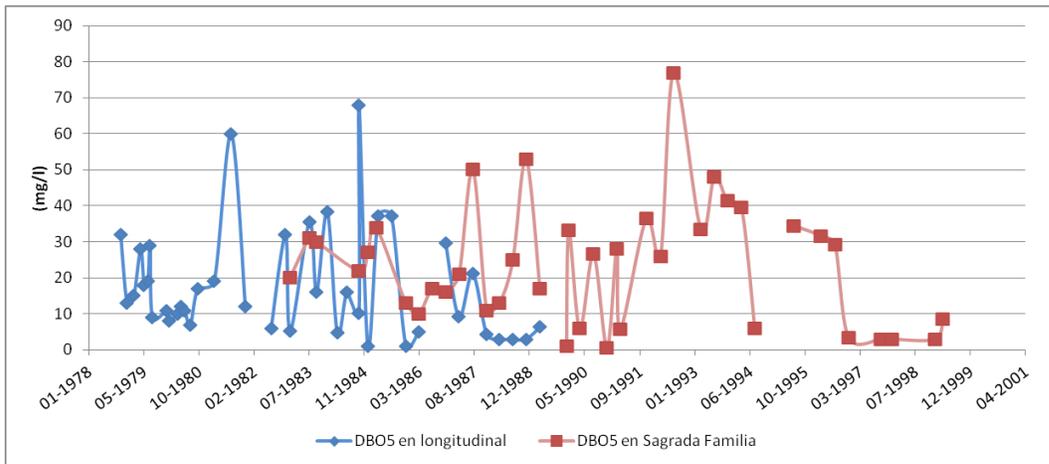
Fuente: Elaboración propia.

6.3.1.1.6 Demanda Bioquímica de Oxígeno

Este parámetro presenta un periodo de medición irregular y poco actualizado (Figura 6.11). En la estación río Lontué en longitudinal, la DBO₅ fue medida entre 1978 y 1989, presentando valores medios bajos (del orden de 20 mg/l) y valores mínimos y máximos que oscilan entre los 2 y 50 mg/l.

En la estación río Lontué en Sagrada Familia, la DBO₅ fue medida entre los años 1983 a 1999, siguiendo una tendencia similar a aquella registrada en la estación aguas arriba. Lamentablemente es pequeño el periodo en donde se realiza la medición en ambas estaciones, por lo tanto, no es posible encontrar alguna tendencia. Por otra parte, la medición no es actualizada, como para poder determinar si en los últimos 10 años existe alguna relación entre la DBO₅ medida en ambas estaciones y los valores de ésta para el periodo en estudio.

Figura 6.11 Variación temporal de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia

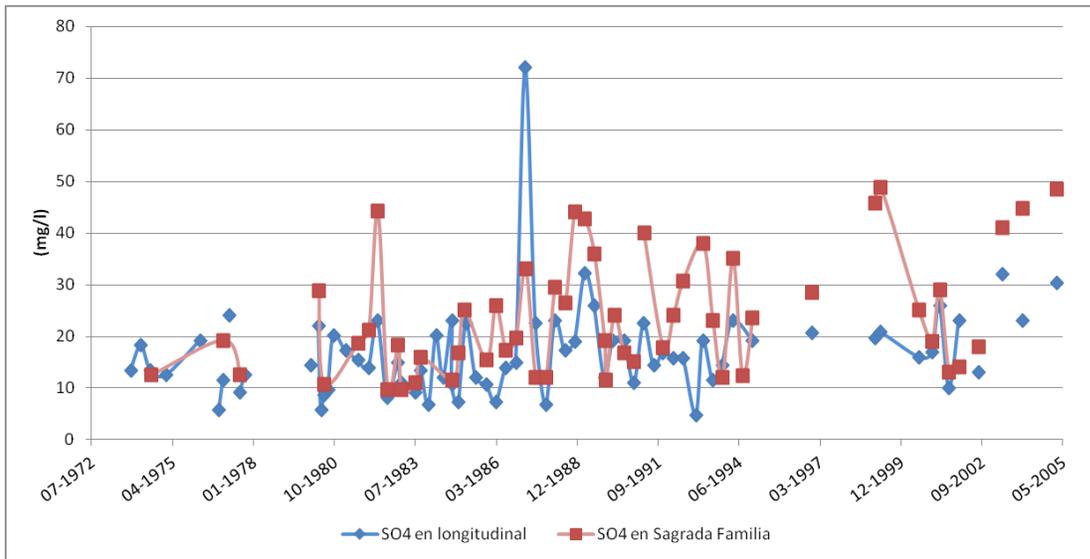


Fuente: Elaboración propia.

6.3.1.1.7 Sulfato

El sulfato presenta una medición acotada a los periodos 1980 a 1994 (Figura 6.12). A partir de este año hasta el 2005 hay mediciones esporádicas que no permiten analizar una tendencia de los datos. En el periodo de análisis (1980 a 1994), el SO₄ presenta valores similares entre ambas estaciones en el periodo 1980 a 1988, a partir de este año, los valores de SO₄ son más elevados en la estación aguas abajo.

Figura 6.12 Variación temporal del sulfato (SO₄) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia



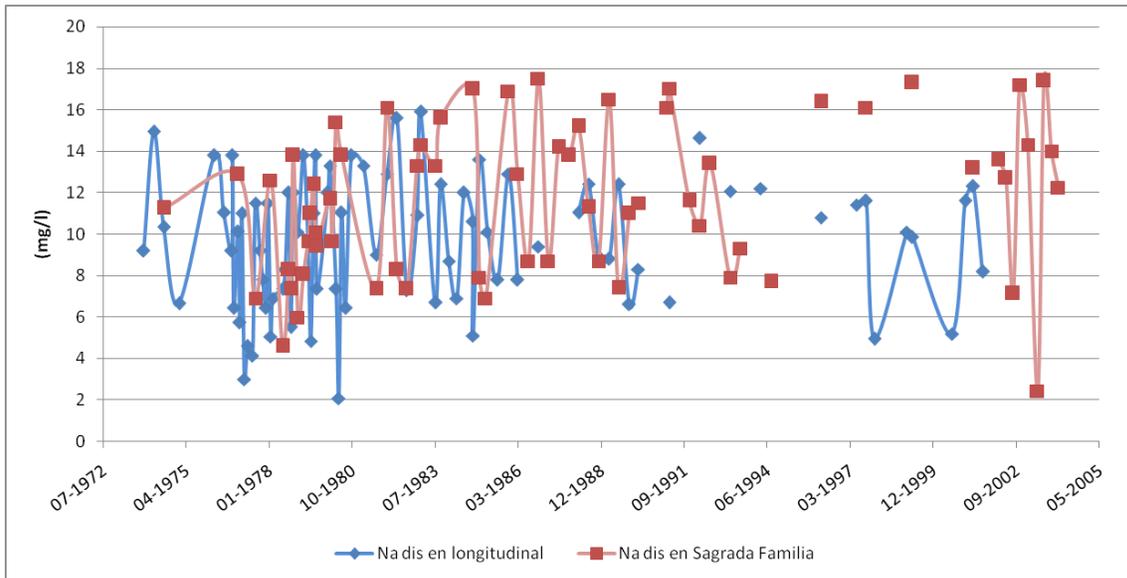
Fuente: Elaboración propia.

6.3.1.1.8 Sodio Disuelto

El sodio disuelto (Na dis) presenta dos periodos de medición (Figura 6.13), el primero comprendido entre 1974 y 1989 y el segundo entre los años 1999 hasta el 2005. En este último periodo, los periodos de medición entre ambas estaciones no son simultáneos por lo tanto, no es posible realizar una comparación entre ambas estaciones. En definitiva, la comparación solo pudo realizarse para el primer periodo (1974 a 1989).

En este periodo se aprecia, que hasta el año 1983, el sodio disuelto presenta tendencia similar entre ambas estaciones. A partir de este año, el sodio disuelto presenta un leve aumento evidenciado claramente en los valores máximos.

Figura 6.13 Variación temporal del sodio disuelto (Na dis) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia

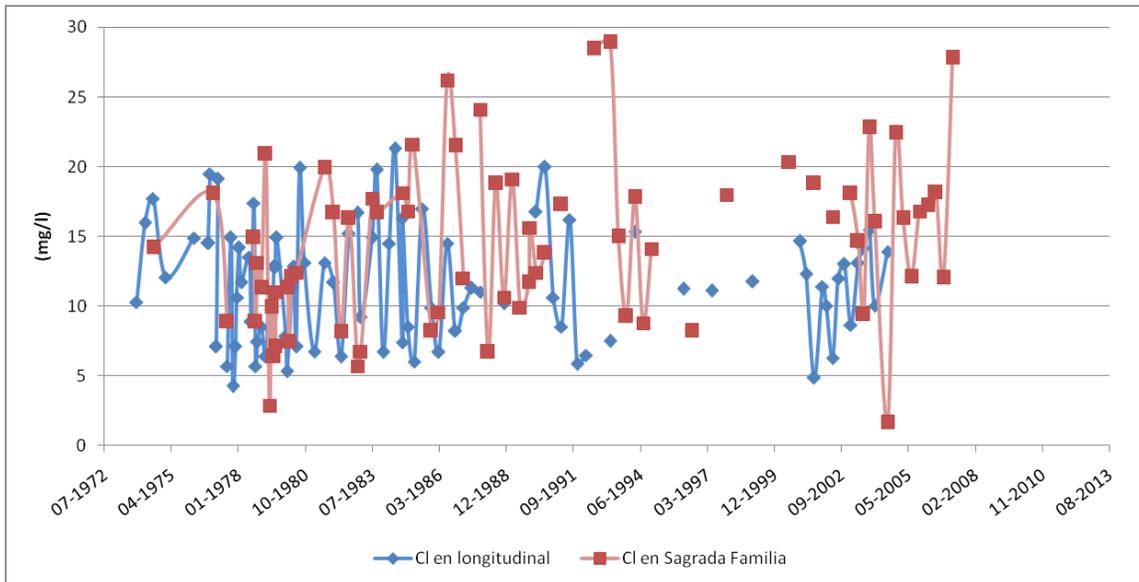


Fuente: Elaboración propia.

6.3.1.1.9 Cloruro

En la Figura 6.14 se muestra la variación temporal del cloruro para ambas estaciones. De esta se observa que, al igual que el sodio (Figura 6.13), solo existe un acotado periodo de tiempo el cual puede ser útil para realizar una comparación (1974 a 1990). En este periodo se aprecia que el cloruro presenta valores aguas abajo amortiguados, es decir, valores mínimos más elevados y valores máximos más bajos, a excepción del periodo comprendido entre los años 1987 a 1990, en donde la estación aguas abajo presenta valores mayores que la estación aguas arriba.

Figura 6.14 Variación temporal del cloruro (Cl⁻) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia

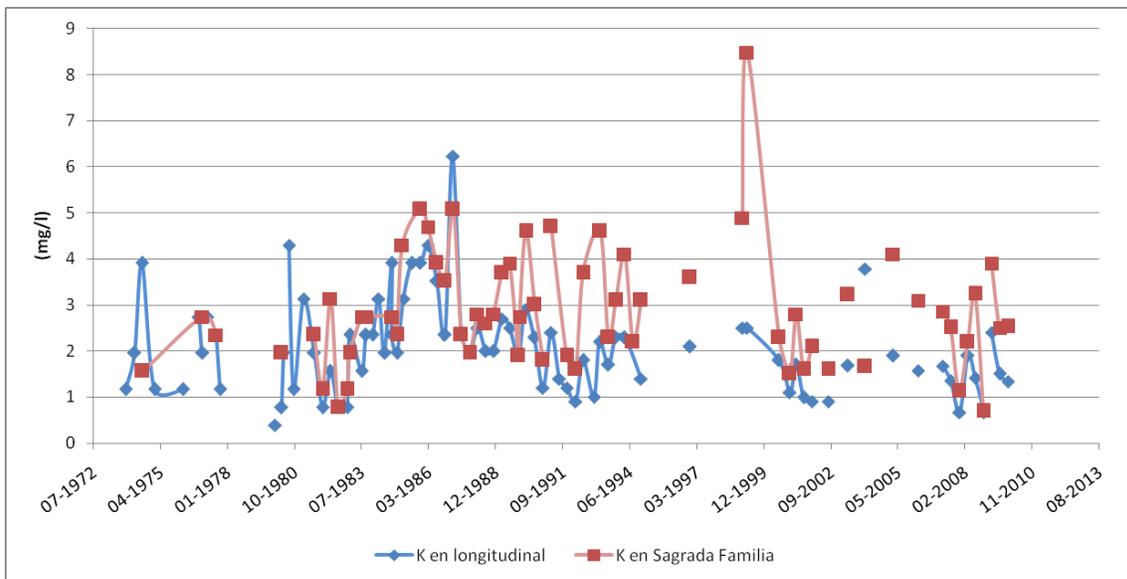


Fuente: Elaboración propia.

6.3.1.1.10 Potasio

En la Figura 6.15 se muestra la variación temporal del potasio (K) en ambas estaciones de muestreo. Este parámetro también presenta un acotado periodo de tiempo el cual puede ser analizado (1980 a 1996). De este se aprecia que entre 1980 y 1987 el potasio presenta valores y tendencias similares entre ambas estaciones. Sin embargo, a partir de 1987 el potasio evidencia valores mayores en la estación aguas abajo, manteniéndose esta tendencia hasta el final del periodo.

Figura 6.15 Variación temporal del potasio (K) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia

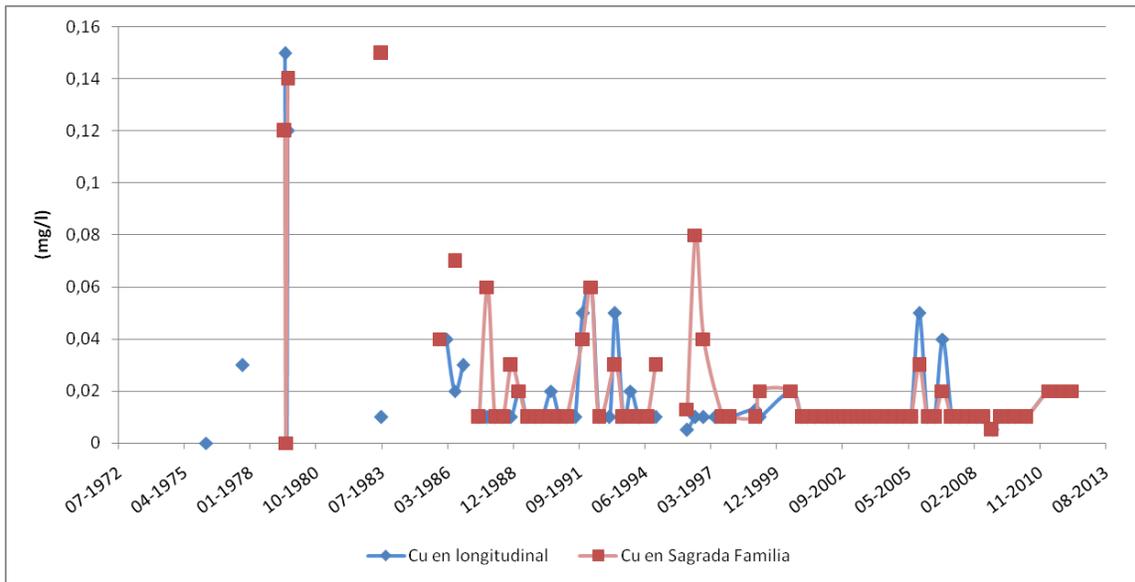


Fuente: Elaboración propia.

6.3.1.1.11 Cobre

En la Figura 6.16 se muestra la variación temporal del cobre en ambas estaciones de medición. El periodo en el cual se realizaron las mediciones se centra principalmente a partir del año 1987 a la fecha. En esta figura se aprecia que el cobre presenta bajos valores y muy similares en ambas estaciones. Solo se aprecian valores mayores en forma puntual y que por lo general son identificados en ambas estaciones.

Figura 6.16 Variación temporal del cobre (Cu) en las estaciones río Lontué en Longitudinal y en la estación Río Lontué en Sagrada Familia



Fuente: Elaboración propia

A modo de resumen, se puede deducir que el tramo en estudio, comprendido entre ambas estaciones de muestreo presenta valores similares de calidad de las aguas según los parámetros seleccionados. A partir de la variación temporal de cada uno de estos y de su comparación entre ambas estaciones, es posible agrupar en tres conjuntos de parámetros de acuerdo a si estos han sufrido diferencias entre las estaciones con respecto a las variaciones temporales y cuándo han sufrido estas diferencias. En primer lugar se aprecia que el cobre no presenta diferencias entre una y otra estación sobre la variación temporal, al igual que el oxígeno disuelto, que solo presenta una leve diferencia a partir del año 2007.

En segundo lugar se encuentra la temperatura, la cual muestra una amortiguación de sus valores a partir del año 2001 o 2002. Esta amortiguación corresponde a un afluente que ingresa agua con temperatura relativamente constante a lo largo del año, la cual al mezclarse con la temperatura propia del río Lontué hace disminuir la temperatura de éste en la sección aguas abajo. Similar situación ocurre con el fosfato, el cual aumenta levemente a partir del año 2002.

Esta variación a partir del año 2002 puede explicarse mediante la puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de la ciudad de Curicó (planta Tutuquén) la cual se ubica en el tramo de estudio y su descarga es en el estero Guaiquillo, el cual descarga al río Lontué.

En tercer lugar se encuentran casi todo el resto de los parámetros seleccionados (CE, NO₃, SO₄, Na dis, K) los cuales presentan similares valores en ambas estaciones de medición hasta los años 1987 o 1988. A partir de estos años, el parámetro aumenta su valor respecto de la estación aguas arriba, lo cual puede indicar un aumento de la actividad agrícola a partir de este año o bien algún cambio en las prácticas agrícolas.

6.3.2. *Calidad de las aguas*

Se realizó una campaña de muestreo entre los días 17 y 18 de octubre en el cual se muestrearon nueve estaciones de muestreos (Figura 6.18). Sobre el río Lontué se definieron cinco estaciones de muestreo con el fin de determinar la variación espacial de la calidad de las aguas a lo largo del tramo en estudio (CA-1, CA-2, CA-3, CA-4 y CA-5). Se definieron 4 estaciones de muestreo en canales de riego, 2 estaciones sobre el canal Hualemu (CA-6 y CA-7) y 2 estaciones en el canal Pirihuín (CA-8 y CA-9).

Figura 6.17 Toma de muestras de calidad del agua (izq.) y medición de parámetros físico-químicos in situ



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 6.18 Ubicación de las estaciones de muestreo de la calidad de las aguas.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.5 Valores de los parámetros de calidad de las aguas medidos en el río Lontué, canal Hualemu y canal Pirihuín.

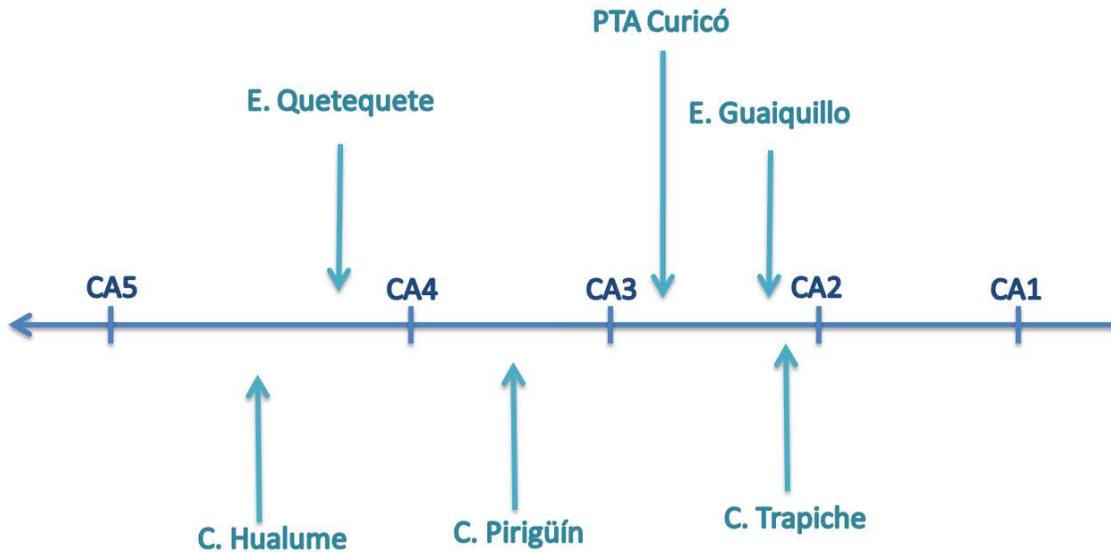
Parámetro	Unidades	Canal Lontué					Canal Hualemu		Canal Pirihuín	
		CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA7	CA6	CA9	CA8
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	46	42	50	50	48	48	66	48	58
Boro Total	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Calcio Total	mg/L	13,50	15,33	14,67	17,62	22,12	21,52	22,87	15,56	20,49
Cobre Total	mg/L	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	0,015
Coliformes Fecales	NMP/100mL	64	70	11.000	4.900	13.000	220	4.900	540	3.300
Fosfato (PO ₄)	mg/L	<0,18	<0,18	<0,18	<0,18	<0,18	<0,18	<0,18	<0,18	<0,18
Fósforo Total	mg/L	0,318	<0,033	0,071	0,087	0,089	0,074	0,147	0,052	0,157
Hierro Total	mg/L	0,59	0,51	0,43	0,99	0,81	0,68	0,85	0,85	0,84
Magnesio	mg/L	2,367	2,607	2,611	4,312	5,132	4,986	6,698	3,603	6,150
Manganeso Total	mg/L	0,021	0,019	0,015	0,035	0,029	0,023	0,126	0,024	0,087
Molibdeno Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Níquel Total	mg/L	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012
Nitrato (NO ₃)	mg/L	<0,203	1,460	<0,203	3,740	3,090	2,360	6,260	3,230	5,000
Nitrito (NO ₂)	mg/L	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039
Nitrógeno Amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg/L	0,13	0,10	0,13	0,22	0,13	0,14	0,16	0,22	0,26
Nitrógeno Total Kjeldahl (NKT)	mg/L	1,25	1,20	1,34	1,24	1,11	1,30	1,28	1,31	1,33
RAS	-	0,647	0,741	0,728	0,703	0,699	0,715	0,776	0,667	0,745
Sodio Total	mg/L	9,88	12,02	11,61	12,82	14,16	14,30	16,57	11,33	15,13
pH	-	7,22	6,87	6,96	6,89	7,06	7,03	7,16	6,89	6,95
Temperatura	°C	13,73	14,02	14,03	15,3	15,94	16,52	17,02	17,48	15,36
Oxígeno Disuelto	mg/L	8,06	8,18	8,04	7,55	7,9	6,85	7,86	7,54	7,39
Conductividad Eléctrica	μS/cm	155	154	159	188	222	245	218	230	179

Parámetro	Unidades	Canal Lontué					Canal Hualemu		Canal Pirihuín	
		CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA7	CA6	CA9	CA8
Sólidos Totales Suspendidos	mg/l	81	81	84	98	117	129	115	122	94

Fuente: Elaboración propia.

Para un mayor entendimiento del sistema se ha realizado un diagrama unifilar del tramo de estudio, en donde se han incorporado los principales aportes de canales que existan, además se ha incluido la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTA) de Curicó (ver Figura 6.19). Como se aprecia en dicha figura, entre el tramo comprendido entre las estaciones de calidad del agua CA2-CA3 se encuentra la PTA antes señalada. Por otra parte, en el tramo entre las estaciones de calidad del agua CA3-CA4 se encuentra el aporte del canal Pirihuín y entre el tramo comprendido entre las estaciones de calidad de CA4-CA5 se encuentra el canal Hualume.

Figura 6.19. Diagrama unifilar del río Lontué en el tramo en donde se realizaron las mediciones de calidad del agua.

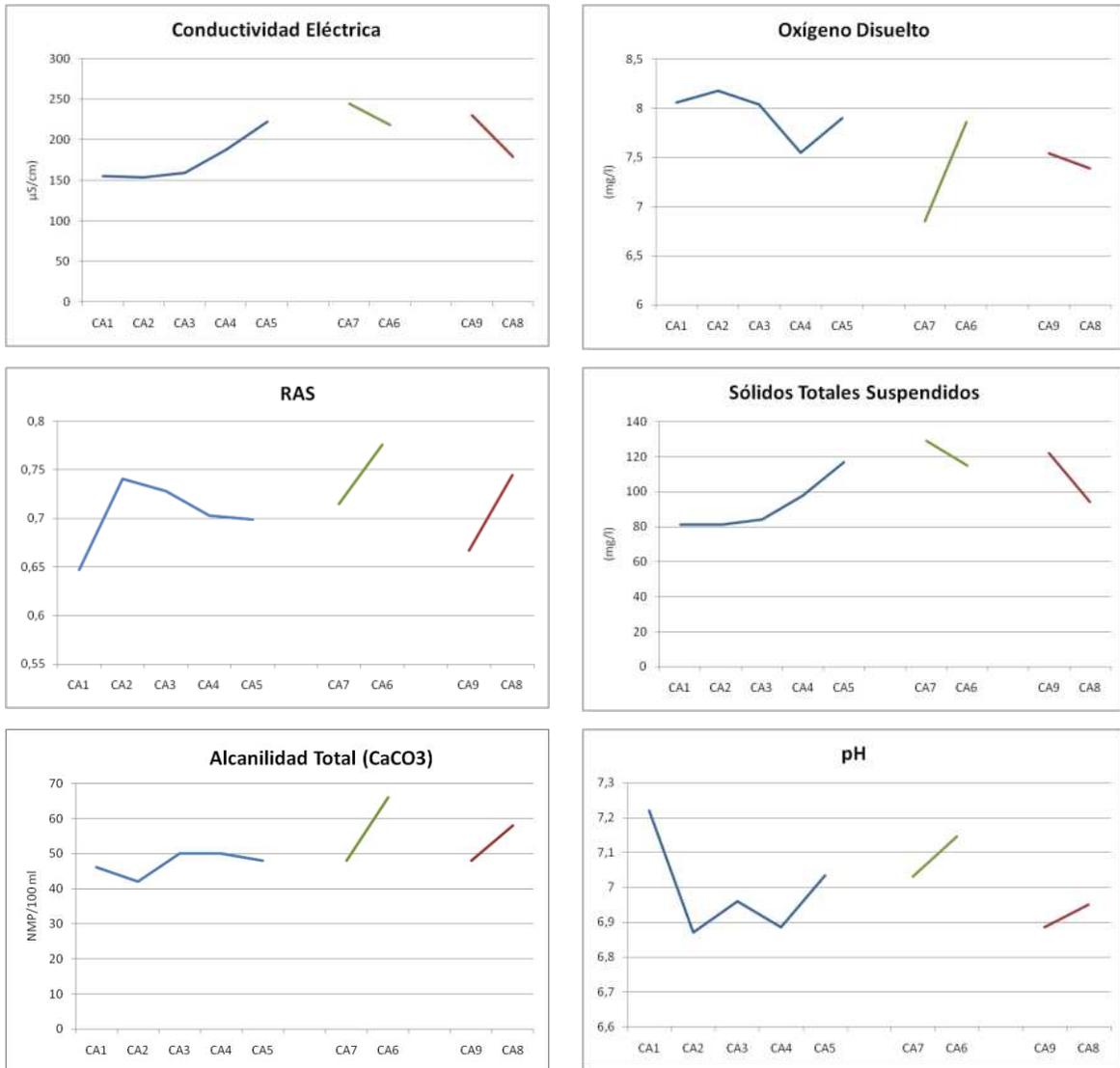


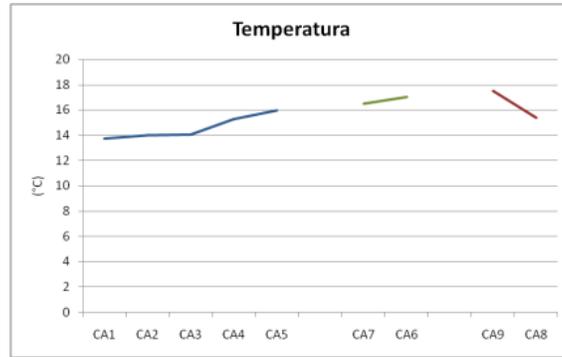
Fuente: Elaboración Propia.

Para realizar una evaluación de la calidad del agua en el río Lontué se han dividido los parámetros evaluados de acuerdo a grupos funcionales. En la Figura 6.20, Figura 6.21, Figura 6.22 y Figura 6.23 se aprecian los resultados divididos en las clases señaladas. Cada estación se muestra desde aguas arriba hacia aguas abajo desde izquierda a derecha. Las estaciones de los canales también se encuentran de aguas arriba hacia aguas abajo.

En la Figura 6.20 se encuentran los parámetros físico-químicos evaluados. Como se aprecia en dicha figura, los valores de obtenidos en el agua de los canales los canales se encuentran dentro del rango de distribución del agua del río. En todos los parámetros se aprecia una tendencia a aumentar hacia aguas abajo, tanto en el río como en los canales.

Figura 6.20. Parámetros físico-químicos

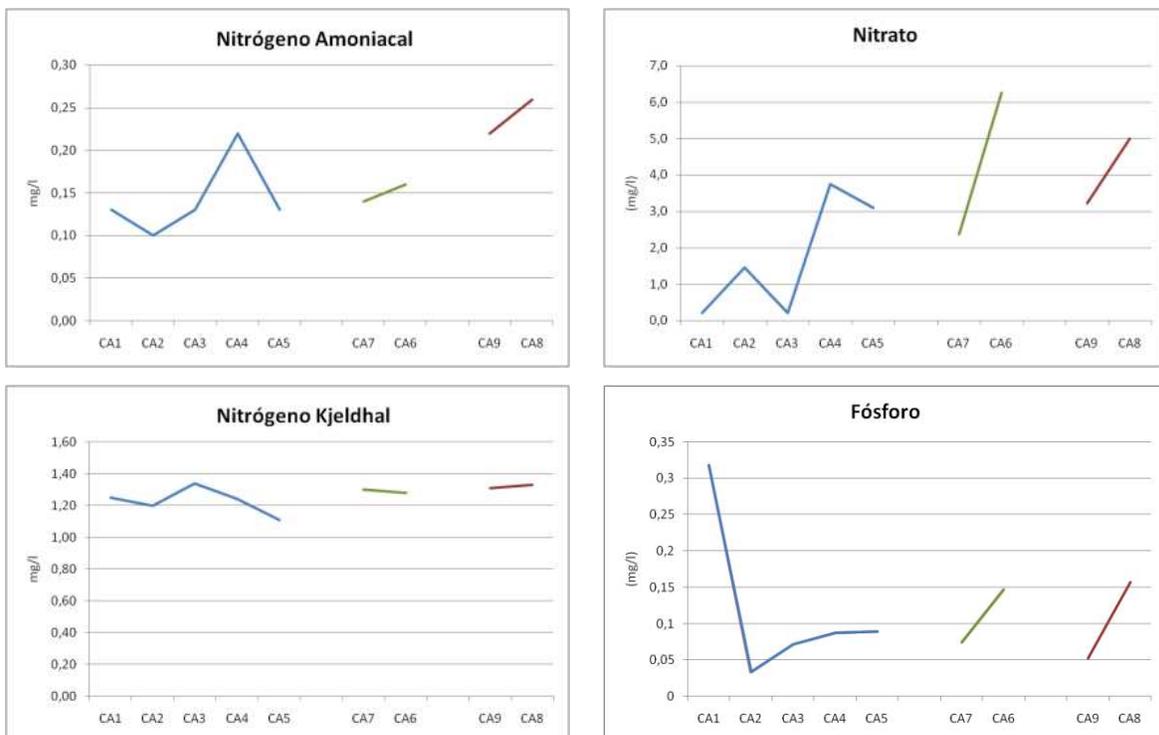




Fuente: Elaboración Propia.

El nitrato en los canales se encuentra por sobre el nivel presente en el río, esto debido principalmente al efecto de la aplicación de nutrientes en la agricultura. Los otros parámetros presentan una distribución similar tanto en las estaciones medidas en los ríos como en los canales. La medición de Fósforo en la estación CA1 destaca debido a un alto contenido, sin embargo este pudiera ser algún error en la medición, dada su alta variación con respecto a la estación siguiente aguas abajo.

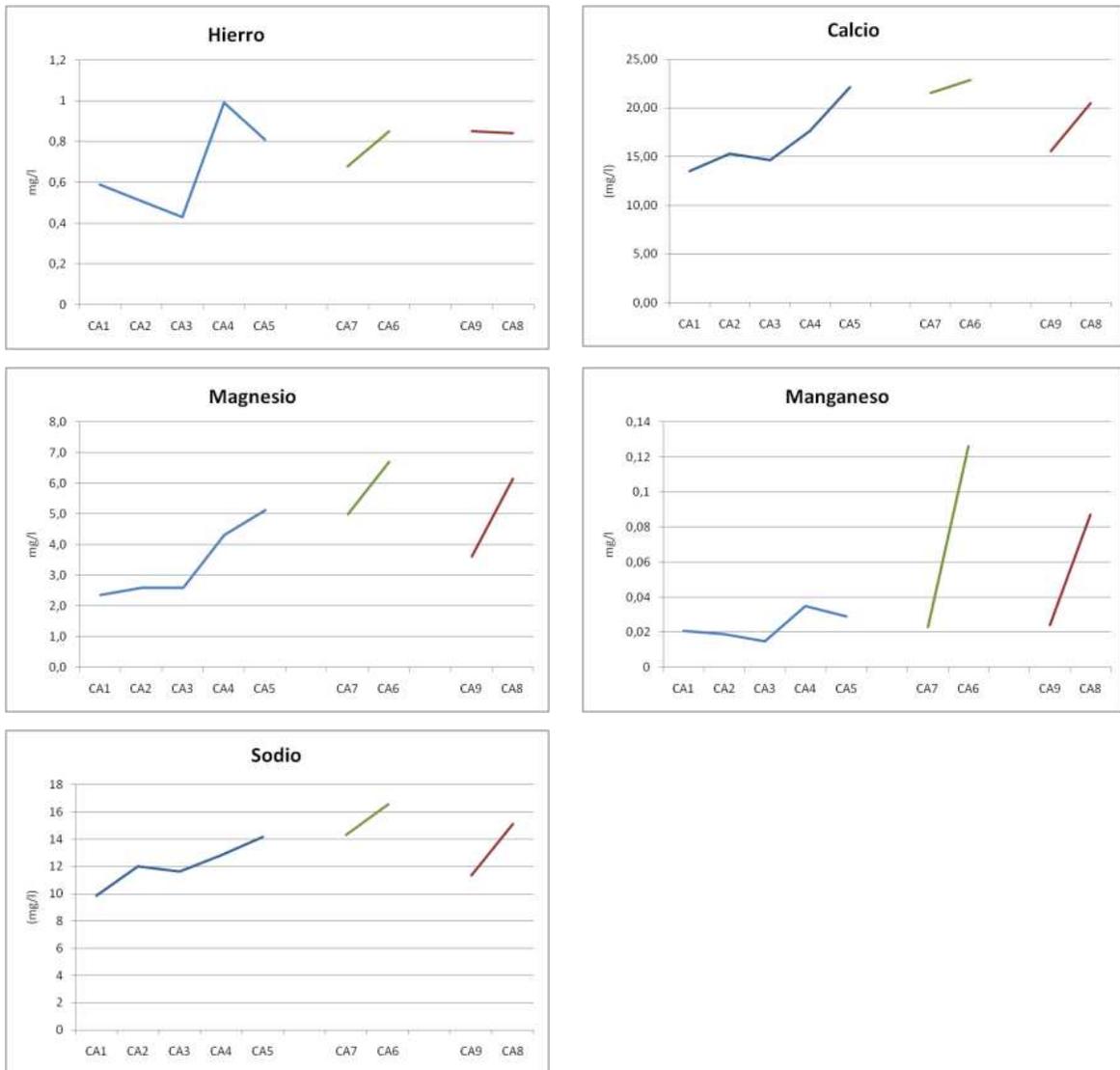
Figura 6.21. Inorgánicos



Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto a los metales esenciales, estos presentan una distribución similar tanto en los canales como en el río. Salvo el Magnesio, Manganeso y Sodio; los cuales presentan una mayor concentración en la estación más aguas abajo de los canales, la cual supera ampliamente la concentración del río.

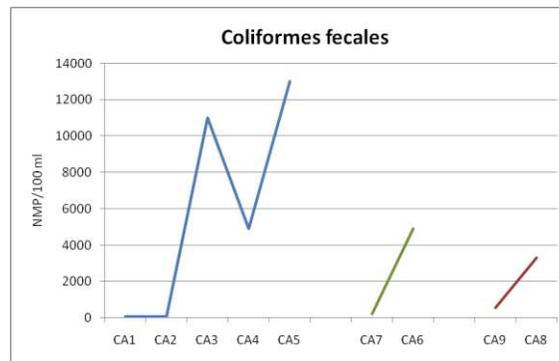
Figura 6.22. Metales Esenciales



Fuente: Elaboración Propia.

Particular mención merece las Coliformes Fecales, las cuales presentan un valor muy alto, sin embargo estas presentan una alteración principalmente a la salud de las personas. Las Coliformes fecales se encuentran en una alta concentración tanto en los canales como en el río. Sin embargo, el valor es particularmente alto en el río, en particular presenta un aumento en la estación CA3, la cual se encuentra aguas abajo de la planta de tratamiento de aguas servidas de Curicó. Por otra parte, a la altura de la estación CA5 presenta otro peak, lo cual puede ser producto de los centros poblados pertenecientes a Sagrada Familia.

Figura 6.23. Microbiológicos.



Fuente: Elaboración Propia.

Dado que no existe una Norma Secundaria de Calidad del Agua (NSCA) para la cuenca del río Lontué se ha realizado la comparación de las mediciones de calidad del agua en las nueve estaciones realizadas con las clases establecidas en la “Guía para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas” realizada por CONAMA (2004). En la Tabla 6.6 se presentan los resultados de dicha comparación, es posible apreciar que solo para Sólidos Totales Suspendidos se encuentran todas las estaciones de calidad del agua en Clase 3; mientras que Nitrato presenta una Clase 3 desde la estación de calidad del agua CA4 hacia aguas abajo. Las Coliformes Fecales, por otra parte, presenta variaciones a en las distintas estaciones de calidad del agua, presentando al menos Clase 2 desde la estación de calidad del agua CA3 hacia aguas abajo, además de presentar Clase 2 en los puntos más aguas abajo de ambos canales analizados.

Sin embargo, estas clases fueron definidas *a priori* para todo Chile por la CONAMA, por lo que pueden presentar variaciones locales debido a factores naturales como la geología o hidrología del sector , por lo que no deben ser consideradas como concluyentes.

Tabla 6.6. Evaluación de la calidad del agua en el río Lontué y afluentes en función de la “Guía para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas”

Parámetros	Río Lontué					Canal Hualemu		Canal Pirihuín	
	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA7	CA6	CA9	CA8
INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS									
Conductividad Eléctrica	Clase de Excepción								
Oxígeno disuelto	Clase de Excepción	Clase1	Clase de Excepción	Clase de Excepción	Clase de Excepción				
pH	Clase de Excepción								
RAS	Clase de Excepción								
Sólidos Totales Suspendidos	Clase3								
Temperatura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INORGÁNICOS									
Nitrógeno Amoniacal (NH4+)	Clase de Excepción								
Nitrato (NO3)	Clase de Excepción	Clase2	Clase de Excepción	Clase3	Clase3	Clase3	Clase3	Clase3	Clase3
METALES ESENCIALES									
Boro Total	Clase de Excepción								
Cobre Total	Clase de Excepción o Clase1								
Hierro Total	Clase de Excepción	Clase de Excepción	Clase de Excepción	Clase1	Clase1	Clase de Excepción	Clase1	Clase1	Clase1
Manganeso Total	Clase de	Clase2	Clase de	Clase2					

Parámetros	Río Lontué					Canal Hualemu		Canal Pirihuín	
	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA7	CA6	CA9	CA8
	Excepción	Excepción	Excepción	Excepción	Excepción	Excepción		Excepción	
Molibdeno Total	Clase de Excepción o Clase1								
Níquel Total	Clase de Excepción								
INDICADORES MICROBIOLÓGICOS									
Coliformes Fecales	Clase1	Clase1	Clase3	Clase2	Clase3	Clase1	Clase2	Clase1	Clase2

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE LA ZONA RIPARIANA

7. METODOLOGÍA

7.1. Evaluación de la calidad del sistema ripariano

7.1.1. Evaluación del estado ecológico de las zonas riparianas

Se ha realizado la evaluación de cuatro índices que evalúan la calidad de las zonas riparianas. Estos índices son QBR, IZRI, IHG y RFV.

Los rangos de calidad para cada uno de los índices se muestran en la Tabla 7.1, la mayoría de estos índices se han dividido en 5 clases de acuerdo a la Directiva Marco del Agua Europea.

Las clases del QBR corresponden a las definidas en Munné *et al.* (1998, 2003). En el caso del IHG se utilizó la clasificación propuesta en Ollero *et al.* (2008). Mientras que las del IZRI corresponden a las definidas por el Ministerio del Medio Ambiente – Ecohyd (2011).

Tabla 7.1 Clases y valoraciones de los índices QBR, IZRI e IHG.

Clase	Rango QBR	Rango IZRI	Rango IHG
Muy Buena	> 95	211-240	90-75
Buena	90-75	181-210	74-60
Aceptable	70-55	136-180	59-42
Mala	50-30	76-135	41-21
Muy Mala	< 25	0-75	20-0

Fuente: Elaboración Propia.

El RFV por su parte, también cuenta con un sistema de cinco clases, las que son “Muy bueno”, “Bueno”, “Moderado”, “Pobre” y “Malo”; sin embargo la clasificación se realiza de acuerdo al valor de cada uno de sus componentes, considerando valores altos en sus componentes como mejor calidad. En la Tabla 7.2 se aprecia la asignación de cada uno de sus posibles clases.

Tabla 7.2 Valoraciones del índice RFV

Códigos		Total
5555		20
5554		19
5553-5544		18
5444-5543	5552	17
5443-4444	5533-5542-5551	16
5433-4443	5541-5532-5442	15
5333-4433-4442	5432-5522-5531-5441	14
5332-4333-4432	5422-4441-5521-5431	13
3333	5322-4422-4332-5421-5511-5331-4431	12
4322-3332	5411-4421-5321-4331-5222	11
3322-4222	4411-4321-3331-5311-5221	10
3222	4311-3321-5211-4221	9
2222	3311-3221-5111-5211	8
4111-3211-2221		7
2211-3111		6
2111		5
1111		4

Fuente: Magdaleno et al. (2010).

7.2. Medidas de manejo vegetación ripariana

Debido a los problemas técnicos encontrados durante el presente estudio (ver 0), se ha realizado la modificación de este punto hacia una puesta en valor de la vegetación ripariana.

8. RESULTADOS

8.1. Evaluación de la calidad del sistema fluvial

8.1.1. *Evaluación del estado ecológico de las zonas riparianas*

Se ha realizado la evaluación de índices riparianos, considerando tanto sus componentes a Mesoescala como a Macroescala. Los índices evaluados son los siguientes:

- QBR
- IZRI
- IHG
- RFV

Se ha realizado la evaluación en ocho tramos de río, cuatro en cada ribera del río. A los tramos se les han asignado un identificador en función de su ubicación, aquellos que se encuentran en la ribera derecha se les ha identificado como IN-NÚMERO-R y aquellos que están en la ribera izquierda como IN-NÚMERO-I. Además, se ha incorporado un número correlativo desde aguas arriba hacia aguas abajo. La disposición de los tramos evaluados puede ser vista en la Figura 8.2.

Figura 8.1 Evaluación de los índices riparianos en terreno



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 8.2 Estaciones de muestreo de índices riparianos.



Fuente: Elaboración Propia.

8.1.1.1 QBR

La evaluación del índice QBR se presenta en la Tabla 8.1. Como se puede apreciar, los tramos IN-4-D e IN-2-I presentan la mejor calidad del área de estudio, con 50 y 55 puntos, respectivamente. Sin embargo, de acuerdo a lo propuesto por Munné *et al.* (1998, 2003) estas puntuaciones corresponden a Mala Calidad y Calidad Aceptable. Es necesario destacar que la calidad máxima que es posible de obtener al realizar la evaluación de este índice se obtiene con una alta presencia y proporción de árboles nativos en el sector evaluado, mientras que en el área de estudio se encontró como formación principal arromo chileno y sauce chileno, el primero exótico y el segundo nativo.

Los tramos IN-1-I e IN-3-I presentan la peor calidad, encontrándose dentro de la clase Pésima. En donde los componentes Cobertura y Calidad de la Cobertura del Bosque Ripariano presentan un valor 0.

Los tramos que se encuentran en la ribera derecha presentan la misma calidad, mientras que los tramos que se encuentran en la ribera izquierda presentan una mayor diversidad en cuanto a su estado. Esto dado principalmente por la baja accesibilidad que tienen estas zonas, además de corresponder a predios más pequeños y dedicados a la pequeña agricultura.

Tabla 8.1 Valoraciones del índice QBR en los tramos evaluados, según componente

Componente	Cobertura Bosque Ripariano	Estructura Bosque Ripariano	Calidad de la Cobertura del Bosque Ripariano	Alteraciones del Cauce	Puntuación Final	Calidad	Color
IN-1-D	5	5	10	25	45	Mala Calidad	
IN-2-D	5	5	0	25	35	Mala Calidad	
IN-3-D	15	0	0	25	40	Mala Calidad	
IN-4-D	15	5	5	25	50	Mala Calidad	
IN-1-I	0	5	0	5	10	Calidad Pésima	
IN-2-I	10	25	10	10	55	Calidad Aceptable	
IN-3-I	0	5	0	0	5	Calidad Pésima	
IN-4-I	10	25	0	0	35	Mala Calidad	

Fuente: Elaboración Propia.

8.1.1.2 IZRI

En el caso de la evaluación del IZRI se ha realizado un despliegue gráfico de cada uno de sus componentes, que permita evaluar en paralelo el comportamiento espacial de cada uno de ellos.

El componente Calidad del Sistema presenta una calidad similar en todos los tramos evaluados, mientras que el componente Corredor Ripariano presenta una mejor evaluación en el tramo IN-4-I, IN-4-D e IN-3-D.

Los componentes a nivel local, Calidad del Cauce y Vegetación, presentan una gran variabilidad en los tramos evaluados. Se pudo constatar un Muy Buen Estado en el tramo IN-1-D y IN-3-D, dado principalmente por una alta regeneración y capacidad de resiliencia de los puntos. Por otra parte, destaca negativamente el estado de la vegetación ripariana en el tramo IN-2-D, el cual a pesar de no encontrarse actividades permanentes en el sector, así como una baja accesibilidad, presenta la evaluación más baja, dada principalmente por los cambios morfológicos y la vegetación exótica del sector, los cuales impiden la regeneración y la dinámica natural del sistema (Figura 8.2).

Como se ha señalado anteriormente, el índice IZRI presenta dos componentes a Macroescala, los cuales se encuentran ligados principalmente a la calidad hidromorfológica de los ríos analizados.

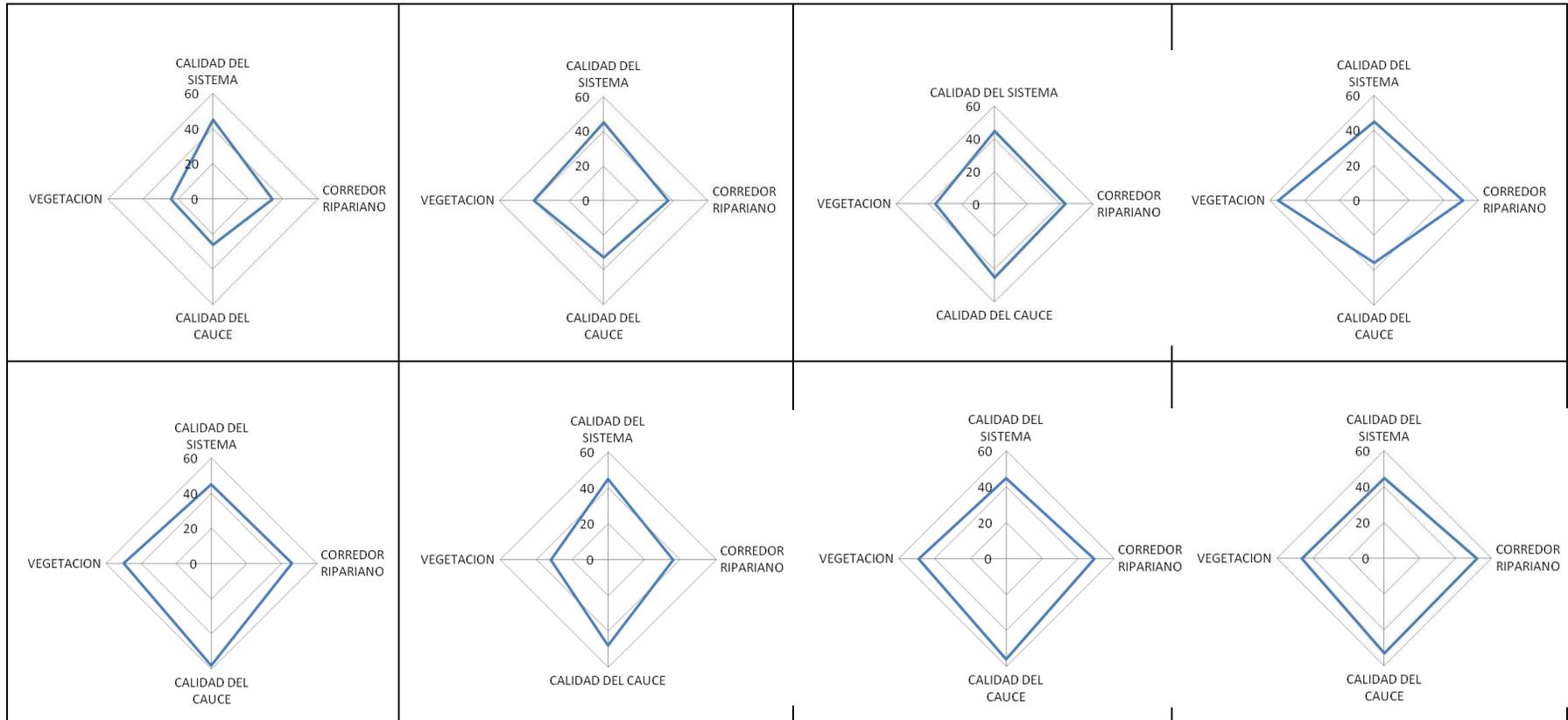
Las afecciones son a nivel local, principalmente en vegetación producto de la vegetación exótica y vertederos. Y a nivel de Macroescala se presentan problemas debido a la presencia de escolleras.

Tabla 8.2 Valoraciones del índice IZRI en los tramos evaluados, según componente

Tramo	Calidad del Sistema	Corredor Ripariano	Calidad del Cauce	Vegetación	Total	Clase	Color
IN-1-D	45	46	58	50	199	Buena	
IN-2-D	45	36	48	32	161	Aceptable	
IN-3-D	45	49	56	49	199	Buena	
IN-4-D	45	52	53	46	196	Buena	
IN-1-I	45	34	26	24	129	Mala	
IN-2-I	45	37	33	40	155	Aceptable	
IN-3-I	45	43	45	36	169	Aceptable	
IN-4-I	45	51	36	55	187	Buena	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 8.3 Resultados de la evaluación del IZRI para las cuatro estaciones, arriba la evaluación en la ribera izquierda y abajo en la ribera derecha. Desde aguas arriba hacia aguas abajo (derecha a izquierda)



Fuente: Elaboración Propia.

8.1.1.3 IHG

Se ha realizado la evaluación del índice IHG, los resultados se muestran en la Tabla 8.3. Se puede apreciar que los tramos evaluados se encuentran en clases Muy Buenas a Aceptable, siendo la clase que más se repite Muy Buena. Esto se debe principalmente a tres factores, en primer lugar este índice se preocupa de las alteraciones hidromorfológicas de los tramos evaluados, sin considerar la vegetación; en segundo lugar dichas alteraciones no representan la realidad de los tramos evaluados, ya que no considera las alteraciones más frecuentes en el área de estudio (principalmente bocatomas y canales), sino que utiliza aquellas de la realidad española. En tercer lugar, los tramos escogidos no se encontraban sobre estructuras que alteren la dinámica natural hidromorfológica, como son la presencia de espigones o defensas fluviales, salvo en el punto IN-1-I en donde se realizó la evaluación sobre una defensa fluvial naturalizada.

En la Tabla 8.3 se aprecia que la ribera derecha presenta una mejor evaluación que la ribera izquierda. En particular destacan los tramos IN-1-I e IN-2-I, los cuales presentan la evaluación más baja.

Tabla 8.3 Resultado del IHG en los puntos evaluados

Tramo	Valoración Obtenida	Clase	Color
IN-1-D	80	Muy Buena	
IN-2-D	73	Buena	
IN-3-D	77	Muy Buena	
IN-4-D	84	Muy Buena	
IN-1-I	61	Buena	
IN-2-I	57	Aceptable	
IN-3-I	71	Buena	
IN-4-I	77	Muy Buena	

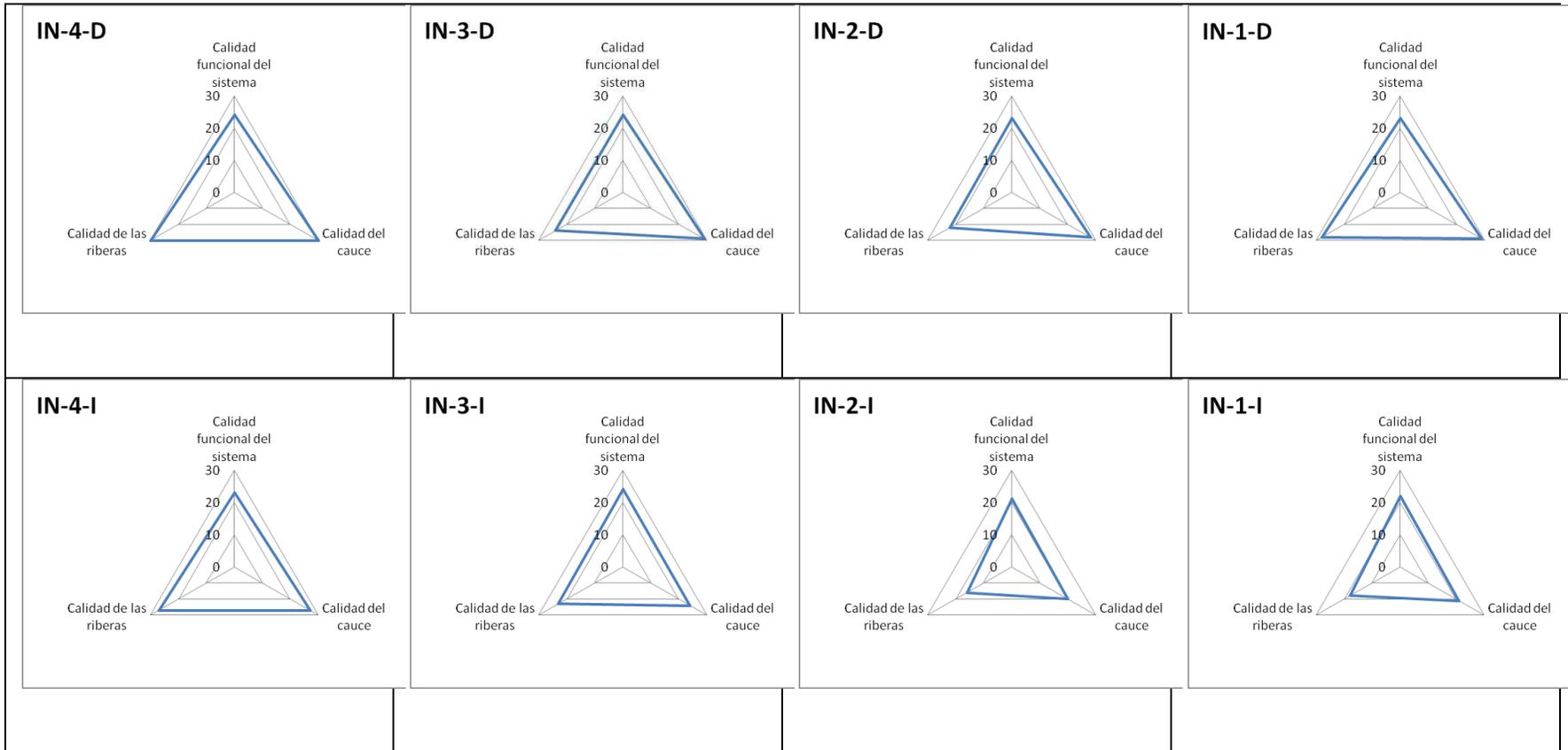
Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 8.4 se aprecia la evaluación de cada uno de los componentes del IHG, el componente que presenta más bajos valores es Calidad de las Riberas, en particular en los tramos IN-2-I e IN-1-I.

La componente Calidad Funcional del Sistema presenta una evaluación similar en todos los tramos evaluados, ya que al ser evaluado este componente a Macroescala y encontrarse todos los tramos relativamente cerca entre ellos, las alteraciones a nivel de cuenca son las mismas.

Por otra parte, el componente Calidad del cauce es la que presenta una mejor evaluación, esto dado, como se señaló anteriormente, por que los tramos evaluados no se encuentran en sobre o cerca infraestructuras destinadas a la defensa de las riberas.

Figura 8.4 Resultados de la evaluación del IHG para las cuatro estaciones, arriba la evaluación en la ribera derecha y abajo en la ribera izquierda. Desde aguas arriba hacia aguas abajo (derecha a izquierda)



Fuente: Elaboración Propia.

8.1.1.4 RFV

Se ha realizado la evaluación del índice RFV en los mismos puntos que se evaluaron los índices antes descritos. En la Tabla 8.4 se aprecia las valoraciones obtenidas para cada uno de los tramos evaluados. Como puede verse el componente que presenta una mejor evaluación es Regeneración del Bosque Ripario, seguido por Complejidad del Bosque Ripario. Por otra parte los componentes peor evaluados son Continuidad transversal del Bosque Ripario y Continuidad longitudinal del Bosque Ripario.

Al realizar la comparación con las clases definidas por Magdaleno *et al.* (2010) se encontró que la evaluación del índice no se ajustó a ninguno de las clases definidas, por lo que se realizó un análisis en función de la lógica determinada por Magdaleno *et al.* (2010), definiéndose que los tramos evaluados corresponden a Muy Malo.

Tabla 8.4 Valoraciones del índice RFV en los tramos evaluados, según componente

Punto	Continuidad longitudinal del Bosque Ripario	Continuidad transversal del Bosque Ripario	Complejidad del Bosque Ripario	Regeneración del Bosque Ripario
IN-4-I	1	1	3	5
IN-3-I	1	1	2	3
IN-2-I	1	1	3	3
IN-1-I	2	1	2	2
IN-4-D	1	2	3	3
IN-3-D	2	2	3	3
IN-2-D	3	1	1	3
IN-1-D	2	2	3	5

Fuente: Elaboración Propia.

Se han encontrado problemas en la evaluación del índice RFV. Dichos problemas vienen dados principalmente por las distintas condiciones climáticas e hidromorfológicas de los ríos. En primer lugar, el índice RFV pondera con Buena Calidad la presencia de un bosque ripario, sin considerar la existencia de zonas arbustivas o renovales. Dicho bosque es inexistente en el área de estudio debido a que el río en estudio presenta una dinámica trezada en donde dicho movimiento de los brazos impide que exista un bosque maduro, además el régimen pluvial impide la conformación de

un bosque de gran altura. En el área de estudio se han encontrado principalmente zonas arbustivas y renovales abiertos, estos últimos en la zona contigua al brazo de río actual. Por lo cual se estima que dichos renovales son modificados por las crecidas de 5 años de periodo de retorno.

Por otra parte, el índice RFV evalúa la presencia de especies nitrofilas y ruderales, las cuales se encuentran principalmente en lugares con mucha contaminación orgánica (cercanas a establos) o hábitats muy alterados antropicamente (principalmente lugares con escombros). Como se ha señalado, el índice evalúa de manera dicotómica la presencia de bosques y la asociación de ruderales con nitrofilas, sin considerar la existencia de manera natural la presencia de matorrales o renovales producto de la alta variación de los brazos del río.

Por lo que se ha estimado que el índice RFV no es capaz de estimar la calidad de la vegetación ripariana de los ríos de la zona central de Chile. Sin embargo, esta ha sido una de las primeras experiencias de aplicación de este índice en el país.

8.2. Medidas de manejo vegetación ripariana

Debido a las modificaciones del estudio, se ha realizado un manual de la puesta en valor de las zonas riparianas del río Lontué, en donde se han definido los siguientes puntos.

- Caracterización del río Lontué
- Definición de Zona Ripariana
- Funciones de la Zona Ripariana del río Lontué
- Alteraciones del río Lontué y de su zona ripariana
- Medidas de Manejo de la Zona Ripariana del río Lontué
- Beneficios de mantener la Zona Ripariana
- Rehabilitación o Restauración de la Zona Ripariana

Dicho manual se puede ver en el 0.

CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN DEL BIOFILTRO

9. METODOLOGÍA

9.1. Implementación de los biofiltros

9.1.1. *Selección de los predios*

Se realizaron 3 visitas a terreno a 5 predios que fuesen colindantes con el cauce en el tramo de estudio. La visita a terreno consistió en una inspección visual en donde se recorrió cada uno de los predios, así como se realizó un recorrido por el cauce. Al final se evaluó la idoneidad de la implementación del biofiltro.

9.1.2. *Idoneidad de implementación de predios visitados*

La idoneidad de implementación del biofiltro se realizó teniendo como objetivo asegurar la sustentabilidad del biofiltro por parte del régimen fluvial. Esta sostenibilidad se basó en la estabilidad de la zona ripariana debido a la movilidad del cauce y la conectividad entre el predio y la zona ripariana.

9.1.3. *Implementación de los biofiltros*

Se realizó la implementación de los biofiltros en los predios seleccionados anteriormente. Para esto se realizó el proceso de selección de las especies a utilizar, así como las características técnicas necesarias para la construcción de los biofiltros.

9.1.4. *Caracterización del suelo de los predios seleccionados*

En los predios seleccionados se llevó a cabo una calicata de 1m x 1m. Sobre la cual se determinó las características básicas del suelo, tales como textura del suelo, color, estructura del suelo y profundidad de la napa.

10. RESULTADOS

10.1. Implementación de los biofiltros

10.1.1. Selección de los predios

Se realizó una visita a los predios definidos en los TDR, sin embargo dichos predios no contaban con las condiciones técnicas para la implementación de los biofiltros. Por lo que se realizó una exploración en terreno para determinar nuevos predios en donde se pudieran implementar. Para mayor detalle de los predios visitados ir a 0.

Lamentablemente, todos los predios visitados presentan características que no permiten la implementación de los biofiltros, en primer lugar el área de estudio presenta defensas fluviales discontinuas, las cuales generan una desconexión entre el río y el cultivo adyacente; impidiendo en algunos sectores la existencia de una zona ripariana definida. Además, en gran parte del área de estudio se encuentran canales paralelos al río, los cuales reciben los excedentes de riego de los cultivos, impidiendo de esta forma que la carga de contaminantes provenientes de los cultivos lleguen al tramo de río inmediatamente adyacente. Para mayor detalle de los problemas encontrados revisar 0.

Dado este escenario fue necesario replantear la ubicación de los biofiltros, por lo que luego de evaluar varias alternativas se llegó a consenso con la contraparte técnica decidiendo establecer los biofiltros en los canales de riego, ya que estos son los que reciben los excesos de riego y posteriormente entregan el agua contaminada al río.

10.1.2. Predios Seleccionados

A partir de las visitas a terreno se seleccionaron el predio 2 (familia Caro en el canal Hualemu) y el predio 4 (Sr. Vílchez en el canal Hualemu).

El predio de la familia Caro (en adelante predio Hualemu) se ubica aguas arriba del poblado Corral del Piedra. Las características del predio radican en que presenta dos sectores. El primero de ellos

no presenta cultivos, sino más bien se destina para el forraje de caballos. En este sector, el ancho disponible para implementar el biofiltro es escaso y resulta no recomendable debido al forrajeo. En el segundo sector, existe una plantación de tomates, la cual se riega por surcos. El ancho disponible para implementar el biofiltro es de 4 m con una longitud de 50 m. Debido a las razones anteriormente señaladas se seleccionó el segundo sector para implementar el biofiltro.

El predio del Sr. Vílchez, se ubica en la ribera derecha del canal Pirihuín a la altura del camino hacia Lo Valdivia (Figura). En el sector en donde se implementará el biofiltro, se aprecia que existe material de dragado del canal. El biofiltro se ubicará entre el canal Pirihuín y un camino de servidumbre colindante con el predio del Sr. Vílchez, con lo cual, al momento de implementar el biofiltro es necesario mantener esta servidumbre.

10.1.3. Estructura del biofiltro

A continuación se presenta la estructura que se utilizó en el diseño de los biofiltros implementados.

10.1.3.1 Tamaño y estructura del biofiltro

Los biofiltros tienen una extensión de 100 m lineales por 2 m de ancho como mínimo, además se ha realizado un camellón que evite las inundaciones provenientes desde el canal. Esto se ha realizado por la solicitud del dueño del predio del canal Pirihuín. Dicho camellón tiene una altura entre 70 a 80 cm, pero producto de la compactación posterior se cree que descenderá su altura al menos unos 20 cm.

Figura 10.1 Construcción del camellón en el predio del canal Pirihuín

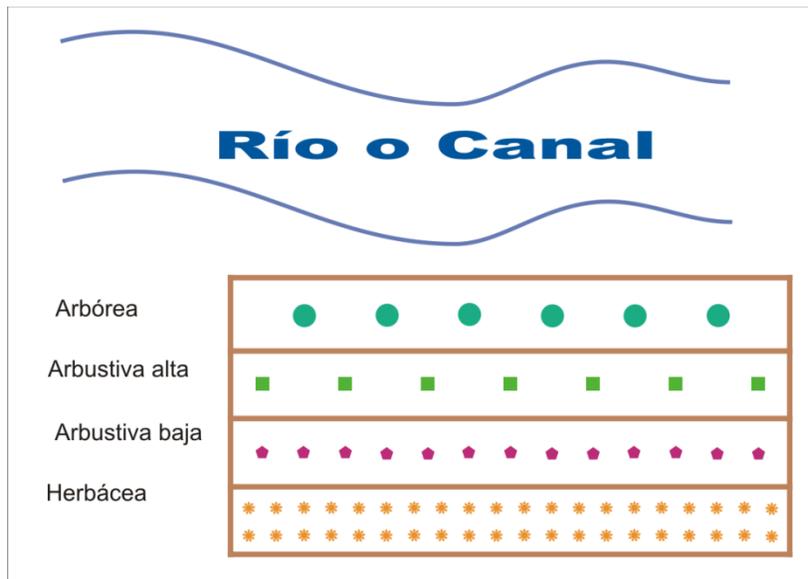


Fuente: Elaboración Propia.

El biofiltro posee una estructura de cuatro grupos funcionales o asociaciones, las cuales se ordenan desde el cuerpo de agua hacia el cultivo adyacente como se muestra en la Figura 10.2.

Para generar una mejor cobertura espacial de los grupos funcionales, se han plantado en zigzag.

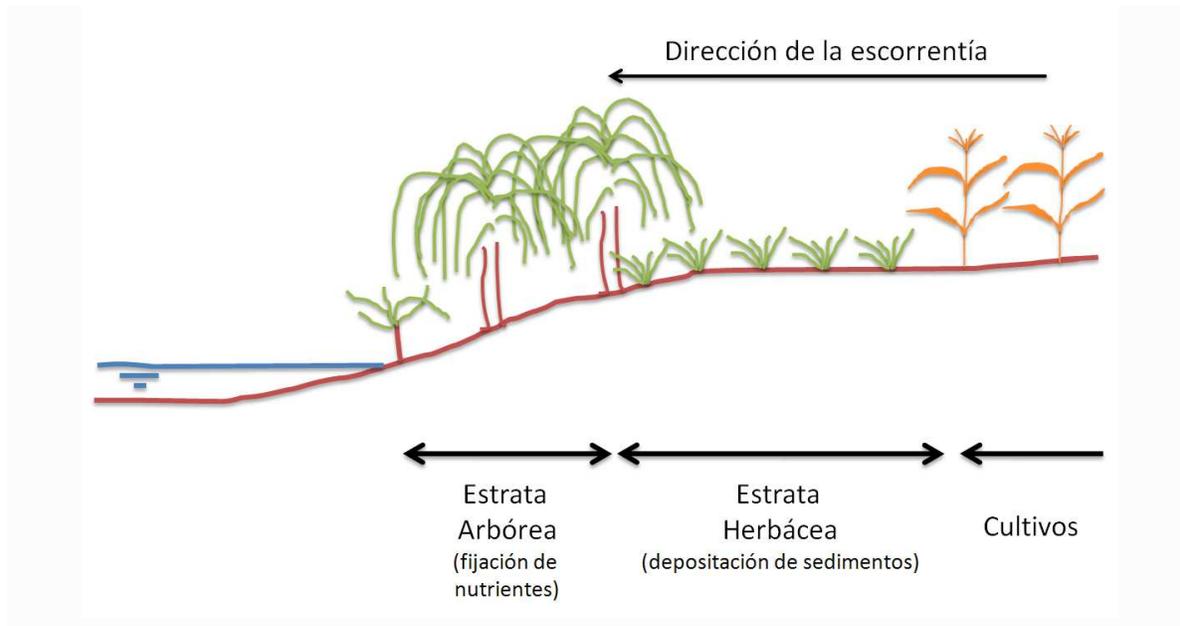
Figura 10.2 Estructura del Biofiltro



Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 10.3 se presenta el corte transversal del esquema del diseño de los biofiltros implementados.

Figura 10.3 Esquema de diseño de un biofiltro en corte transversal



Fuente: Modificado de <http://abe.ufl.edu/carpena/vfsmo/>

10.1.3.2 Incorporación de un camellón en el biofiltro

Debido a la baja disponibilidad de terreno dentro de los predios seleccionados, se ha decidido instalar un camellón en el biofiltro. Dicho camellón permite el levantamiento del biofiltro en 50 cm en promedio.

La inclusión de dicho camellón ha permitido disminuir el ancho del biofiltro manteniendo la eficiencia en la retención de sedimentos; además, impide que se produzcan inundaciones desde el canal hacia los predios. Esta última también ha sido una de las grandes preocupaciones de los agricultores consultados, ya que en diversos predios visitados se pudo constatar la existencia de espigones junto al canal, así como en un sector del canal Pirihuín el dueño del predio señaló que en su predio se producían múltiples inundaciones al no tener una defensa fluvial.

Al incluir el camellón se debió modificar las especies a utilizar, en particular las herbáceas bajas y altas, ya que estas poseen un sistema radicular superficial. Con esto, las especies identificadas en un primer lugar como idóneas para ser utilizadas como biofiltro quedaron descartadas, ya que

tenían altos requerimientos de humedad. Por lo que finalmente, uno de los criterios de selección de las especies herbáceas fue la tolerancia a condiciones áridas o semi-áridas.

Además, se ha debido modificar el la función de las herbáceas, ya que estas ya no cumplirán la función de retener los sedimentos, sino que deben sustentar o mantener el camellón, impidiendo su erosión.

10.1.3.3 Propuesta de especies a utilizar en el biofiltro

Se realizó una selección de especies a utilizar en el biofiltro, en función de los beneficios y estructura que debe tener un biofiltro.

Se utilizaron tres criterios principales para la selección de las especies es cada uno de los grupos funcionales:

- Funcionalidad o características de cada una de las especies
- Especies que se cultivan en viveros (o se encuentran disponibles en estos)
- Opinión de los dueños (consenso): especies beneficiosas para ellos y que no afectaran su predio
- Que sean perennes

Luego de realizar una revisión en literatura científica y técnica se realizó la selección de aquellas especies que pueden ser utilizadas como biofiltros para zonas riparianas. En la Tabla 10.1 se encuentran las especies arbóreas y arbustivas preseleccionadas para ser incorporadas dentro del biofiltro.

Tabla 10.1 Especies potenciales arbóreas y arbustivas para ser utilizadas en los biofiltros

Tipo	Especie	Fundamento técnico	Tipo
Árbol	Sauce chileno (<i>Salix Humboldtiana</i>)	Árbol originario de las zonas riparianas chilenas	Nativa
Árbol	Álamos (<i>Populus sp</i>)	Árbol comúnmente presente en zonas riparianas	Exótica – Asilvestrada
Árbol	Eucaliptos (<i>Eucaliptus sp</i>)	Árbol comúnmente presente en zonas riparianas	Exótica – Asilvestrada y en Plantación

Árbol	Sauce exótico (Salix sp)	Árbol comúnmente presente en zonas riparianas	Exótica – Asilvestrada
Árbol	Aromo (Acacia sp)	Árbol comúnmente presente en zonas riparianas	Exótica – Asilvestrada y en Plantación
Arbusto	Baccharis sp	Arbusto comúnmente presente en zonas riparianas chilenas	Nativa
Arbusto	Laurel en flor	Arbusto comúnmente presente en zonas riparianas españolas	Exótica

Fuente: Elaboración Propia.

A los propietarios de los predios se les realizó una propuesta de especies a utilizar, sin embargo ellos rechazaron la inclusión de ciertas especies debido a que podían afectar sus cultivos. Por esto, se llegó a consenso respecto a las especies a utilizar, el cual se muestra en la Tabla 10.2.

Tabla 10.2 Resumen de especies propuestas a los propietarios de los predios donde se implementarán los biofiltros

Tipo	Especie	Razón Propietario	Beneficio Propietario
Árbol	Sauce chileno (Salix Humboldtiana)	Demasiado frondoso	-
Árbol	Álamos (Populus sp)	Traen plagas a los cultivos y genera resina.	-
Árbol	Eucaliptos (Eucaliptus sp)	Aceptable	Maderable
Árbol	Sauce exótico (Salix sp)	Demasiado frondoso	-
Árbol	Aromo (Acacia sp)	Demasiado invasor	Maderable
Arbusto	Baccharis sp	-	-
Arbusto	Laurel en flor	Aceptable	Valor paisajístico

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa, los dueños de los predios rechazaron de manera completa la utilización de arboles o arbustos nativos, dado que se ha realizado la implementación del biofiltro en una zona de origen antrópico se consideró la no utilización de especies nativas.

10.1.3.4 Especies utilizadas en el biofiltro

Se les ofreció a los dueños de los predios un set de especies a utilizar en el biofiltro, de las cuales los agricultores seleccionaron las que les causaban menos problemas. Una de las especies que más les disgustaba a los agricultores es el sauce chileno, ya que señalaron que causan molestias en las labores de limpieza de los canales, en particular en la época de invierno.

Para obtener mejores resultados en la estabilización del sustrato del biofiltro se han plantado solo especies perennes.

Las especies seleccionadas finalmente para ser utilizadas en el biofiltro son las siguientes:

- Especie Arbórea: *Eucaliptus globulus*
- Especie Arbustiva: Laurel en flor
- Especie Herbácea alta: Lavanda
- Especie Herbácea baja: Gazania

Figura 10.4 Plantas utilizadas para el biofiltro



Fuente: Elaboración Propia.

10.1.3.5 Implementación del biofiltro

Posteriormente, se realizó el proceso de demarcación de cada una de las estratas definidas *a priori* cada una de las plantas, en donde se dejaron marcadas las posiciones en las que se deben transplantar. Este proceso se puede apreciar en la Figura 10.5.

Figura 10.5 Demarcación de las estratas del biofiltro (izq.) y plantación en el biofiltro



Fuente: Elaboración Propia.

10.1.3.6 Delimitación del biofiltro

Por otra parte, se ha realizado la delimitación del biofiltro mediante la instalación de una reja, tanto hacia el cuerpo de agua como hacia el cultivo adyacente. Con el fin de evitar el ingreso de animales que pudieran ramonear o quebrar las plantas.

Figura 10.6 Elaboración del cerco perimetral



Fuente: Elaboración Propia.

10.1.4. Características de los suelos de los predios seleccionados

En cada uno de los predios seleccionados se construyeron calicatas de 1m x 1m, en las cuales se midieron variables de interés.

La calicata del predio Hualume (Figura 10.7) determinó la presencia de cuatro estratos. El primero de ellos corresponde a un limo con gravas de 20 cm de espesor; el segundo estrato está compuesto por limos y arenas con 25 cm de espesor; el tercer estrato está compuesto por cantos rodados, gravas y arenas con un espesor de 35 cm; finalmente, el último estrato está compuesto por gravas con un 5 cm espesor. A los 85 cm de profundidad se encontró la napa subterránea.

Figura 10.7 Calicata realizada en el predio Hualume



Fuente: Elaboración propia

La calicata construida en el predio Pirihuín (Figura 10.8) determinó la presencia de 3 estratos. El primero de ellos está compuesto de limo arenoso con una profundidad de 5 cm; el segundo estrato está compuesto por material de dragado del canal, es decir, por cantos rodados, gravas y material fino como limo y arena con una profundidad de 45 cm; el ultimo estrato está compuesto básicamente por arena con un espesor de 25 cm. A los 75 cm de profundidad se encontró la napa subterránea.

Figura 10.8 Calicata realizada en predio Pirihuín



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: CONCIENTIZACIÓN DE LA COMUNIDAD

11. METODOLOGÍA

11.1. Concientización de la comunidad

Se han realizado dos actividades en donde se invitó a participar a la comuna de Sagrada Familia, la primera de ella consiste en Liceo Polivalente de Sagrada Familia. La segunda actividad se organizó un concurso literario para la comunidad de Sagrada Familia.

11.1.1. Actividad “Redescubriendo el río Lontué”.

Considerando la importancia que posee la educación ambiental, en el mejoramiento y mantenimiento del entorno ambiental, se ha trabajado con alumnos del Liceo Polivalente, en una actividad que busca que los jóvenes conozcan las características del río, las especies que en el habitan, los efectos que provoca la intervención humana y las formas o técnicas existentes para mejorar el actual estado del río, de esta manera contribuir a un mantenimiento del mismo y a mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector.

El objetivo de esta actividad es motivar, interiorizar y crear conciencia acerca de la importancia de la preservación de ecosistema existente en torno al río Lontué.

Las actividades desarrolladas son charlas informativas y trabajo en terreno. En cuanto a la charla, tenía por finalidad dar a conocer a los alumnos aspectos generales de la importancia de la preservación del río y los efectos que genera la contaminación sobre la agricultura y el desarrollo humano.

El propósito de cada una de las exposiciones invitaba a los jóvenes alumnos a tomar conciencia de la preservación del entorno acuático, así como también a tomar un compromiso real por el mejoramiento ambiental.

11.1.2. *Concurso Literario “Como quiero mi río”*

Se realizó el Concurso literario “Como quiero mi río”, el cual tuvo como objetivo el acercar a la comunidad de Sagrada Familia hacia el río. El concurso fue realizado durante el periodo estival 2012-2013.

12. RESULTADOS

12.1. Actividades de concientización

Se realizaron dos actividades de concientización de la población, la primera corresponde a una actividad en el liceo Polivalente de Sagrada Familia, en donde se realizó una charla con los alumnos. La segunda actividad fue un concurso literario en donde participó la comunidad de Sagrada Familia.

12.1.1. *Actividad “Redescubriendo el río Lontué”*

El día 13 de Diciembre de 2012 se realizó la actividad con la comunidad escolar del Liceo Polivalente de Sagrada Familia. Esta visita, tuvo por propósito invitar a los alumnos a participar de la actividad que se llevó a cabo y que se ha denominado “Redescubriendo el río Lontué”.

Esta charla informativa, además, tuvo por finalidad concientizar acerca de la importancia de la protección comunitaria del río, del rol que tienen los jóvenes como agentes de cambio. También se les explicó de manera general el tipo de actividades que se llevarán a cabo en la salida al río que se realizó. En esta charla se incluyeron a cerca de 100 alumnos del Liceo Polivalente.

La charla contó con la participación de la SEREMI de Medio Ambiente de la región del Maule doña Mariela Valenzuela, el representante de gabinete del alcalde y la representante de EcoHyd Viviana Chávez.

En cuanto a la actividad en Terreno, en ella participaron un total de 30 alumnos del Liceo de la especialidad de técnico agrícola, los que se encuentran cursando el Tercer año medio. Para el

desarrollo de la actividad se trasladó a los alumnos hasta el predio propiedad de la sra. Angélica Edwards, el cual es colindante con el río Lontué.

En donde se trabajó por módulos. Cada uno de los módulos, buscaba entregar una visión parcial de los componentes del río. Lo que significa que una vez finalizada el paso de cada uno de los alumnos por los diversos módulos, estos tuvieron la posibilidad de tener una visión global del fenómeno estudiado.

En el ANEXO F y ANEXO Gs e encuentran mayores detalles de la actividad y la evaluación de ella.

12.1.2. Concurso Literario "Como quiero mi río"

Se realizó un concurso destinado a la puesta en valor del río por parte de la población local. El concurso consistió en una expresión literaria libre de máximo dos páginas, en donde podían participar todos los residentes de la comuna de Sagrada Familia.

Se recibieron un total de tres cuentos, los cuales se encuentran en etapa de revisión actualmente.

13. CONCLUSIONES

En primer lugar es posible determinar que la calidad de las aguas se ve alterada por la actividad agrícola, la cual, al parecer ha tenido un incremento importante a partir de fines de los años 80. LA operación de la Planta de tratamiento de aguas servidas de Curicó también influye sobre la calidad de las aguas, pero en menor medida.

Por otra parte, el río presenta una alta movilidad en planta. A través de interpretación de imágenes de satélite se determinaron las zonas estables de la zona ripariana y aquellas propensas a ser erosionadas. Esto permitió definir los sectores en los cuales puede llevarse a cabo una restauración fluvial.

Por otra parte, la aplicación del índice IZRI en 4 puntos a lo largo del tramo, mostró que la zona ripariana mantiene una condición aceptable, en donde el estado de la vegetación ripariana y la calidad del cauce son los componentes más afectados. Ambos componentes muestran que para mejorar la calidad de la zona ripariana es necesario actuar a escala local, particularmente sobre la existencia de vertederos ilegales y la alta cantidad de escolleras presente.

Esto conlleva a deducir que la restauración fluvial debiese llevarse a cabo a nivel local, sobre estos dos principales problemas identificados.

Finalmente, la implementación de los biofiltros no es factible implementarlo en predios aledaños al cauce debido a la falta de conectividad con este, por lo tanto no se asegura la sustentabilidad del biofiltro. Por ello se evalúa la posibilidad de implementarlos en predios colindantes con canales de regadío.

Los resultados de calidad del agua en las estaciones evaluadas tanto en el río como en los canales han mostrado que la calidad del agua del río es similar a la calidad del agua en los canales. Por lo que es una decisión acertada el implementar biofiltro en canales que descargan al río.

La actividad Redescubriendo el río Lontué nos ha permitido entregar conocimientos básicos acerca de la ecología y dinámica del río a los alumnos del Liceo Polivalente de Sagrada Familia.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allan D & M Castillo. 2007. Stream Ecology. Structure and Function of Running Water. Springer (2nd Edition). Netherlands. 444pp.

CONAMA 2004. Guía Para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental Para Aguas Continentales superficiales y Marinas. 18 pp.

Cummins, K. 2002. Riparian-stream linkage paradigm. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie, 28: 49-58.

Chuvieco, E. 1996. Fundamentos de Teledetección Espacial. Tercera Edición Revisada. Ediciones Rialp. Madrid.

Ghermandi A, V Vanderberghe, L Bendetti, W Bauwens & PA Vanrolleghem. 2009. Model-based assessment of shading effect by riparian vegetation on river water quality. *Ecological Engineering*, 35:92-104.

González del Tánago, M. & D. García de Jalón. 2006. Attributes for assessing the environmental quality of riparian zones. *Limnética*, 25(1-2): 389-402.

Magdaleno F, R Martínez & V Roch. 2010. Índice RFV para la valoración del estado del bosque de ribera. *Ingeniería Civil* 157: 85-96.

Meaden, G.J.; Kapetsky, J.M. 1992. Los sistemas de información geográfica y la telepercepción en la pesca continental y la acuicultura. FAO Documento Técnico de Pesca. N° 318. Roma, FAO. 266p.

Ministerio del Medio Ambiente – Ecohyd (2011). Adaptación regional de un índice de estado para zonas riparianas y su aplicación en la cuenca del Maipo.

Montreuil, O, P Merot & P Marmoniere. 2010. Estimation of nitrate removal by riparian wetlands and streams in agricultural catchments: effect of discharge and stream order. *Freshwater Biology*, 55:2305-2318.

Munné A., C. Sola & N. Prat. 1998. QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua*, 175: 20-37.

Munné A, N Prat, C Solá, N Bonada & M Rieradevall. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and freshwater ecosystems*, 13: 147-163.

Naiman, R. & H. Décamps. 1997. The ecology of interfaces: Riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28 (1): 621-658.

National Research Council. 2002. Riparian areas: Functions and strategies for management. Comitee on Riparian zone Functioning and Strategies for Management. Water Science and Technology Board. National Academic Press. Washington, D. C.

Ollero A., D. Ballarín, E. Díaz, D. Mora, M. Sánchez, V. Acín, M. Echeverría, D. Granado, A. Ibisate, L. Sánchez & N. Sánchez. 2008. IHG: Un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales. *Limnética* 27(1): 171-188.

ANEXOS

ANEXO A. Datos de terreno caracterización físico-química

a. Informe de terreno de Calidad de las Aguas

Para no exceder los tiempos máximos de las muestras (20hrs para Coliformes Fecales), se inició el muestreo para la calidad de las aguas desde las 9:00 aproximadamente, de modo tal que si la entrega no alcanzase a llegar antes de las 18:00 (hora de cierre de recepción de muestras en ANAM), pudiesen ser entregadas a primera hora del día siguiente, a las 9.00am.

Cabe destacar que el muestreo se realizó sólo en la ribera sur del río Lontué y los canales aledaños seleccionados. El muestreo se inició de oriente a poniente.

La nomenclatura varió en terreno debido al reposicionamiento de los puntos. A continuación se expresan sus equivalentes:

Hoja de ruta	GPS	Orden de toma
C1	C21	1
C2	Cr21	2
C3	C23	3
C4	Cr3	4
C5	C25	5
C6	Cr4	6
C7	Cr61	7
C8	Cr6	8
C9	C29	9

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO B. Datos índices zonas riparianas

b. Informe de terreno de evaluación Índices Riparianos

- IN-1-D

La zona no presentó mayores inconvenientes respecto a la accesibilidad, facilitada en parte a la acción antrópica producto de la extracción de áridos. Además que debido aparentemente a una alta variabilidad del nivel del agua producto de las crecidas del río, la cubierta vegetal estaba compuesta por pequeños arbustos y árboles jóvenes de pequeño tamaño, lo que facilitó la visibilidad y el acceso al río.



- IN-2-D

Para el acceso a este punto fue necesario solicitar acceso a un cuidador. La zona evidenciaba poco tránsito de vehículos motorizados. Cabe destacar que sin el permiso del cuidador para acceder a los terrenos no hubiese sido posible el acceso, debido a que en anteriormente el predio se encontraba cerrado, por lo que no se había podido ingresar a este punto.



- IN-3-D

No hubo mayores inconvenientes en la accesibilidad al sector. En este punto se realizaban extracción de áridos, algunos movimientos de tierras y caminos establecidos producto del frecuente paso de vehículos pesados.



- IN-4-D

El acceso a la zona ripariana se vio condicionado igualmente por la presencia de terrenos privados, por lo que se solicitó permiso a la dueña del predio, quien nos atendió. El sector poseía caminos rurales que daban acceso al punto, el cual no evidenciaba mayores acciones antrópicas, ni menos algún tipo de obras civiles.



- IN-1-I

Anteriormente se había conversado con los dueños de los terrenos por los cuales se tendría que acceder. Para este punto se conversó con el Sr. Dionisio, administrador del predio, quien facilitó el acceso. Los terrenos eran utilizados principalmente para actividades agrícolas, específicamente viñedos. La zona ripariana estaba fuertemente influenciada longitudinalmente por escolleras que aislaban transversalmente el sector. Se deduce que fueron instaladas para evitar la inundación de los terrenos de cultivo.



- IN-2-I

Respecto a la accesibilidad no hubo mayores inconvenientes. El sector si bien era de privados que realizan principalmente actividades agrícolas con algunas casas de cuidadores, no obstaculizan el paso de vehículos. Al igual que en el punto anterior se evidencia la presencia de escolleras que protegían la zona de cultivo, además de sauces adultos que crecen junto al río.



- IN-3-I

Debido a que el acceso al punto se encontraba cerrado, se debió ingresar por otra vía. La cobertura de la zona estaba compuesta en un 90% aproximadamente por herbáceas. Se encontró también con presencia de zarzamoras y *baccharis sp.* En este sector se encontraba una terraza en la orilla del río a unos 4 m de desnivel sobre la lámina de agua.



- IN-4-I

Antes de llegar a la localidad de Sagrada Familia (acceso a mano derecha desde la carretera), se encuentra el acceso a los predios de la Sra. Edwards. Sin mayores inconvenientes se accede al punto, previamente dejando estacionada la camioneta unos metros antes en el camino debido al suelo compuesto de arena. Pequeñas especies presentes en la zona ribereña y sauces adultos más hacia el ecosistema terrestre.



ANEXO C. Predios Visitados

Se realizaron 3 salidas a terreno para determinar la ubicación de los posibles predios en los cuales se implementarán los biofiltros. En estas visitas a terreno se visitaron 5 predios (Figura 14.1), los cuales se detallan a continuación.

Figura 14.1 Ubicación de los predios visitados en torno al cauce del río Lontué



Fuente: Elaboración propia en base a imágenes Google Earth.

Predio n°1

Este predio se ubica en el extremo aguas arriba del tramo en estudio y pertenece al Sr José Pons. Las características del predio son que presenta cultivo y por lo tanto sin riego. Respecto a la conectividad entre el predio y el río, esta es deficiente puesto que existen obras que la limitan, como por ejemplo una escollera y vertedero de escombros estériles. La vegetación de ribera es escasa y no presenta funcionalidad de corredor ripariano ni tampoco como generador de hábitat ni buffer de nutrientes. Imágenes del sector del predio 1 se muestran en la Figura 14.2.

Figura 14.2 Características del predio n° 1.



Fuente: Elaboración propia en base a salida a terreno

Predio n°2

No fue posible contactar con los dueños del predio 2. Este se ubica aguas abajo del predio 1 (Figura 14.3). En este predio se identificó que el cultivo es frutal con riego mediante surco y riego tecnificado. La conexión al río es deficiente debido a un canal de riego que recorre el límite que colinda con el río, actuando de barrera para la transición transversal entre cultivo y río, particularmente en el flujo subsuperficial. El estado de la vegetación ripariana es aceptable presentando abundante vegetación tanto nativa como exótica.

Figura 14.3 Características del predio n° 2.



Fuente: Elaboración propia en base a información de terreno.

Predio n°3

Este predio se ubica en las cercanías de la mitad del tramo de estudio y pertenece al Sr Guerrero. El cultivo de este predio es frutal y el riego es parte tecnificado y otra parte mediante surcos. La conexión con el río es deficiente ya que presenta una escollera que a la vez hace funciones de pretil, es decir, una protección elevada por sobre el nivel de la terraza fluvial. Además presenta una bocatoma de un canal que aumenta la desconexión entre el río y el predio. En la Figura 14.4 se muestran imágenes de estas obras. La zona ripariana es escasa en el tramo aguas arriba del predio, la cual va mejorando en composición y estructura hacia aguas abajo.

Figura 14.4 Características del predio n° 3.



Fuente: Elaboración propia en base a información de terreno.

Predio n°4

Este predio se ubica en el sector aguas abajo del tramo de estudio, a unos 1.5 km aguas arriba de la confluencia con el río Teno. Este predio pertenece a la Sra. Angélica Edwards, en el cual se identificaron cultivos frutales y un sistema de riego tecnificado. La conexión al río es aceptable en donde existen terrazas agrícolas las cuales han sido naturalizadas con el tiempo, sin embargo, existe un canal entre el cauce y el predio limitando la conectividad. La zona ripariana es aceptable con una elevada cobertura y buena estructura, se aprecia una gran cantidad de especies nativas (*Salix humboldtiana*) y algunas especies asilvestradas, como el aramo chileno y otras especies exóticas como pino y zarzamora. En la Figura 14.5 se muestran detalles de este predio.

Figura 14.5 Características del predio n° 4.



Fuente: Elaboración propia en base a información de terreno.

Predio n°5

Este predio se ubica inmediatamente aguas abajo del predio n°4. Pertenece al Sr. Frías y se ha identificado cultivos frutales con riego de surcos, los cuales serán prontamente reemplazados por riego tecnificado, según conversación de un trabajador del predio. La conexión con el río es aceptable con donde se identificó un canal que bordea con el predio, pero que está seco y presenta terrazas agrícolas las cuales han sido naturalizadas con el paso del tiempo. El estado de la zona ripariana se aprecia que en condiciones aceptable con una elevada vegetación nativa y presencia de vegetación exótica como pino y zarzamora. En la Figura 14.6 se muestran detalles del predio n°5.

Figura 14.6 Características del predio n° 5.



Fuente: Elaboración propia en base a información de terreno.

Idoneidad de implementación de predios visitados

De acuerdo a los predios visitados (predios n° 1 a n°5) la idoneidad de la implementación de un biofiltro para mejorar la calidad de las aguas y para recuperar las zonas riparianas es baja en estos predios, debido principalmente a dos factores

El primero de ellos es la conectividad entre el predio y el río. En los predios visitados, se identificaron dos tipos de configuración que desconecta el cultivo con el río. Un tipo de desconexión es la existencia de escolleras como defensa fluvial para evitar la erosión de las orillas. Este tipo de obra impermeabiliza en mayor o menor medida las orillas imposibilitando que estas acumulen humedad necesaria para la vegetación ripariana. En algunos casos, esta escollera es acompañada de un pretil que eleva la cota de la orilla, imposibilitando la conexión superficial del predio con el cauce y además distanciando el nivel freático con la superficie del terreno. Otra forma de perder o disminuir la conectividad es mediante la presencia de un canal de riego entre el cultivo y el cauce. Este cauce actúa como un dren que capta el flujo subsuperficial, ya sea en sentido del predio hacia el cauce o viceversa. En el primero de estos, el canal impide que los nutrientes arrastrados en el flujo subsuperficial lleguen a la vegetación ripariana, en el caso contrario el canal puede drenar la humedad que el río entrega a la zona ripariana.

El segundo factor de importancia es el tipo de riego asociado a los cultivos, del cual dependerá la cantidad de excedentes que serán incorporadas a las capas superficiales del suelo. Para riego tecnificado, se espera que estos excedentes sean menores que en riego por surcos, por lo tanto, los efectos sobre la zona ripariana deberían ser menores.

En resumen, los predios visitados no cumplen con condiciones mínimas para mantener un biofiltro que sea parte de la zona ripariana que sea sustentable por la propia dinámica fluvial.

Reubicación de los biofiltros

Debido a que los predios ubicados colindantes al cauce no cumplen con condiciones mínimas de conectividad que aseguran la sustentabilidad del biofiltro, se evaluó la posibilidad de cambiar la ubicación de estos trasladándolos a predios colindantes con canales de riego, los cuales atraviesan la zona de cultivos de sagrada familia.

Se realizaron dos salidas a terreno el día 7 de noviembre y el día 28 de noviembre en la cual se visitaron predios ubicados colindantes a dos de los principales canales de riego (Hualemu y Pirihuín) que descargan sus excesos en el tramo de estudio del río Lontué. Los predios seleccionados se señalan en la Figura 14.7.

Figura 14.7 Ubicación de los predios preseleccionados en los canales Hualemu y Pirihuín



Fuente: Elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

En la primera visita a terreno (7 de noviembre) se visitaron un total de 5 predios, los cuales están señalados en la Figura 14.1.

Tabla 14.1 Predios visitados en canales de riego Hualemu y Pirihuín

Predio	Canal	Contacto	Calidad
Predio 1	Hualemu	Familia Vásquez	Propietario
Predio 2	Hualemu	Familia Caro	Propietario
Predio 3	Pirihuín	Sr. Arancibia	Administrador
Predio 4	Pirihuín	Sr. Vilchez	Propietario
Predio 5	Pirihuín	Sr. Bravo	Propietario

Fuente: Elaboración propia

En una segunda visita a terreno (28 de noviembre) se realizó una visita detallada a los predios mencionados en la tabla, una vez que se ha obtenido la aprobación por parte del propietario. De los predios visitados, se han seleccionado el predio 2 (familia Caro en el canal Hualemu) y el predio 4 (Sr. Vílchez en el Canal Hualemu).

El predio de la familia Caro (en adelante predio Hualemu) se ubica aguas arriba del poblado Corral del Piedra. Las características del predio radican en que presenta dos sectores. El primero de ellos no presenta cultivos, sino más bien se destina para el forraje de caballos. En este sector, el ancho disponible para implementar el biofiltro es escaso y resulta no recomendable debido al forrajeo. En el segundo sector, existe una plantación de tomates, la cual se riega por surcos. El ancho disponible para implementar el biofiltro es de 4 m con una longitud de 50 m. Debido a las razones anteriormente señaladas se seleccionó el segundo sector para implementar el biofiltro.

El predio del Sr. Vílchez, se ubica en la ribera derecha del canal Pirihuín a la altura del camino hacia Lo Valdivia (Figura). En el sector en donde se implementará el biofiltro, se aprecia que existe material de dragado del canal. El biofiltro se ubicará entre el canal Pirihuín y un camino de servidumbre colindante con el predio del Sr. Vílchez, con lo cual, al momento de implementar el biofiltro es necesario mantener esta servidumbre.

ANEXO D. Manual zonas riparianas

c. Definición de zona ripariana

La palabra ripariana procede del anglicismo *riparian*, el cual a su vez proviene del Latín *riparius* que significa “de o perteneciente a la ribera del río”. La relevancia del término va más allá de comprender comunidades bióticas que habitan tanto en la playa como en la ribera de los ríos o lagos, sino que se establece como una zona de transición entre el río y la ladera, zona en la cual se presentan diversidad de morfologías del río, de comunidades bióticas y de ambientes, los cuales ayudan a entender la organización, diversidad y dinámica de la comunidades asociadas con los ecosistemas fluviales (Naiman y Décamps, 1997; Gregory *et al.* 1991).

De acuerdo al Comité on Riparian Zone Functioning and Strategies for Management (NRC 2002), la zona ripariana es un área de transición entre la zona terrestre y el ecosistema acuático que se distingue por un gradiente de condiciones biofísicas, procesos ecológicos y la biota. Son áreas a través de las cuales las aguas superficiales y subsuperficiales se conectan con territorios adyacentes. Es en estas zonas donde se produce y controla significativamente el intercambio de energía y materia de un ecosistema terrestre con uno acuático.

La zona ripariana es adyacente a cursos de agua, lagos, estuarios perennes, intermitentes y transitorios. Éstas pueden ser entendidas mediante la analogía con una membrana semipermeable que regula el flujo de energía y material entre las zonas adyacentes (Naiman y Décamps 1990 citado por Naiman y Décamps 1997).

Las dimensiones de las zonas riparianas y su área de influencia dependen de características geomorfológicas, tanto del cauce como del valle, tipo de suelo, régimen hidrológico, entre otras (González del Tánago y García de Jalón 2006, Naiman 2005, Gayoso *et al.* 2000).

El ancho de la zona ripariana está relacionado con el tamaño del río, la ubicación de éste en la cuenca en la red de drenaje, el régimen hidrológico y la geomorfología local (Naiman y Décamps 1997). Se espera que en ríos pequeños la zona ripariana sea angosta y esté incorporada al bosque; en ríos de tamaño medio la zona ripariana será mayor siendo representada por distintas bandas

de vegetación (grupos funcionales); y en ríos grandes la zona ripariana está caracterizada por llanuras de inundación bien desarrolladas y de complejos procesos físicos (Naiman y Décamps 1997). Esta misma estructura puede observarse a lo largo de un río producto del gradiente longitudinal reflejado en el concepto de River Continuum (Vannote *et al.* 1980) en donde los anchos y complejidades de las zonas riparianas aumentan a medida que la posición del río en la red de drenaje se desplace hacia aguas abajo (González del Tánago y García de Jalón 2006).

Gayoso *et al.* (2000) define el ancho de la zona ripariana según el tipo de cauce, los cuales son clasificados mediante la combinación de tres elementos: tamaño de la cuenca, presencia/ausencia de peces y características del flujo (permanente o temporal).

Los cauces CLASE 1 se caracterizan por pertenecer a cuencas de más de 2000 ha, poseer peces y transportar agua durante todo el año. Los cauces CLASE 2 pertenecen a cuencas con un área de drenaje entre 200-2000 ha, presencia de fauna íctica y el flujo de agua en condiciones medias se mantiene por lo menos durante 6 meses. La CLASE 3 abarca cauces con un área de drenaje entre 20-2000 ha o menor que 20 ha, puede existir o no fauna íctica y el caudal medio puede mantenerse o no durante al menos 6 meses. Finalmente, la CLASE 4, representa los cauces asociados a cuencas pequeñas (menores de 20 ha) sin presencia de fauna íctica y generalmente son ríos efímeros que transportan agua después de un evento de lluvia significativo. De acuerdo a estas cuatro categorías, propone un ancho mínimo de la zona ripariana asociado a cada cauce (Gayoso *et al.* 2000).

Tabla 14.2. Ancho de la zona ripariana según Gayoso *et al.* 2000.

Tipo de cauce	Ancho mínimo de la zona ripariana (m)
Clase 1	60
Clase 2	45
Clase 3	30
Clase 4	15

La zona ripariana posee dos grandes grupos de atributos: estructurales y funcionales. Dentro de los atributos estructurales se encuentran la continuidad longitudinal y el ancho (González del Tánago y García de Jalón 2006).

La continuidad longitudinal hace referencia a la existencia de franjas de vegetación que garantizan el movimiento de agua, nutrientes, sedimentos y especies (Forman y Gordon 1986). El ancho está determinado por el ancho del cauce y de la llanura de inundación en donde ocurren los procesos y funciones ecológicas e hidrológicas que le dan heterogeneidad a la zona ripariana.

La composición y estructura de la vegetación ripariana refleja la calidad ecológica de este importante elemento dentro de la zona ripariana, cuya condición debe ser evaluada a partir de un punto de referencia determinado para cada río.

Dentro de las funciones que cumplen las zonas riparianas en una cuenca se puede destacar la mantención del balance hídrico, la dinámica de sedimentos, el balance biogeoquímico, el ciclo de nutrientes, el control de la temperatura del río, generación de hábitat, la mantención de complejas redes tróficas y la generación de corredores ecológicos que permiten la conectividad a lo largo de la red de drenaje (Naiman y Décamps 1997).

Las zonas riparianas cumplen un rol importante en el medio ambiente acuático y terrestre prestando varios servicios medioambientales, entre los que destacan, estabilización de orillas, generación de hábitat acuáticos y terrestres, filtro de nutrientes, ingreso de fuentes de alimento al cauce, efecto de laminación de crecidas, generación de un microclima, etc. (Montreuil *et al.* 2010, Ghermandi *et al.* 2009, Allan y Castillo 2007, González del Tánago y García de Jalón 2006, Naiman 2005, Cummins 2002, Naiman y Decamps 1997). Las zonas riparianas no están ajenas a la presión antrópica que sufren los ríos disminuyendo las funciones y servicios ambientales que éstas prestan, de ahí la importancia de preservarlas y restaurarlas en caso de presentar un estado ecológico insuficiente.

d. Funciones teóricas de la Zona Ripariana

Funciones físicas

Movimiento de masa y morfología del cauce

El material suministrado al río proviene tanto de la erosión de las riberas aguas arriba (proceso influenciado por la resistencia y resiliencia de las raíces) como de la ladera. Las riberas que carecen de vegetación ripariana son a menudo inestables y están sujetas a la pérdida de masa, transformándose en cauces amplios (Figura 14.8).



Figura 14.8 Erosión en las laderas producto de la ausencia de vegetación ripariana.
<http://www.northeastiowarcd.org/uirw/>

La vegetación ripariana también influye sobre el transporte de sedimento, ya sea, reteniendo el material susceptible a ser arrastrado o por la disminución de las velocidades del flujo. Dicha disminución se logra por medio de las raíces y/o grandes detritos vegetales (en caudales bajos) o por medio de los tallos (en caudales altos) los cuales aumentan la rugosidad del lecho. De esta forma, al disminuir el esfuerzo de corte disminuye también la capacidad de arrastre del flujo conteniendo la erosión local.

Detritos leñosos en el cauce y la Zona Ripariana

Los detritos leñosos juegan un papel importante en la zona ripariana ya que ejercen una fuerte influencia sobre la hidráulica de los ríos, el transporte de sedimentos, la morfología de los cauces y la ecología de éstos (Andreoli *et al.* 2007, Gurnell *et al.* 2002, Naiman y Decamps 1997). Por ejemplo, en bosques riparianos, estos detritos se acumulan durante las crecidas. Cada

acumulación de detritos usualmente incluye al menos una pieza larga de madera la cual puede resistir el flujo y capturar físicamente piezas más pequeñas de madera, haciendo crecer la acumulación de detritos. Estas acumulaciones de detritos leñosos actúan como disipadores de energía, trampas de materiales en movimiento y formadores de hábitats (Petit y Naiman 2005). Dependiendo del tamaño, posición en el cauce y la geometría, estas acumulaciones pueden resistir y redireccionar el flujo de agua, haciendo que el poder erosivo del agua sea espacialmente heterogéneo, creando un mosaico de zonas erosionadas y agradadas en el corredor ripariano (Figura 14.9).



Figura 14.9: Reorientación del flujo debido a la presencia de troncos en el cauce
Fuente: <http://www.stillaguamish.nsn.us>

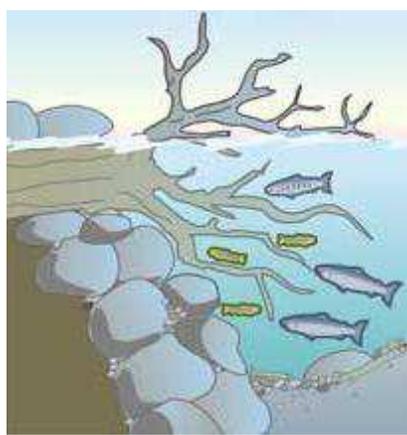


Figura 14.10: La vegetación ripariana aporta refugio para animales acuáticos.
Fuente: <http://www.kingcounty.gov/>

Los detritos leñosos proporcionan hábitat para peces y macroinvertebrados (Milner y Gloyne-Phillips 2005) (Figura 14.10). Los detritos leñosos pueden retener los propágulos y protegerlos de la erosión, abrasión e incluso de los periodos de sequía o de ser devorados por los herbívoros (Naiman y Decamps 1997).

Microclima

La vegetación ripariana ejerce un fuerte control sobre el microclima del río modulando la cantidad y calidad de la radiación solar que incide sobre el río en función de la altura y densidad de la vegetación (Ghermandi *et al.* 2009, Naiman y Decamps 1997). La radiación solar y la temperatura son importantes en el hábitat acuático ya que influyen la producción primaria, el

comportamiento de los organismos que habitan en el río y reacciones químicas. Por ejemplo, en verano la temperatura del cauce puede ser más alta (con un menor contenido de oxígeno en el agua) y más baja en invierno, lo cual puede afectar el metabolismo, fenología y actividad de muchas especies de peces y organismos acuáticos, controlando incluso los niveles de eutrofización (Ghermandi *et al.* 2009).

Este proceso de regulación de la temperatura en el río por parte de la vegetación ripariana se produce vía evapotranspiración y el efecto sombra sobre el cauce (Figura 14.11).



Figura 14.11: Efecto del sombreado sobre el cauce debido a la presencia de vegetación ripariana.
Fuente: Elaboración propia.

Zona Ripariana como corredor ecológico

Las zonas riparianas se constituyen como una red distribuida sobre grandes áreas, manteniendo la conexión biológica a lo largo de la red de drenajes (Naiman y Decamps 1997). Quizás, la mejor evidencia de esta conectividad se refleje en las especies invasoras, las cuales se mueven a través de estos corredores buscando un lugar adecuado a sus requerimientos (Richardson *et al.* 2007) (Figura 14.12).

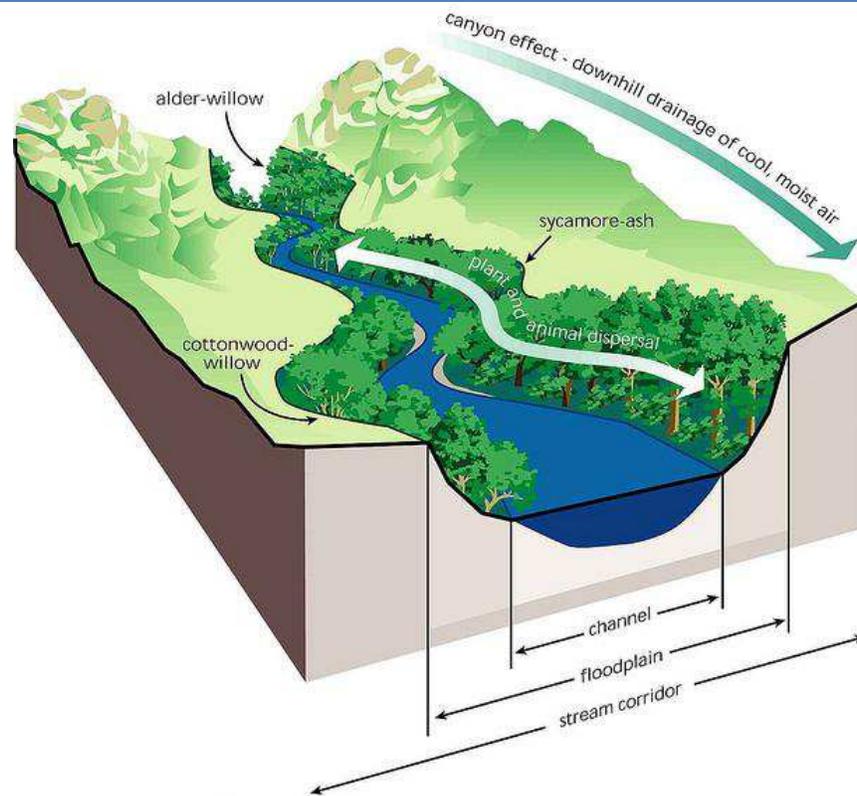


Figura 14.12 Funcionamiento de la zona ripariana como corredor ecológico.
Fuente: Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices.
1998. Federal Interagency Stream Restoration Working Group

Funciones ecológicas

Fuentes de alimentación

La materia orgánica proveniente de la vegetación ripariana es una gran fuente de alimentación para los organismos acuáticos. Dicha materia orgánica se halla presente en la hojarasca que llega al río, ya sea directamente sobre este o transportada lateralmente hasta el cauce (Figura 14.13); jugando un papel fundamental en dicho transporte la estructura de la zona ripariana (Cummins 2002). Dicho transporte lateral se ve favorecido por el efecto acumulativo de diversas crecidas que mueven la hojarasca hacia los costados del cauce (Allan y Castillo 2007).

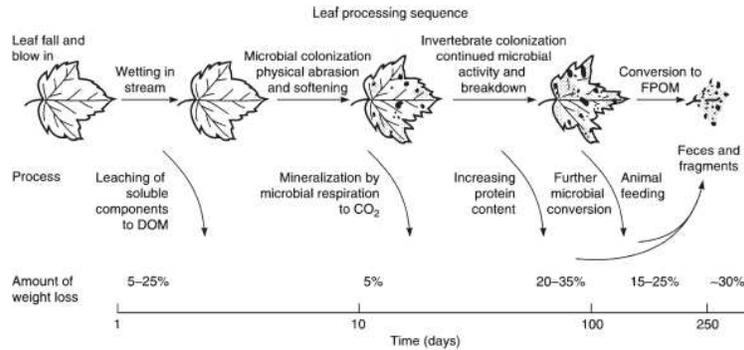


Figura 14.13 Proceso de descomposición de la hoja en el sistema fluvial.
Fuente: Allan y Castillo (2007)

La vegetación ripariana viva es también una fuente de alimentación para los animales (desde insectos hasta mamíferos), los cuales pueden modificar considerablemente la función de la Zona Ripariana con su actividad alimentaria.

Filtro de nutrientes

Se ha demostrado que la zona ripariana reduce el movimiento de nutrientes desde las laderas hacia el río, lo que permite entender el rol que juega en el control de fuentes de polución por sedimentos y nutrientes en cuencas dedicadas a la agricultura (Montreuil *et al.* 2010; Dhondt *et al.* 2006, Anbumozhi *et al.* 2005) (Figura 14.14).

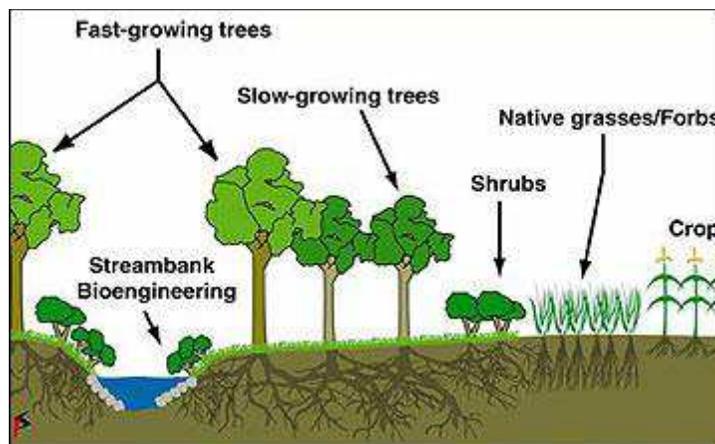


Figura 14.14 Efecto de filtro de los nutrientes provenientes de las laderas. Tomada de la página web USGS.
Fuente: North American Agroforestry (2009)

Los procesos biogeológicos que afectan tanto las riberas del río como los sistemas acuáticos ocurren dentro de la zona ripariana, el cual influencia por un lado la hidrología de la cuenca y por

otro lado la hidráulica del cauce. Así la transferencia subsuperficial de agua y materiales es principalmente unidireccional a lo largo del cauce a través del borde terrestre. Mientras que en el borde acuático, esta transferencia es bidireccional, donde se mezclan los flujos de agua de la zona hiporréica con los provenientes de los intersticios de la zona ripariana. Ambos bordes son los principales lugares donde se regula y disminuye la transferencia de nitrógeno inorgánico y fósforo desde el agua subsuperficial hacia el río (Naiman 2005).

Zona de transición física

Los sedimentos y los contaminantes adheridos a estos que son transportados por la escorrentía superficial, son depositados en los bosques riparianos así como también en las herbáceas que habitan en las riberas del río. El entrapamiento de sedimentos es debido a los flujos laminares que permiten la depositación de las partículas de sedimento y previenen la erosión de las riberas de los cauces por agradación (Naiman y Decamps 1997). La depositación de sedimentos se hace evidente en el largo plazo, siendo los más gruesos depositados a pocos metros del límite del bosque ripariano, y alojando los sedimentos finos dentro de los gruesos y en las riberas del cauce. Los sedimentos finos traen consigo grandes cantidades de nutrientes y contaminantes adheridos, cuya remoción ocurre como una interacción entre los procesos de depositación y erosión, infiltración, dilución y las reacción de adsorción/desorción con el suelo del bosque y los desechos de este. En cuencas forestales con baja concentración de nutrientes, la Zona Ripariana puede convertirse en fuente o sumidero de esto, dependiendo de las condiciones de oxidación/reducción (Naiman 2005).

Zona de transición biológica

Las zonas riparianas son de especial interés en tanto que acumulan nutrientes debido a que las tasas de transpiración son muy altas, lo que incrementa el flujo de nutrientes disueltos hacia el sistema radicular y dado que las adaptaciones morfológicas y fisiológicas de la vegetación ripariana facilitan la absorción de nutrientes bajo condiciones anóxicas.

La importancia de la vegetación ripariana como filtro de nutrientes puede verse afectada por la dificultad de acceso al agua, por la fenología y liberación de nutrientes y por la saturación de estos

en un bosque maduro. Respecto a la accesibilidad al agua, esta es posible cuando el nivel freático es alto o si la demanda de transpiración moviliza el agua y nutrientes hacia la zona radicular.

Respectos a los microorganismos, estos al igual que las plantas capturan nutrientes. En un principio, los nutrientes disueltos son inmovilizados seguidos del crecimiento celular, muerte, descomposición y liberación de nutrientes (Naiman 2005). Entre todos los nutrientes el nitrógeno tiene mayor relevancia en la vegetación ripariana: el proceso de desnitrificación, depende de la presencia de nitrato (NO_3^-), un sustrato de carbono adecuado y ausencia de oxígeno. La temperatura del suelo, la humedad y el tipo de carbono presente influyen la tasa de reacción. Así mismo, el pH del suelo influye en la producción de óxido nitroso (N_2O) o nitrógeno gaseoso (N_2).

Diversidad de patrones vegetacionales y perturbaciones naturales

La vegetación ripariana ayuda a entender cómo varía la diversidad de vegetación a escala regional respecto perturbaciones naturales, por ejemplo, en los tramos medios de un río donde la duración e intensidad de las crecidas es intermedia, la diversidad de especies vegetales no siempre es la más alta (Richardson *et al.* 2007).

Las crecidas confieren heterogeneidad dentro de la zona ripariana y por consiguiente crean diferentes nichos de regeneración que facilita la coexistencia de especies del mismo género. Así mismo, a escala local las crecidas afectan la diversidad de especies herbáceas en tanto que modifican su entorno físico mediante la erosión y la depositación de desechos y limos (Naiman 2005).

Las comunidades con mayor biodiversidad también poseen una fracción de especies exóticas, tanto a lo largo del río como dentro de sitios específicos. Esto sugiere que dichas comunidades en los corredores riparianos son las más vulnerables dada la heterogeneidad ambiental creada por las crecidas moderadas.

Los procesos que parecen controlar la invasión de especies exóticas en la zona ripariana son diversos e interactivos, y en gran parte son acelerados por las actividades antropogénicas, consistiendo en tres etapas, establecimiento, estabilización y expansión (Richardson *et al.* 2007).

Diversidad regional de refugios y habitat

Los parches de la zona ripariana actúan como sitios seguros para la flora regional durante los períodos de sequía. Además, la zona ripariana genera refugio y hábitat para especies acuáticas como peces y macroinvertebrados (Cummins 2002).

La mayoría de las zonas riparianas están cubiertas por gran variedad de vegetación leñosa que va desde arbustos que sirven de refugio para pequeños mamíferos, hasta árboles que ofrecen nido y sitios de percha para aves. El incremento en la comunidad herbívora aparece como resultado de una mayor productividad y mejor calidad del alimento, y los detritos leñosos proveen de estabilidad tanto a las comunidades de invertebrados terrestres como las acuáticas (Naiman 2005, Naiman y Decamps 1997). Así, la vegetación ripariana actúa como refugio en áreas adyacentes y en algunos casos como corredores para la migración y dispersión.

e. Principales alteraciones de las zonas riparianas

A continuación se presenta una descripción y análisis de las principales actividades presentes en el cauce o sus alrededores que alteran, ya sea en forma directa o indirectamente, la zona ripariana. Para un mayor entendimiento se han ordenado en componentes y obras o actividades antrópicas que afectan la zona ripariana, los cuales se muestran en la Tabla 14.3.

Tabla 14.3 Resumen de componentes y actividades/obras que afectan a la zona ripariana.

Componente	Actividades/Obras
Cambio de uso de suelo	Proyectos urbanísticos o turísticos
	Proyectos industriales
	Explotaciones mineras (extracciones de áridos)
	Explotaciones ganaderas (pastoreo)
	Basurales (en la ribera o en el lecho)
	Plantaciones Agrícolas o Forestales
	Incendios
Regulación del régimen hidrológico	Presas o Tranques
	Extracciones de agua para hidroeléctricas
	Extracciones para usos en agricultura y ganadería
	Extracciones para uso en minería

Componente	Actividades/Obras
	Derivaciones para uso urbano (usos domésticos e industriales)
	Trasvases a otras cuencas o desde otras cuencas
Cambios en la morfología	Canalización del río por infraestructuras rígidas (defensas fluviales, canalizaciones)
	Explotaciones mineras (extracciones de áridos)
	Actividades de limpieza no selectiva del cauce
Obras Lineales	Atravesos (puentes, caminos, vías férreas, etc)
	Infraestructuras transversales (barreras móviles, vados, etc)
	Infraestructuras laterales (carreteras, construcciones, acequias, etc)

Fuente: Elaboración propia.

Uno de los principales efectos que produce el cambio de uso del suelo es la disminución de la cobertura natural de vegetación de la zona ripariana. Este se produce, ya sea por un cambio de cobertura natural a introducida, y/o por construcciones o actividades antrópicas en la zona ripariana.

Los cambios de cobertura la vegetación natural pueden producirse al cambiar hacia una cobertura alóctona o exótica de césped, pastizales, plantaciones forestales o cultivos, entre otros. Los cuales pueden producirse por el hombre al intentar realizar actividades productivas en la zona ripariana propiamente tal o en sus alrededores, aunque la modificación también puede producirse debido a la dispersión natural de especies introducidas en la región (como es el caso de *Salix babylonica* L. y *Eschscholtzia californica* que pueden diseminarse a través del agua y del viento, respectivamente). Mientras que dentro de las construcciones antrópicas se pueden encontrar proyectos inmobiliarios; instalaciones recreativas-deportivas; canalizaciones y obras hidráulicas para extraer o restituir agua; defensas fluviales; pastoreo; botaderos de basuras y escombros; y emplazamiento de centros productivos (principalmente extracciones de áridos).

La pérdida o cambio de uso del suelo produce fragmentación o pérdida de hábitat para la fauna terrestre y acuática; pérdida de conectividad entre los distintos ecosistemas; aumenta el albedo, con lo que aumenta la evaporación y la temperatura de la zona ripariana y del río; y disminuye la regeneración natural.

Además, se produce la alteración de la permeabilidad del suelo, lo que ocasiona una disminución de la humedad del suelo, impidiendo la regeneración natural de la vegetación y el reclutamiento

de especies vegetacionales. La máxima expresión de esta alteración es la impermeabilización del suelo, que actúa como un impedimento para que se genere vegetación, pudiendo llegar a eliminar la zona ripariana.

La regulación del régimen hidrológico hace referencia a la alteración al régimen natural de caudales, el cual puede ser mediante una extracción y/o restitución de caudal. Las principales obras de extracción son las bocatomas, tanto las de barrera fija (presas) o las de barrera móviles. Por otra parte, la regulación del flujo altera las variaciones naturales del hidrograma a lo largo del año, amortiguando crecidas que inundan la zona ripariana, aportando nutrientes y humedad en suelo, lo cual es beneficioso para la vegetación. La operación de embalses con un gran volumen de regulación pueden llegar a invertir el hidrograma, es decir, a liberar caudales altos en época de estiaje y caudales menores en épocas en las que naturalmente circulan caudales altos. Esta inversión del hidrograma, puede alterar la regeneración y reclutamiento de especies, ya que la temporalidad de estas nuevas crecidas no iría acorde a la temporalidad de propagación de las semillas y propágulos.

A modo de resumen, la regulación del régimen hidrológico puede producir alteraciones en los caudales medios, en la temporalidad de los caudales máximos y en la disminución o amortiguamiento de eventos de crecidas pequeños (con tiempo de retorno entre 2 y 5 años). Estos pueden impactar a la zona ripariana al generar una desconexión con las aguas subterráneas, una disminución en la capacidad de transporte de sedimentos, disminución de la humedad en el suelo, inexistencia de una renovación o limpieza del lecho del cauce, un angostamiento del cauce vivo y/o una desconexión entre la zona ripariana y el cauce.

La disminución de la humedad del suelo y la ausencia de caudales de lavado pueden producir una ausencia de la regeneración natural de la vegetación, un decaimiento de las especies nativas y una colonización de especies exóticas (Richardson *et al.* 2007). Además, puede producir un cambio en los mesohábitats, generando que una zona lotica pase a ser lentic, impidiendo el transporte y movilidad de sedimentos, disminuyendo la disponibilidad de hábitat en el tramo. Estas modificaciones se pueden localizar tanto en el tramo estudiado como aguas arriba de él, por lo que el impacto es indirecto, ya que la modificación del régimen de caudales puede afectar el río en toda su extensión.

Dentro de las obras hidráulicas que producen una alteración del régimen hidrológico, se encuentran la presencia de embalses aguas arriba; extracciones y restituciones de agua para centrales hidroeléctricas; trasvases desde o hacia la cuenca de estudio; extracciones de agua para agricultura; extracciones para minería; extracciones para usos domésticos e industriales.

Los cambios morfológicos, por otra parte, son aquellos que modifican la forma y estructura del río, afectándolo tanto en planta como en perfil. En función de su extensión y tipo pueden afectar tanto al tramo evaluado como aguas abajo del sector en donde se emplazan.

Las modificaciones a la morfología se producen debido a la canalización de las riberas, regularización del cauce, defensas fluviales, dragado del cauce y extracción de áridos. Las primeras cuatro alteraciones provocan una simplificación del canal. Producto de esta simplificación, la zona ripariana pierde conectividad con el ecosistema acuático, pudiendo quedar incluso eliminada o colgada producto de la impermeabilización de las riberas. Además, producto de estas rectificaciones se produce un aumento de la velocidad del agua, lo que genera una menor retención de humedad en las orillas; un posible aumento en la dinámica de socavación y erosión local; y una disminución en la frecuencia de inundación de la zona ripariana. Las extracciones de áridos producen una socavación del cauce, modificándolo en función de sus necesidades, pudiendo llegar a extremos en donde la zona ripariana queda desconectada del cauce.

Las obras lineales son aquellas que se emplazan sobre la zona ripariana de manera transversal o longitudinal a ellas, en donde su superficie es notablemente menor al cambio de suelo. Dentro de ella se consideran todas aquellas construcciones antrópicas como caminos, acequias, puentes o vados. Por su condición, producen impactos a nivel local, sin embargo en función de la singularidad o fragilidad del hábitat pueden ser a mayor escala.

Las obras lineales producen una pérdida de conectividad entre o dentro de los distintos ecosistemas, lo que ocasiona una fragmentación del hábitat. Esto puede ocurrir tanto dentro del cauce o en la zona ripariana, modificando por esto tanto el ecosistema acuático como terrestre.

f. Alteraciones del río Lontué y de su zona ripariana

De acuerdo a lo obtenido en la evaluación de los índices riparianos aplicados en el presente estudio en el río Lontué se han encontrado dos tipos de alteraciones, la primera corresponde a la vegetación ripariana y mientras que la segunda a la calidad del cauce.

Ambos componentes corresponden a alteraciones de orden local.

La alteración de la vegetación ripariana, sumado a la dinámica agrícola del sector, provocan una disminución de la calidad del agua, tanto superficial como subterránea.

En segundo lugar, la alteración de la calidad del cauce produce modificaciones en la dinámica natural de crecidas.

g. Medidas de Manejo de la Zona Ripariana del río Lontué

h. Beneficios de mantener la Zona Ripariana

Figura 14.15 Efectividad relativa de diferentes tipos de vegetación por proveer beneficios específicos en buffers.

Beneficio	Herbáceas	Arbustos	Arboles
Estabilización de la erosión de las riberas	Baja	Alta	Alta
Filtro de sedimentos	Alta	Baja	Baja
Filtros de sedimentos	Alta	Baja	Baja
Filtro de sedimentos, nutrientes, pesticidas y microbios soluble	Media	Baja	Media
Hábitat acuático	Baja	Media	Alta
Rango de hábitat de vida natural/ praderas	Alta	Media	Baja
Vida Silvestre en el bosque	Baja	Media	Alta
Productos económicos	Media	Media	Media
Diversidad visual	Baja	Media	Alta
Protección de crecidas	Baja	Media	Alta

ANEXO E. Manual biofiltro

Este manual se encuentra en proceso de elaboración, debido a que aún se están implementando los biofiltros.

ANEXO F. Resultados actividades con comunidad

i. Evaluación de la actividad desarrollada en el Liceo Politécnico de Sagrada Familia.

Se realizó la evaluación de la actividad desarrollada en terreno. La pauta de evaluación, considera la escala de Likert, con puntajes entre 1 y 5. El valor 1 indica No está satisfecho, en tanto 5 representa está muy satisfecho con el ítem consultado.

Tabla 14.4. Pauta de evaluación de la actividad en terreno.

Aspectos	1	2	3	4	5
Cumplimiento de los Objetivos del Taller					
Significo un aporte al conocimiento					
Utilidad/ Aplicabilidad de Aprendizajes					
El desarrollo de los Talleres fueron dinámicos					
Motivación a lo largo del Taller					
Existió manejo de Grupo por parte del facilitador					
Dominio del tema de los encargados					
Uso de ejercicios de aplicación					
Cierre, ideas claves y conclusiones					
Uso del tiempo fue el adecuado					
Colaciones					

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO G. Actividades de concientización de la comunidad

j. Actividad Redescubriendo el río Lontué

A continuación se presenta la descripción de las actividades realizadas en el Liceo Polivalente de Sagrada Familia. Dicha actividad se realizó el día 13 de Diciembre de 2012.

Motivación inicial visita a la escuela

Esta visita, tuvo por propósito invitar a los alumnos a participar de la actividad que se llevó a cabo y que se ha denominado “*Redescubriendo el río Lontué*”. Esta charla informativa, además, tuvo por finalidad concientizar acerca de la importancia de la protección comunitaria del río, del rol que tienen los jóvenes como agentes de cambio. También se les explicó de manera general el tipo de actividades que se llevarán a cabo en la salida al río que se realizó. En esta charla se incluyeron a cerca de 100 alumnos del Liceo Polivalente.

La charla contó con la participación de la SEREMI de Medio Ambiente de la región del Maule doña Mariela Valenzuela, el representante de gabinete del alcalde y la representante de EcoHyd Viviana Chávez.

Desarrollo de la actividad práctica

En cuanto a la actividad en Terreno, en ella participaron un total de 30 alumnos del Liceo de la especialidad de técnico agrícola, los que se encuentran cursando el Tercer año medio. Para el desarrollo de la actividad se trasladó a los alumnos hasta el predio propiedad de la sra. Angélica Edwards. En donde se organizó a los participantes en equipos circunstanciales que se conformaron el mismo día. La conformación de cada equipo se generó partir de dinámicas que permitieron; conformar los equipos y motivar a los jóvenes a participar de las diversas instancias que se desarrollaran en la jornada.

Para el desarrollo de la actividad, fue necesario cambiar de escenario de trabajo, por lo cual se llevó a los jóvenes a trabajar al sector de la ribera del río. En donde se trabajó por módulos. Cada uno de los módulos, buscaba entregar una visión parcial de los componentes del río. Lo que significa que una vez finalizada el paso de cada uno de los alumnos por los diversos módulos, estos tuvieron la posibilidad de tener una visión global del fenómeno estudiado. Se buscó que cada uno de los módulos sea un desafío para cada uno de los equipos, en donde los alumnos, saquen a relucir sus diversas fortalezas y habilidades como líderes sociales.

La actividad, se llevó a cabo en un promedio de cuatro horas cronológicas, las que contempló el paso de cada uno de los equipos por los diversos módulos y tiempo destinado a la colación de los alumnos y alumnas asistentes.

Una vez finalizada la actividad se realizó una plenaria, donde los jóvenes tuvieron la oportunidad de comentar, evaluar y conocer las apreciaciones de los participantes sobre la actividad.

Módulos

Cada módulo de trabajo, contaba con material de apoyo (documentos y poster) que se utilizan para complementar la información trabajada en la ribera del río.

Para hacer más efectivo el trabajo, se organiza a los jóvenes en equipos circunstanciales, lo que implica que cada grupo, se rote por todos los módulos de trabajo de esta manera evitamos que algún alumno no pase por alguno de los módulos diseñados. Cada grupo tuvo una charla de 45 minutos por módulo.

Las actividades desarrolladas en cada uno de los módulos se especifican en la Tabla 14.5.

Tabla 14.5. Objetivo y actividades realizadas en cada uno de los módulos.

Módulo	Objetivo	Actividad
Módulo 1 Importancia del régimen hidrológico en el sistema fluvial	Identificar el régimen hidrológico en un río y su dinámica fluvial. Conocer la importancia de las variaciones de nivel agua y su relación con el régimen hidrológico	Reconocen los distintos tipos de sedimentos que hay en el río y conocen como se conforma el hábitat que permite la vida de las diversas especies que en el habitan Los alumnos tomar muestras de sedimento en la orilla del río. Una vez recolectada las muestran las pesan y miden. Para posteriormente determinar la velocidad de sedimentación
Módulo 2 La zona ripariana y su rol en el ecosistema	Conocer y comprender la importancia de la ribera del río y los cuidados que se deben tener para preservarla	Realizan un recorrido por un segmento de la ribera del río e identifican los factores que en ella confluyen como la naturaleza y el ser humano.
Módulo 3 Animales que viven en el agua	Conocer los distintos organismos que viven en el río, su interacción entre ellas (red trófica) y con el régimen del río (hábitat fluvial)	Recolectan especies acuáticas y las clasifican.

Módulo	Objetivo	Actividad
Módulo 4 Calidad del agua	Identificar los tipos de contaminación generada por la agricultura Reconocer los principales parámetros fisicoquímicos que existen para medir la contaminación	Medición de parámetros in situ (temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, etc.) Analizan y discuten los efectos provocados por la contaminación en el ecosistema.
Módulo 5 Actividades que se realizan en torno al río.	Identificar y debatir sobre las actividades que se realizan en torno al río, especialmente las de tipo recreativas (pesca, rafting, baño, etc.)	Analizan cuál debe ser la condición de limpieza y naturalidad del río para desarrollarla Recolectan basura de la ribera del río y realizan un contraste entre el tipo de contaminación que ellos piensan afectan al río y la contaminación que los afecta en la práctica.

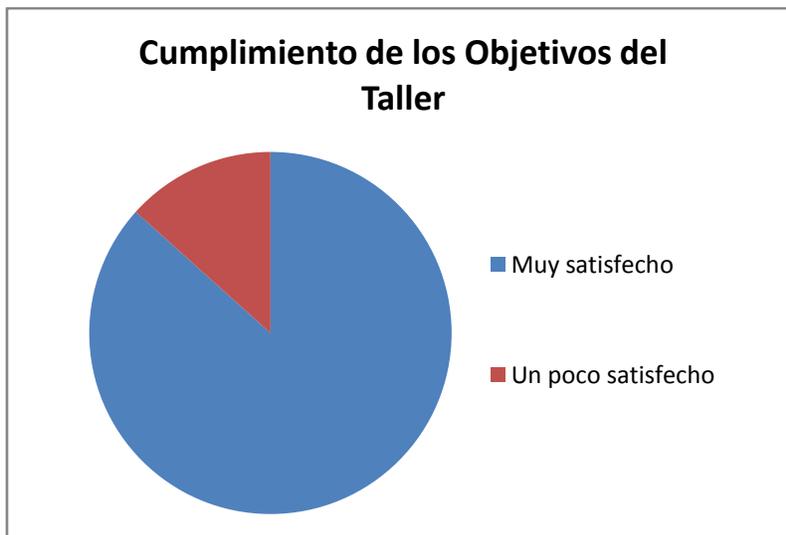
Fuente: Elaboración Propia.

Evaluación de la actividad

A continuación se muestran los resultados de la pauta de evaluación entregada a los asistentes al taller realizado, la que tenía por finalidad conocer sus apreciaciones del trabajo realizado.

El 86,6% de los alumnos considera que se cumplieron los objetivos propuestos para el día de terreno.

Figura 14.16 Cumplimiento de los objetivos del taller



Fuente: Elaboración Propia.

El 80% de los alumnos participantes de la actividad, señala en estar muy de acuerdo con que esta signifique un aporte para el conocimiento.

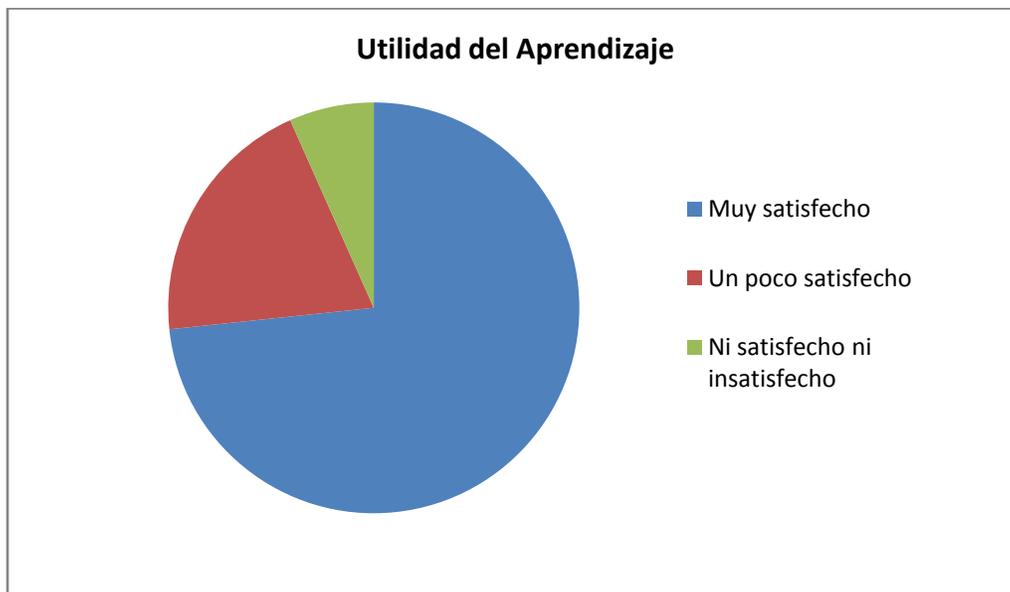
Figura 14.17 La actividad significó un aporte al conocimiento



Fuente: Elaboración Propia.

El 73% de los alumnos considera que los temas tratados son de mucho aporte para su aprendizaje y solo un 7% considera que los conocimientos adquiridos son de mediana aplicabilidad.

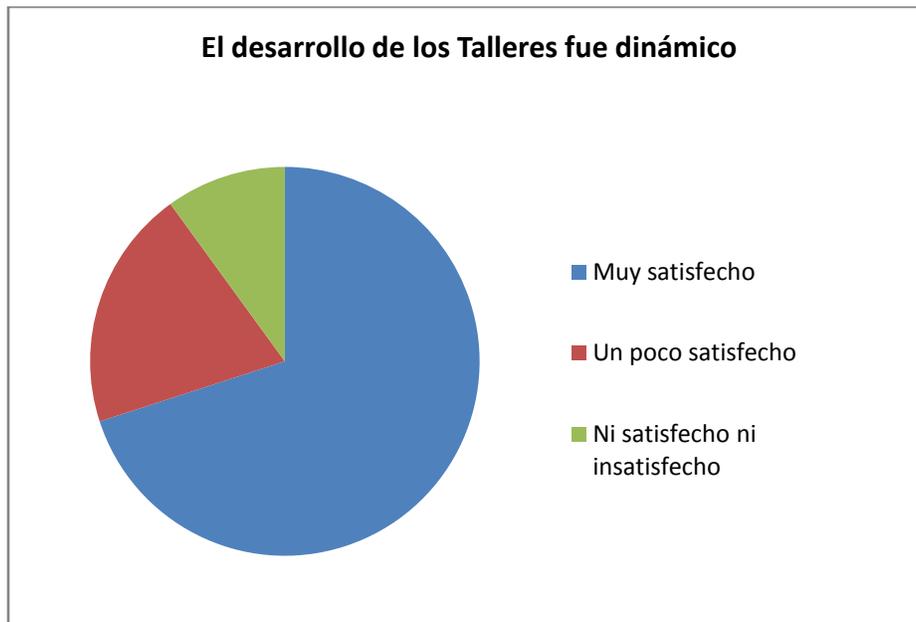
Figura 14.18 Utilidad del aprendizaje



Fuente: Elaboración Propia.

El 70% de los alumnos considera que el desarrollo de los talleres se llevo a cabo de manera muy dinamica.

Figura 14.19 El desarrollo de los talleres fue dinámico



Fuente: Elaboración Propia.

El 87% de los jóvenes considera que el desarrollo de las actividades fueron desarrolladas de manera dinámica.

Figura 14.20 El desarrollo de los talleres fue dinámico



Fuente: Elaboración Propia.

El 83% de los alumnos considera que el trabajo desarrollado fue motivante.

Figura 14.21 Motivación a lo largo del taller.



Fuente: Elaboración Propia.

El 73% de los alumnos, consideran que existió un manejo de grupo por parte de los facilitadores, en tanto solo un 7% de ellos considera que el manejo de grupo se logra medianamente por parte de los encargados de los módulos

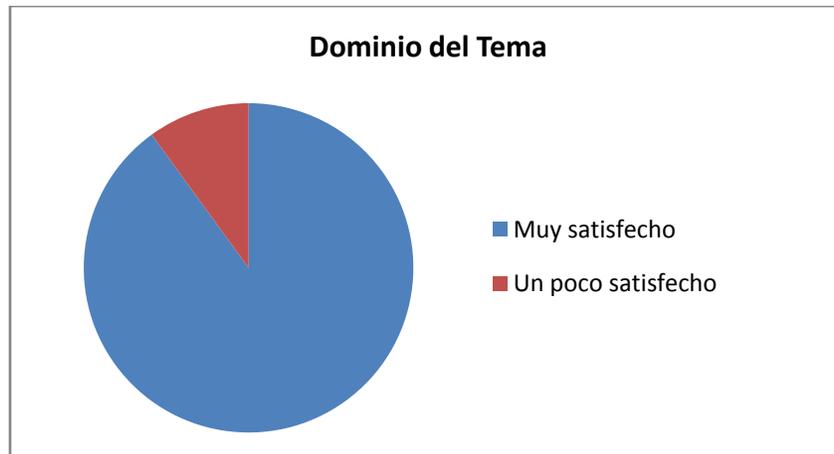
Figura 14.22 Manejo de Grupo



Fuente: Elaboración Propia.

El 90% de los alumnos considera que los encargados de cada módulo tienen un excelente manejo del tema.

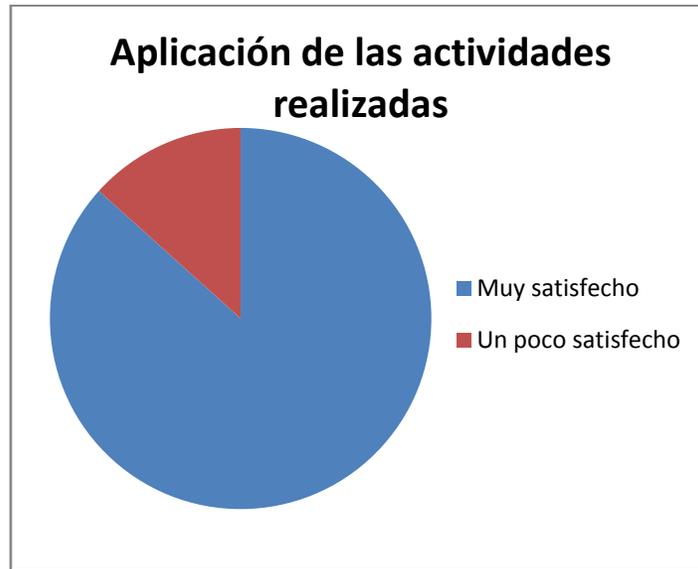
Figura 14.23 Dominio del Tema



Fuente: Elaboración Propia.

El 87% de los jóvenes considera estar muy de acuerdo en que las actividades desarrolladas tienen mucha aplicación.

Figura 14.24 Aplicación de las actividades realizadas



Fuente: Elaboración Propia.

Fotografías Actividad Redescubriendo el río Lontué





Módulo Actividades que se realizan en torno al río.



Módulo Calidad del agua



Módulo La zona ripariana y su rol en el ecosistema



Diseño de un poster acerca del río



k. Concurso “Cómo quiero mi río”

Bases del concurso literario “cómo quiero a mi río”



Bases concurso literario “Cómo quiero a mi río”

BASES CONCURSO LITERARIO “CÓMO QUIERO A MI RÍO”

1. Podrán participar todos los chilenos o extranjeros residentes en la comuna de Sagrada Familia, sin límites de edad. Se excluyen miembros que estén ejerciendo funciones en la actualidad en la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente y profesionales de la Plataforma de Investigación EcoHyd.
2. Los trabajos pueden ser cualquier expresión literaria, como cuentos, poesía, canciones folclóricas, etc.
3. Cada participante puede enviar 5 trabajos, los cuales deben ser firmados con seudónimos diferentes.
4. La extensión de los trabajos no debe exceder las 2 hojas tamaño carta.
5. Deben cumplir los siguientes requisitos
 - a. Estar escritos en español o en lengua originaria
 - b. Trabajos deben ser inéditos y no deben haberse presentado en otro certamen ni estar participando.
 - c. Puede ser escrito en computador o a mano, con una letra clara y legible
6. La entrega de cada ejemplar debe hacerse en un sobre tamaño grande (oficio o carta) en el cual se incluirán 2 copias más el original. Los tres ejemplares deben ser firmadas exclusivamente con el seudónimo. Dentro de este sobre se deberá incluir un sobre más pequeño el cual contenga el formulario de participación.
7. Los trabajos deberán ser entregados o enviados por correo a la biblioteca de Sagrada Familia.
8. El plazo de recepción será el día miércoles 5 de marzo hasta las 17:00 u otra fecha según se aplique el concurso. Esta nueva fecha será dada a conocer en la página web de la Municipalidad de Sagrada Familia. En caso de ser envíos por correos, se debe adjuntar el recibo de envío, el cual debe señalar que se realizó con posterior a la fecha y hora indicada como límite.
9. Se premiarán los 3 primeros lugares. Los premios son los siguientes:
 - a. 1º Lugar: Cincuenta mil pesos en efectivos
 - b. 2º Lugar: Treinta mil pesos en efectivo
 - c. 3º Lugar: Veinte mil pesos en efectivo
10. Los ganadores serán expuestos en el seminario de difusión del proyecto “Protección de la calidad del agua en la cuenca del Mataquito con la implementación de biofiltros en zonas agrícolas, conservación y recuperación de la vegetación ripariana para asegurar la provisión de servicios ecosistémicos” a realizarse en la ciudad de Sagrada Familia.
11. La entrega de los premios se realizará en el seminario de difusión del proyecto “Protección de la calidad del agua en la cuenca del Mataquito con la implementación de biofiltros en zonas agrícolas, conservación y recuperación de la vegetación ripariana para asegurar la provisión de servicios ecosistémicos” a realizarse en la ciudad de Sagrada Familia.
12. No se devolverán los trabajos no premiados
13. La presentación de los trabajos implicará la aceptación de estas bases. El equipo de la Plataforma de investigación EcoHyd estará facultado a no considerar a los concursantes en caso de que estos no cumplan las bases a cabalidad

Plataforma de Investigación EcoHyd
Almirante Riveros 075, Providencia
Fono 22226861 / mail: contacto@ecohyd.com

Página 1 de 1

Afiche concurso literario



CONCURSO LITERARIO

La Plataforma de Investigación EcoHyd y la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente invita a todos los habitantes de la comuna de Sagrada Familia a participar en el concurso literario:

“Como quiero a mi río”

Puedes participar con un cuento, poesía o una canción, lo importante es que el trabajo sea inédito y que no tenga más de 2 hojas tamaño carta, y que nos cuentes como te gustaría que fuera el río Lontué, qué cosas harías en él o cómo podríamos recuperarlo.

Para participar, debes entregar tres copias del trabajo en la Biblioteca Municipal de Sagrada Familia hasta el 20 de febrero del 2013.

- Los ganadores recibirán un premio de:
 - 1º Lugar: \$ 50.000
 - 2º Lugar \$ 30.000
 - 3º Lugar \$ 20.000

Organiza:  

• Más Información en:
<http://www.sagradafamilia.cl>

Cartel ubicado en los predios



Predio demostrativo Biofiltro de mejora de la calidad del agua del río Lontué

Proyecto:	Protección de la calidad del agua en la cuenca del Mataquito con la implementación de biofiltros en zonas agrícolas, conservación y recuperación de la vegetación ripariana para asegurar la provisión de servicios ecosistémicos.
Mandante:	Ministerio del Medio Ambiente
Contratista:	Plataforma de Investigación en EcoHidrología y Ecohidráulica