

INFORME FINAL

“Prospección de la presencia de *Didymosphenia geminata* en las regiones de La Araucanía y Los Ríos.”



PARA

Subsecretaría de Pesca



DICIEMBRE 2011

Santiago: Renato Sánchez 3838, Las Condes; Fono (56-02) 2070154; Fax (56-02) 2634766; e-mail: ambiental@poch.cl
Puerto Montt: Av. Juan Soler Manfredini Nº 41 of. 1401; Fono (56-65) 363240; Fax (56-65) 363247; e-mail: pmontt@poch.cl
Coyhaique: José de Moraleda Nº 412, Fono (56-67) 573188; Fax (56-67) 573184

ARGENTINA

Buenos Aires: Montevideo 765 Piso 3º; Fono/Fax (054-11) 4813 5133; e-mail: pochcdiar@fibertel.com.ar

COLOMBIA

Bogotá: Carrera 12 Nº 96 -81 oficina 203; Fono 057 (1) 691 22 81 - 057 (1) 616 78 09; e-mail: marcos.bravo@poch.cl

PERÚ

Lima: Av. Camino Real 1225, Piso 7, San Isidro; Fono (51-1) 421 8700; Fax: (51-1) 421 7959; e-mail: fiorella.balbi@poch.com.pe

EQUIPO DE TRABAJO



Georgina Lembeye
Eugenio Zamorano
Unidad de Gestión de Plagas
Departamento de Acuicultura



Vivian Montecino
Prof. Asociado
Fac. de Ciencias.
Depto. Cs. Ecológicas

Carolina Díaz
Lic. Cs. Amb. c/m Biología
Dr (c) Cs. Mención Ecología y
Biología Evolutiva (EBE).
U. de Chile.

Paola Muñoz
Bióloga Ambiental

Iván Fuentes
Alumno. Ing Civil Hidraulico

Ursula Romero
Técnico Laboratorio fitobentos



MCs Ximena Molina
Jefe de Proyecto
Prof. Adjunto.
Esc. Cs. Ambientales
U. de Chile
Dr (c) Gestión Ambiental y Paisaje.
U. Barcelona

Luis Albornoz
Biólogo Marino

Claudio Santibañez
Biólogo Marino

Miguel Curihuinca
Geógrafo

Christián Manque
Biólogo Marino

Daniela Su - Yen
Biólogo Marino

J. Paulo Paredes
Técnico-Muestreo

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

ROL DEL EQUIPO DE TRABAJO

Nombre	Título	Tema a Cargo	Institución
Ximena Molina	Mg Cs. Biológicas Mención Ecología. U de Chile. Dr. (c) Geografía: Gestión Ambiental y Paisaje. U. Barcelona.	Jefe de proyecto Coordinación Plan Vigilancia y seguimiento	POCH S.A.
Vivian Montecino	Profesor Biología y Ciencias, U. de Chile.	Análisis de Fitoplancton. Elaboración Informe.	Fac. Ciencias U. de Chile
Carolina Díaz	Lic. Cs. Ambientales c/m Biología. Dr. (c) Cs. Mención Ecología y Biología Evolutiva (EBE). U. de Chile.	Muestreo biológico, Análisis de Fitobentos. Elaboración de Informe.	Fac. Ciencias U. de Chile
Miguel Curihuinca	Licenciado en Geografía. Universidad de Chile	Elaboración Cartografía temática.	POCH S.A.
Luis Albornoz	Biólogo Marino Dr. (c) Ecología	Coordinación campaña terreno. Análisis estadístico de datos físico y químico	POCH S.A.
Claudio Santibáñez	Biólogo Marino	Elaboración de informe.	POCH S.A.
Cristián Manque	Licenciado en Biología Marina	Campaña de terreno Muestreo Físico y Químico.	POCH S.A.
Daniela Su Yen	Ecóloga Marino	Elaboración de Informe	POCH S.A.
Juan Paulo Paredes	Técnico	Campaña de terreno Muestreo Físico y Químico	POCH S.A.
Paola Muñoz	Licenciada en Biología Ambiental	Análisis de fitoplancton en laboratorio.	Fac. Ciencias U. de Chile
Iván Fuentes	Alumno Práctica Ing. Civil Hidráulica	Apoyo Plan de Vigilancia y Seguimiento	Fac. Ciencias Físicas y Matemáticas U. de Chile
Úrsula Romero	Técnico	Análisis de fitobentos en laboratorio.	Fac. Ciencias U. de Chile

ÍNDICE

EQUIPO DE TRABAJO	2
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Generalidades	11
1.2 Identificación del Problema	12
1.3 Distribución	15
1.4 Registros en Chile.....	16
1.5 Integridad Ecológica	18
1.6 Condiciones para el desarrollo de <i>D. geminata</i>	19
2 OBJETIVOS.....	22
2.1 Objetivo General	22
2.2 Objetivos específicos.....	22
3 METODOLOGÍA DE TRABAJO POR ACTIVIDAD.....	22
3.1 Coordinación.....	22
3.1 Información General	23
3.2 Actividades de Muestreo	25
3.2.1 Selección de sitios de muestreo.....	25
3.2.2 Criterios de selección de los tramos a prospectar.....	25
3.3 Estaciones de muestreo en los ríos prospectados.....	27
3.4 Inspección visual	28
3.5 Componente Biológico.....	30
3.5.1 Fitoplancton	30
3.5.2 Diatomeas bentónicas	30
3.6 Variables físicas y químicas.....	31
3.6.1 Medición de variables ambientales <i>in situ</i>	31
3.6.2 Muestras de agua para análisis químico	32
3.6.3 Análisis de resultados físicos y químicos	32
3.6.4 Determinación de caudal	33
3.7 Bioseguridad en el muestreo	33
3.8 Actividades antrópicas.....	34
3.9 Cartografía	34
3.10 Análisis de resultados.....	36

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

4	RESULTADOS: ETAPA 1-PROSPECCIÓN	38
4.1	Inspección visual	38
4.2	Componente físico y químico	38
4.2.1	Parámetros registrados <i>in situ</i>	38
4.2.2	Análisis químico de agua superficial	48
4.3	Análisis de resultados físicos y químicos	57
4.3.1	Relación entre los ríos y parámetros físicos y químicos	57
4.3.2	Análisis de componentes principales (ACP)	61
4.3.2	Análisis de ríos de la región de la Araucanía	63
4.3.3.1	Análisis de conglomerados	63
4.3.3.2	Análisis de componentes principales (ACP)	64
4.3.3	Análisis de los ríos prospectados en la Región de los Ríos	66
4.3.4.1	Análisis de conglomerados	66
4.3.4.2	Análisis de componentes principales (ACP)	67
4.4	Fitoplancton	70
4.5	Diatomeas bentónicas	74
4.5.1	Análisis taxonómico y <i>Didymosphenia geminata</i>	81
5	ETAPA 2: PLAN DE VIGILANCIA Y MEDIDAS DE CONTROL	86
5.1	Plan de Vigilancia	86
5.1.1	Alcances	86
5.1.2	Introducción	86
5.1.2.1	Cuenca como unidad básica de estudio	86
5.1.2.2	Generalidades del sistema fluvial	89
5.1.3	Objetivos	91
5.1.3.1	Objetivo General	91
5.1.3.2	Objetivos Específicos	91
5.1.4	Metodología	92
5.1.5	Escala espacial para el Plan de vigilancia	92
5.1.6	Riesgo de Didymo	93
5.1.7	Matriz de riesgo	95
5.1.8	Tipos de monitoreos	102
5.1.9	Programa de Vigilancia	102
5.1.10	Selección de puntos de muestreo	104

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

5.1.11	Cantidad de muestras	107
5.1.12	Variables físicas y químicas a determinar.....	108
5.1.13	Documentos relacionados con el monitoreo.....	110
5.1.14	Requisitos para el monitoreo de <i>Didymo</i>	110
5.2	Costos de Programa de Vigilancia	114
5.2.1	Monitoreo Básico Plan de vigilancia	115
5.2.2	Monitoreo completo	117
6	APLICACIÓN	120
6.1	Áreas de vigilancia Región de Los Ríos	120
6.1.1	Área declarada No plaga.....	120
6.2	Áreas de vigilancia y seguimiento: Región de La Araucanía	124
6.2.1	Área declarada No plaga.....	124
6.3	Medidas de Control	129
6.3.1	Programa de monitoreo.....	129
6.3.2	Gestión	130
6.3.2.1	Gestión de Información	130
6.3.2.2	Difusión.....	130
6.3.2.3	Capacitación	131
6.3.2.4	Estudios	131
6.3.2.5	Investigación	131
7	TALLERES DE DIFUSIÓN	133
8	CONCLUSIÓN	134
9	REFERENCIAS.....	140
10	ANEXOS	146

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1:** Ficha de terreno.
- Anexo 2:** Fichas de Estaciones de Muestreo.
- Anexo 3:** Registros fotográficos de Fitoplancton.
- Anexo 4:** Abundancia de Fitoplancton
- Anexo 5:** Registros fotográficos de diatomeas.
- Anexo 6:** Abundancia de diatomeas.
- Anexo 7:** Mapas de Resultados de *D. geminata* en la IX y XIV regiones.
- Anexo 8a:** Matriz de riesgo: variables fijas
- Anexo 8b:** Mapas de riesgo de los ríos prospectados.
- Anexo 9:** Mapas de vigilancia y seguimiento.
- Anexo 10:** Taller de difusión en la Región de La Araucanía.
- Anexo 11:** Taller de difusión en la Región de Los Ríos.
- Anexo 12:** Certificados de análisis de Laboratorio de La Araucanía.
- Anexo 13:** Certificados de análisis de Laboratorio de Los Ríos.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Registros de <i>D.geminata</i> para Chile.	17
Tabla 2. Condiciones favorables para la proliferación de <i>D. geminata</i>	19
Tabla 3. Actividades para prospección de <i>Didymosphenia geminata</i> .	25
Tabla 4. Ríos prospectados en las regiones de La Araucanía y Los Ríos.	27
Tabla 5. Variables físicas y químicas a determinar <i>in situ</i> .	31
Tabla 6. Metodología parámetros químicos a determinar en el laboratorio.	32
Tabla 7. Parámetros <i>In Situ</i> , ríos prospectados La Araucanía.	39
Tabla 8. Parámetros <i>In Situ</i> , de ríos prospectados en Los Ríos.	42
Tabla 9. Parámetros calidad de aguas superficial La Araucanía.	49
Tabla 10. Parámetros calidad de aguas superficial, Los Ríos.	51
Tabla 11. Análisis de componentes principales en ríos de la IX y XIV regiones.	61
Tabla 12. Análisis de componentes principales en ríos, IX región.	64

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Tabla 13. Análisis de componentes principales en ríos, XIV región.	67
Tabla 14. Riquezas y abundancias (cel/mm ²) mínimas, máximas y promedio, registradas para cada región.	75
Tabla 15. Matriz de riesgo Didymo según criterio experto.	97
Tabla 16. Matriz de riesgo Didymo, puntaje de variables fijas.	98
Tabla 17. Variables opcionales.	98
Tabla 18. Rangos de riesgo de Didymo.	99
Tabla 19. Muestreos de vigilancia y seguimiento para muestreo Didymo.	102
Tabla 20. Criterios generales para selección de sitios de muestreo.	105
Tabla 21. Tipos de muestreo.	108
Tabla 22. Variables básicas.	109
Tabla 23. Variables adicionales.	109
Tabla 24. Componentes plan vigilancia y seguimiento.	112
Tabla 25. Costo estimado Programa de Vigilancia monitoreo básico.	115
Tabla 26. Costo estimado Programa de Vigilancia monitoreo completo.	117
Tabla 27. Composición de Item para monitoreo.	119
Tabla 28. Áreas de vigilancia y seguimiento en Cuenca Valdivia.	121
Tabla 29. Descripción áreas de vigilancia Cuenca Valdivia.	130
Tabla 30 Localización áreas de vigilancia Cuenca Toltén.	126
Tabla 31. Áreas de vigilancia en Cuenca Toltén.	127

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proliferaciones y componentes de sustentabilidad ambiental.	13
Figura 2. Mapa de distribución mundial.	16
Figura 3. Componentes del sistema fluvial que modifican la "Integridad ecológica".	19
Figura 4. Diagrama metodológico del estudio	23
Figura 5. Ejemplo de estructura de planos de datos	35
Figura 6-17. Parámetros <i>In Situ</i> regiones de La Araucanía y Los Ríos.	42-47

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Figura 18-27. Parámetros <i>Ex Situ</i> regiones de La Araucanía y Los Ríos.	52-56
Figura 28. Cluster total ríos muestreados usando variables físicas y químicas.	57
Figura 29. Análisis de componentes principales (ACP), para total ríos muestreados	59
Figura 30. Dendograma de similitud según variables físicas y químicas	60
Figura 31. Análisis de componentes principales (ACP), para IX y XIV Regiones.	62
Figura 32. Dendograma de similitud región de La Araucanía	63
Figura 33. Análisis de componentes principales (ACP), para la IX Región.	65
Figura 34. Dendograma de similitud XIV Región.	66
Figura 35. Análisis de componentes principales (ACP), para la XIV Región.	68
Figura 36. Fotografía fotónica de <i>Dinobryon divergens</i> .	71
Figura 37. Abundancia del fitoplancton (cél mL ⁻¹) en La Araucanía y Los Ríos.	71
Figura 38. Cluster de similitud para los ríos de la Región de La Araucanía.	72
Figura 39. Riqueza de taxa en las regiones de La Araucanía y Los Ríos.	72
Figura 40. Cluster de similitud para los ríos de la Región de los ríos.	73
Figura 41. Parámetros e índices comunitarios de diatomeas en ríos prospectados	76
Figura 42. Cluster Similitud de Jaccard para el total de ríos muestreados.	78
Figura 43. Cluster Distancia Euclidiana para el total de ríos muestreados.	79
Figura 44. Análisis de Componentes Principales para los ríos de La Araucanía.	80
Figura 45. Análisis de Componentes Principales para los ríos de Los Ríos.	81
Figura 46. Porcentaje correspondiente a la suma de las abundancias relativas de las cinco especies que acompañan a <i>Didymo</i> en los ríos contaminados y que fueron registradas en los ríos prospectados en las regiones de La Araucanía y Los Ríos	82
Figura 47. Cluster Distancia Euclidiana para los ríos muestreados en las regiones de La Araucanía y Los Ríos, utilizando los datos físicos y químicos correspondientes a este proyecto y a los ríos positivos para <i>Didymo</i> a la fecha.	84
Figura 48. Cuenca hidrográfica.	87
Figura 49. Cuenca y subcuenca (indicada en el círculo).	88
Figura 50. Modelo, régimen hídrico sobre patrones y procesos ecológicos.	90
Figura 51. Flujo metodológico.	92

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Figura 52. Evaluación de riesgo de Didymo.	91
Figura 53. Matriz de Riesgo Didymo para ríos prospectados Región de Los Ríos	100
Figura 54. Riesgo Didymo para ríos prospectados Región de La Araucanía.	101
Figura 55. Esquema para delimitar la Inspección visual.	107
Figura 56. Distribución porcentual de gastos por campaña, monitoreo básico.	117
Figura 57. Distribución porcentual de gastos por campaña, monitoreo completo	118
Figura 58. Curva variación estacional río Calle Calle	121
Figura 59. Curva variación estacional río Toltén	125
Figura 60. Recomendaciones generales para el Programa de Vigilancia.	129

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Didymosphenia geminata (Lyngb.) M. Schmidt 1899, es una diatomea, bentónica, originaria de la región templada fría del Hemisferio Norte, considerada una plaga por ser exótica altamente invasiva de difícil erradicación. Es un alga unicelular con células de gran tamaño variando entre 60 y 140 µm de longitud y entre 25 y 43 µm de ancho (Cox, 1996). Forma un tallo o pedunculo de material extracelular mucilaginoso rico en polisacáridos, secretado a través de un poro, por el cual se adhiere a sustratos como rocas, plantas, entre otros. Esta forma produce floraciones por reproducción vegetativa denominada vulgarmente "moco de roca" (United States Geological Survey, <http://didymosa.blogspot.com/>). Las floraciones pueden cubrir grandes extensiones del lecho del río alcanzando hasta una cobertura de un 100% en los ambientes acuáticos, y de un espesor hasta a veces superior a los 20 cm.

Esta diatomea se ha registrado en numerosos cuerpos de agua dulce del mundo tales como Europa, América del Norte y Nueva Zelanda, entre otros, causando daño a las poblaciones naturales de organismos acuáticos y a las actividades económicas recreativas realizadas en estos ecosistemas (Whitton *et al.*, 2009). Se considera al hombre como uno de los principales vectores al ser un agente transportador de células viables, atribuyendo su dispersión a actividades turísticas tales como la pesca recreativa, lo cual también podría ser el caso de Chile.

El 18 de mayo de 2010 la IV Dirección Zonal de la Subsecretaría de Pesca informó sobre la presencia de la diatomea *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Schm. (Didymo) en la cuenca del Río Futaleufú. Desde esa fecha hasta hoy en día se han llevado a cabo estudios de prospección para establecer diagnósticos de su presencia /ausencia, difusiones de resultados en reuniones y talleres. Estos han estado orientados a transferir la información sobre medidas tendiente al control de su dispersión.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

La autoridad ha realizado diversas acciones tendientes a establecer medidas de control y de prospección tales como: Resolución Ex. (Sernapesca) N°1342/2010 que declara Emergencia de Plaga el sector que comprende los ríos Espolón y Futaleufú; Resolución Ex. (Subpesca) N°3064/2010 y sus modificaciones, que declara plaga a la especie *D. geminata* en los ríos Futaleufú y Espolón, región de Los Lagos; la Resolución Ex. (Sernapesca) 1866/2010 que establece el programa de vigilancia, detección y control para el área declarada plaga; Resolución Ex. (Sernapesca) N°1723/2010 que declara Emergencia de Plaga un sector de la cuenca del río Simpson, región de Aysén, y recientemente Resolución Ex. (Sernapesca) N°57/2011 que amplía la declaración de emergencia de plaga anterior en la misma región

1.2 Identificación del Problema

Las proliferaciones de *Didymo* se conocen vulgarmente como “moco de roca” o “chapapote”, su presencia constituye una amenaza para los ecosistemas acuáticos, donde se desarrolla, disminuye la salud de estos y por lo tanto los servicios del agua para el desarrollo de la cuenca, afectando la sustentabilidad ambiental de esta. Su rápida expansión trae consecuencias negativas con implicancias ecológicas, económicas, sociales y estéticas (Kilroy, 2005; Kilroy, 2004, 2005a; Kilroy & Dale, 2006; Campbell 2008, Branson 2006), por lo que deben destinar esfuerzos para dilucidar mecanismos de propagación y control de esta (Fig.1). Aún no se conocen las consecuencias económicas que podría significar la presencia de *Didymo* para Chile, sin embargo hay que tener en consideración que la actividad de pesca recreativa en la Región de Los Lagos y Aysén, representa un ingreso promedio de US\$34 millones anuales (Universidad Arturo Prat, 2007).

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

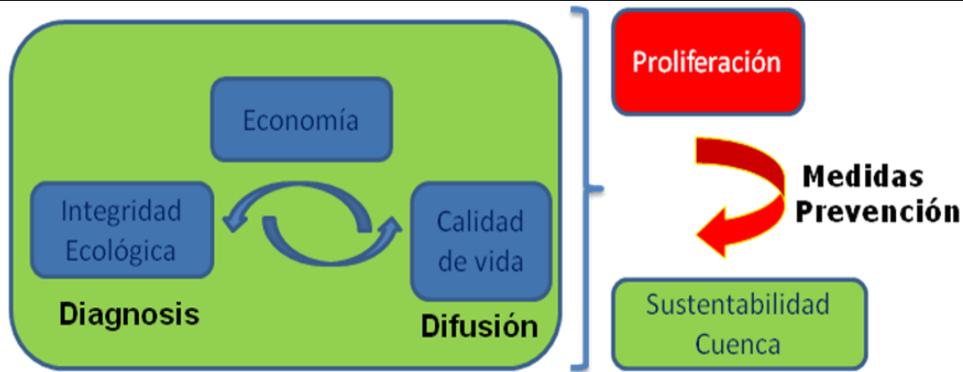


Figura 1. Proliferaciones y componentes de sustentabilidad ambiental.

Didymo se ha desarrollado en una amplia variedad de condiciones fisicoquímicas en sistemas continentales, su distribución se ha ampliado en los últimos años, registrándose la presencia en una variedad de ambientes (Whitton *et al.*, 2009; Spaulding & Elwell, 2007).

Las proliferaciones han causado efectos de tipo ecológico sobre los sistemas acuáticos, dado por alteraciones físicas y químicas, como por ejemplo la disminución del oxígeno disponible, cambios de pH en el medio, aumento de las concentraciones de nutrientes, siendo estas variables de gran influencia sobre la distribución de la biota. (Whitton *et al.*, 2009). Los pedúnculos forman una trampa de sedimentos finos dentro de su densa matriz, con consecuencias sobre la naturaleza del flujo, sobre los sustratos y el hábitat. Esto podría disminuir la biodiversidad del sistema con repercusiones para la biota nativa, las poblaciones bentónicas, la estructura trófica, (Whitton *et al.*, 2009; Kilroy *et al.* 2007 y 2009), entre otras. También una proliferación masiva altera las conectividades de los principales ecótonos en los ríos, estos se caracterizan por ser áreas de rápidos cambios ambientales y frecuentemente de mayor diversidad (Ward & Wiens, 2001). Otros impactos generados en el río han sido de bloqueo de sistemas de toma de agua y cañerías, dificultades para el desarrollo de actividades de acuicultura, recreacionales y de pesca recreativa, al obstruir tuberías, artes y aparejos de pesca y cultivo.

Las alteraciones generadas por Didymo, podrían afectar la capacidad de los ecosistemas para mantener sus usos, con repercusiones negativas sobre el

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

valor ambiental de la cuenca, entre los cuales está la biodiversidad, la calidad de paisaje, disminuyendo la percepción estética de este, con pérdidas económicas para los habitantes de la cuenca por obstaculizar el flujo turístico, que es uno de los principales atractivos de las regiones de Araucanía y Los Ríos (Fig.1).

En los sistemas fluviales de las regiones de La Araucanía y de Los Ríos a la fecha no se ha detectado desarrollo de floraciones de *D. geminata*, por lo que es muy importante realizar un buen diagnóstico y vigilar estos sistemas para evitar su propagación, de esta manera proteger la cuenca con un buen uso de sus potencialidades. En este sentido, es necesario aplicar medidas preventivas, de control y difusión de su propagación. Al respecto, se dispone de limitada información a la fecha y se requiere poder determinar la potencialidad de propagación según las condiciones actuales, si se establece un escenario de riesgo en las regiones en estudio lo que conlleva efectos negativos ambientales, sociales y económicos.

Estas regiones poseen un destacado valor ambiental, con instrumentos de conservación tales como Áreas Silvestres Protegidas por el Estado, Reservas Naturales, Parques Nacionales y Monumentos Naturales, contemplando un gran porcentaje de hectáreas para la protección de la biodiversidad. En los diversos cursos de agua se desarrollan actividades de pesca recreativa, práctica de kayak, rafting, pesca con mosca, entre otros. Esto significa contar con una disponibilidad de ambientes para uso recreativo, de fácil acceso, y turistas con sus propios implementos de pesca, que ponen a diversas zonas de las regiones en estudio en una situación vulnerable frente a un posible desarrollo de *Didymo*. Es posible que los propios turistas constituyan el agente dispersor, y por lo tanto amplíen el área de distribución geográfica de esta especie. Una de las formas puede ser a través de introducción accidental de equipos de pesca y embarcaciones deportivas, por medio de actividades de pesca recreativa y acuicultura.

D. geminata es una especie exótica donde su introducción ha sido principalmente por causas antrópicas e invasiva con expansión muy rápida en el tiempo, con implicancias en la extinción de especies (Whitton *et al.*, 2009),

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

sobrevive a un amplio rango de ambientes y no ha sido posible de erradicar en los numerosos cuerpos de agua dulce del mundo donde se ha registrado. En Nueva Zelanda (Isla del Sur) se expandió fuertemente entre los años 2006 y 2008, con episodios de extensión por más de 1 km de longitud persistiendo varios meses del año, en EEUU el florecimiento del Rapid Creek, Dakota del Sur tuvo un alcance de 5 a 10 km de longitud con una cobertura de biomasa algal de un 100% por más de 4 meses del año, (Spaulding & Elwell, 2007; www.EPA.gov).

1.3 Distribución

Se ha observado que *D. geminata* tiene distribución mundial, en Asia, Europa, Norte América, Nueva Zelanda incluyendo a las cuencas de Australia, Argentina, Chile y Perú, (Whitton *et al.*, 2009), (Fig.2). Se elaboró un mapa de distribución mundial de hábitat potenciales basado en modelos de nicho ecológico, y se concluye que se puede presentar en todos los continentes, excepto en la Antártida, (Spaulding *et al.* 2007). También se llevaron a cabo predicciones espaciales para contar con una detección temprana de hábitat vulnerable. Se compararon cuatro modelos usando datos de presencia/ausencia y datos de sólo presencia, se usaron variables bioclimáticas y ambientales como predictores de la distribución de la diatomea. El hábitat más probable para el caso del oeste de Estados Unidos fueron sitios relativamente fríos, de elevadas alturas, con un índice alto de flujo (Kumar, *et al.*, 2008).

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

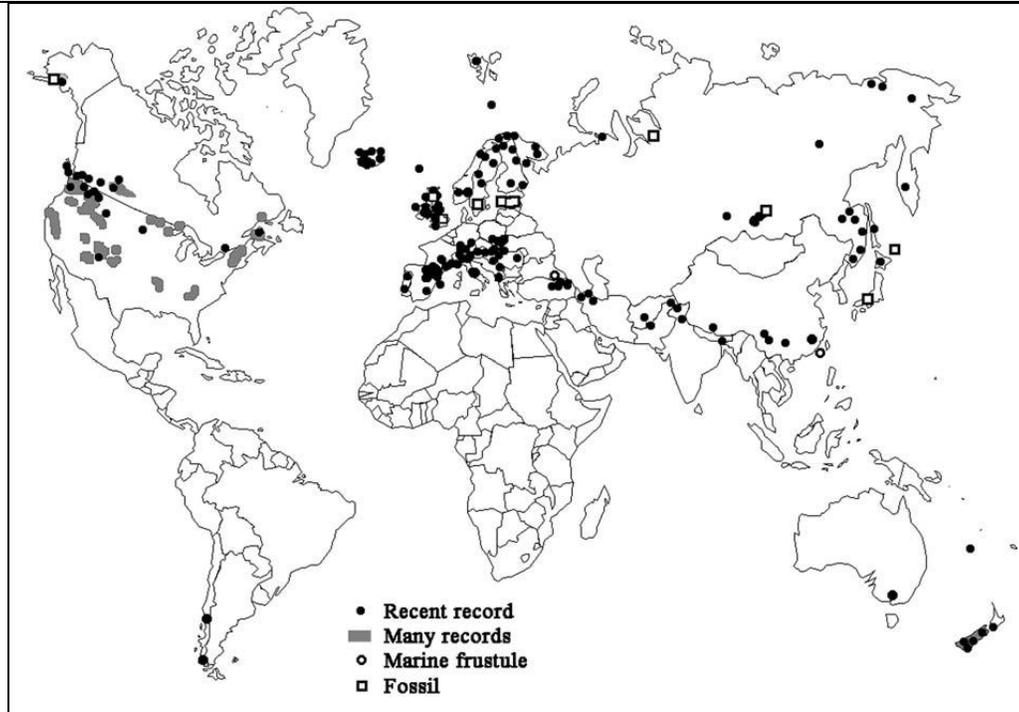


Figura 2. Mapa de distribución mundial. Fuente: Whitton *et al.*, (2009).

1.4 Registros en Chile

A la fecha se ha registrado presencia de *Didymo* en diversos cuerpos de agua para Chile, donde la autoridad ha declarado plaga, entre los registros destaca:

Hoy en día se han observado proliferaciones masivas en Chile y Argentina (SUBPESCA/POCH-U.Chile, 2010; SAG, 2011). A pesar de reportarse múltiples proliferaciones masivas en muchos de los sitios invadidos, existe insuficiente investigación y explicación científica de estos fenómenos y de las consecuencias ambientales de los mismos.

A la fecha se ha registrado presencia de *Didymo* en diversos cuerpos de agua para Chile, donde la autoridad ha declarado plaga, entre los registros destacan (ver Tabla 1):

- Primer registro de la especie data en las regiones XI y XII en el Río Cisnes y Lago Sarmiento (Asprey *et al.*, 1964; Rivera, 1983).

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

- El 18 de mayo del año 2010 la IV Dirección Zonal de la Subsecretaría de Pesca informó formalmente la presencia de la diatomea *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Schmidt 1899 en la cuenca del Río Futaleufú, X región de Chile (debajo de la represa Amutui Quimei). Fue el primer registro a la forma masiva para América del Sur. Este florecimiento se registró en el río Espolón con una cobertura en biomasa mayor a 5 km.
- En Agosto y Octubre del año 2010 se registró la especie en la región de Aysén, cuenca de Aysén en los ríos Coyhaique, Aysén, Simpson y Cea. Fue el primer reporte de presencia de *D. geminata* en la cuenca del Río Baker en el Río Cochrane (Sernapesca/CIEP, 2010).
- En octubre de 2010 se realizó una prospección en las regiones XIV, X, XI y XII, registrándose el alga en la cuenca hidrográfica de Futaleufú con los ríos Espolón y Noroeste y también en la cuenca Aysén con los ríos Ñirehuao, E. Guillermo y Simpson (SUBPESCA/POCH-U. Chile, 2010).

Tabla 1. Registros de *D. geminata* para Chile.

Fuente	Fecha	Región	Cuenca	Río
SERNAPESCA/CIEP , 2010	Mayo	de Los Lagos	Yelcho	Futaleufú
	Agosto, Octubre	Aysén	Baker	Cochrane
		Aysén	Aysén	Coyhaique, Aysén, Simpson, Cea
SUBPESCA/POCH- U. Chile, 2010	Octubre	de Los Lagos	Yelcho	Futaleufú, Espolón, Noroeste.
	Noviembre	Aysén	Aysén	Ñirehuao, Simpson, E. Guillermo, Aysén
SERNAPESCA/CIEN -Austral, 2011	Marzo	de Los Lagos	Palena	Palena
	Marzo	de Los Lagos	Yelcho	Yelcho

1.5 Integridad Ecológica

El manejo sustentable del recurso hídrico involucra la interacción de procesos físicos, químicos y biológicos y aspectos sociales y económicos (Karr, 1991; Norris & Thoms, 1999). La comunidad biótica refleja cambios estructurales por variaciones en las componentes física y química del sistema, lo que trae consecuencias funcionales y repercusiones sobre la integridad ecológica de este, con efectos en la salud ecosistémica. Esto puede ser causado en parte por actividades antrópicas, como un intenso uso recreativo de la cuenca por turismo (Fig. 3) las que han resultado ser la principal amenaza para la dispersión de *Didymo* y forman parte del sistema ambiental. La integridad ecológica se define como la capacidad del sistema ecológico de soportar y mantener una comunidad de organismos, cuya composición de especies, diversidad y organización funcional son comparables con los hábitats naturales dentro de una región particular (Parrish *et al.* 2003). La biota responde a cambios a nivel del ecosistema dado por condiciones físicas y químicas, entre las cuales están la hidrología, la hidromorfología, la fisicoquímica, entre otros. Las actividades antrópicas modifican la integridad ecológica, y el grado de magnitud de la perturbación dependerá de la respuesta dada por la interacción entre los procesos que la mantienen y la capacidad de resiliencia del sistema afectado.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

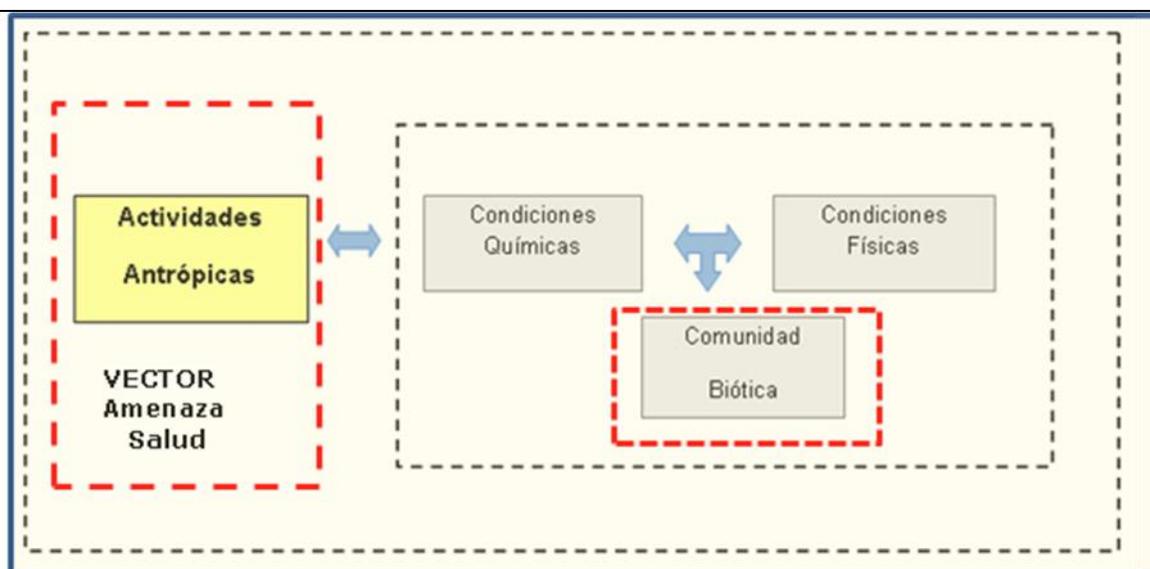


Figura 3. Componentes del sistema fluvial que modifican la "Integridad ecológica".

1.6 Condiciones para el desarrollo de *D. geminata*

Las proliferaciones registradas en el mundo han resultado tener un amplio rango de condiciones físicas y químicas lo que dificulta su control y es necesario determinarlas a nivel local (Duncan, 2006) dada la variabilidad de los sistemas acuáticos. La Tabla 2 muestra algunos ejemplos en los cuales se ha detectado *Didymo*, sin embargo no se observa un patrón de distribución claro.

Tabla 2. Condiciones favorables para la proliferación de *D. geminata*.

Condiciones	Rangos/Observación	Referencia
Físicas	Diferentes rangos de velocidad de flujo. Incrementa a 0,5 m/s.	Kilroy <i>et al.</i> 2005
	Aumentos de caudal disminuye la biomasa algal por inestabilidad del sustrato.	Kilroy <i>et al.</i> 2007. Larned <i>et al.</i> 2006.
	Ríos estables aguas abajo de lagos	Sernapesca/CIEP, 2010
	Sustrato: Optimo crecimiento sobre rocas y bolones	Kilroy, 2004
	Irradianza: Aumenta proliferación a alta luminosidad, Mayor biomasa verano	Largerstedt, 2007
	Humedad: Sobrevivencia células viables aprox. 40 días	Kilroy <i>et al.</i> , 2005

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Condiciones	Rangos/Observación	Referencia
	Aumento de floraciones en ríos regulados. Localidades bajo embalse, ejemplo en ríos de Canadá.	Skulberg 1982, Dufford <i>et al.</i> 1987, Kawecka & Sanecki 2003).
	Temperatura: Aguas frías	Kawecka & Sanecki., 2003 Kramer & Lange- Bertalot,1086. Kilroy 2004
Químicas	Aguas oligotróficas recubriendo más de 1 Km de extensión. Amplios rangos de temperatura. Región templada fría del Hemisferio Norte ríos Europa, Asia y América del Norte	www. EPA.gov Krammer & Lange- Bertalot 1986.
	Ríos con altas concentración de amonio y metales. Alta proporción N:P _i . Aportes de residuos agrícolas, urbanos. Se considera clave la proporción fosfato orgánico e inorgánico. División celular se estimula en aguas enriquecidas con fosfatos por si solo o junto a nitrato, se sugiere limitación de división celular por fosfato.	Whitton <i>et al.</i> , 2009. Bothwell & Kilroy, 2011. Kilroy, <i>et al.</i> , 2006. Largerstedt, 2007 Kawecka & Sanecki., 2003 Sundareshwar <i>et al.</i> , 2011
	Amplio rango de calcio: 1.8 mg L ⁻¹ - 45,2 mg L ⁻¹ .	Whitton <i>et al.</i> , 2009 Kilroy <i>et al.</i> , 2007; Larned <i>et al.</i> , 2006
	Amplio rango pH 7- 9	Skulberg, 1982 Dufford <i>et al.</i> , 1987
	Incremento de materia orgánica (N y P), Clorofila por sobre umbrales saludables. Altera el metabolismo del ecosistema y ciclado de nutrientes.	Kilroy <i>et al.</i> 2005
	Bajo fósforo total: <2 mg/l. Nitratos <1 mg/l o mayor.	
	Fertilización con hierro Alta concentración de fosfato en el tallo.	Kilroy, 2004 Reid B. & R. Torres., 2010.
	Aguas abajo de una fuente potencial de carga de nutrientes.	SERNAPESCA/CIEP, 2010.
	Ambientes prístinos o con perturbaciones ecológicas limitadas	Jónsson <i>et al.</i> 2000, Sherbot & Bothwell, 1993.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Condiciones	Rangos/Observación	Referencia
	Camino cercano a poblados facilita acceso a la población para uso recreativo	SERNAPESCA/CIEP, 2010.
Ecológico	Pristino: Bosque, Vancouver 1988-1989	Bothwell, 2008
	Bosque: Bajo planta tratamiento aguas servidas	Bowman ., 2008
	Bosque y Agricultura: Aguas Arriba y Aguas Bajo embalse. Diversos contaminantes	Kirkwood <i>et al.</i> , 2007. Kawecka & Sacneki 2003.
	Zona Agrícola, bajo embalse	Kawecka & Sacneki 2003.
	Sin contaminación	Medvedeva, 2001

Se puede resumir en general, que se han observado proliferaciones en una amplia variación de condiciones ambientales, lo que dificulta su control biológico. Los ambientes continentales acuáticos de la Patagonia han resultado ser ambientes favorables para el desarrollo de *Didymo*.

Para la aplicación del D.S. MINECON N° 345/2005 y su modificación, se requiere del conocimiento fundamentado de la presencia y distribución de la especie considerada plaga y en especial de aquellos sectores donde su abundancia pueda generar los efectos negativos antes mencionados. Por lo tanto, es necesaria la prospección de cuerpos de agua, donde se realicen actividades recreativas acuáticas como la pesca. Con los resultados de las prospecciones se pueden establecer Programas de vigilancia con área de plaga y no plaga y aplicar las medidas de control de la dispersión.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Identificar geográficamente la presencia de la especie de diatomea *Didymosphenia geminata* en ríos de importancia para la acuicultura y pesca recreativa de las regiones de La Araucanía y Los Ríos.

2.2 Objetivos específicos

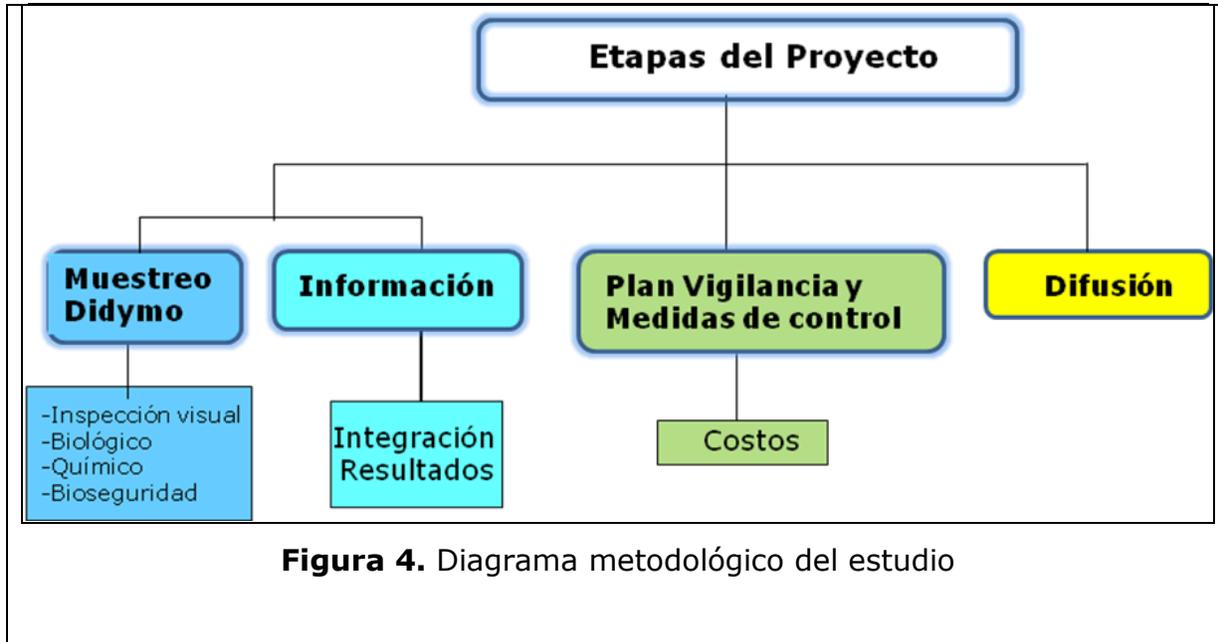
- Prospeccionar la presencia de *D. geminata* en ríos seleccionados.
- Determinar los parámetros físicos y químicos en cada río prospectado y efectuar su análisis para determinar asociación con *D. geminata*.
- Proponer, en base a los resultados, un programa de vigilancia y monitoreo para la región, considerando su evaluación económica.
- Proponer, en base a los resultados, medidas específicas de control, considerando su evaluación económica.
- Realizar un taller de difusión con entrega de la información en cada región.

3 METODOLOGÍA DE TRABAJO POR ACTIVIDAD

3.1 Coordinación

Se coordinaron las actividades de prospección y coordinación general del proyecto en una reunión de inicio con la contraparte técnica del Departamento de Acuicultura de la Subsecretaría de Pesca, conforme a los términos de referencia. En la Fig. 4 muestra en un diagrama, las distintas etapas involucradas en el desarrollo del proyecto.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos



3.1 Información General

Se discutió en una reunión de coordinación al inicio del proyecto, la fecha de inicio de las prospecciones, tomando el acuerdo de realizarlas en la época de otoño (mes de Mayo) previo a los meses de altas precipitaciones característicos de los meses invernales, según el clima.

En este sentido, la región de La Araucanía posee un clima lluvioso con precipitaciones totales anuales superiores a 1.300 mm y sobrepasa los 2.200 mm en algunos sectores específicos como por ejemplo Panguipulli y Corral. En la Región se presentan dos subtipos climáticos: el templado lluvioso con influencia mediterránea y el templado frío de costa occidental con máximo de precipitaciones en invierno. El primero contempla una temperatura media que sólo alcanza a 11º C. La homogeneidad del relieve produce reducidas amplitudes térmicas, pero se generan diferencias de precipitaciones, que además se ven influenciadas por la altura y la latitud. Cercano al mar las lluvias superan los 2.000 mm (Niebla-Corral), descienden a menos de 1.900 mm en Valdivia (Pichoy), descienden más aún en Osorno (1.330 mm.) por los efectos de la Cordillera. Hacia la Cordillera de los Andes aumentan y se presentan nevazones en invierno. La zona presenta influencia del fenómeno de

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

La Niña lo que muestra un enfriamiento de la temperatura superficial del mar frente a las costas de Chile (de ~ 0.5 °C más bajo de lo normal), esto se va debilitando a partir de marzo, y según los modelos de pronóstico se señala que entrará en una fase neutra para los meses de abril y junio, con tendencia a regularizar el régimen de precipitaciones a partir de la segunda quincena de junio, y con una pluviometría normal a ligeramente deficitaria para este año 2011.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

3.2 Actividades de Muestreo

En la Tabla 3 se muestran las distintas actividades llevadas a cabo en el marco del proyecto.

Tabla 3. Actividades para prospección de *Didymosphenia geminata*.

Actividades	
Inspección visual	Registro fotográfico
	Desarrollo "Ficha de terreno"
Mediciones de parámetros <i>in situ</i> y química de agua	Parámetros <i>in situ</i>
	Toma de Muestras de agua superficial para análisis
	Determinación de caudal
Recolección de biota acuática	Fitoplancton
	Fitobentos
Bioseguridad	Aplicación de procedimiento de desinfección para todos los materiales usados según Protocolo (RES Ex 332 para limpieza y desinfección, SUBPESCA/POCH-UCHILE, 2010).

3.2.1 Selección de sitios de muestreo

3.2.2 Criterios de selección de los tramos a prospectar

Entre los criterios de selección de los sitios de muestreo estarán al menos:

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

- Ríos contemplados en las Tabla 4A y 4B.
- Revisión de antecedentes de sitios prospectados sobre presencia de *D. geminata* acorde a las regiones especificadas (Estudios previos).
- Sitios donde se desarrollen actividades antrópicas tales como: actividades de pesca extractiva y/o acuicultura, deportivas, turística, poblados, etc.
- Sitios que dada sus características podrían ser críticos, con probabilidades de presentar Didymo, según características hidráulicas, físicas y químicas (Kilroy,2004; Kilroy& Dale, 2006; Spaulding & Elwell, 2007; I. Técnico D.A.C.2064/2010).
- Sitios vulnerables ambientalmente, como por ejemplo, zona de descarga, residuos, condiciones hidrológicas y geomorfológicas.
- Sitios accesibles en cuanto al ingreso al sitio de muestreo y condiciones favorables (por ejemplo tipo de sustrato) para realizar el muestreo de diatomeas y de calidad de agua.
- Aquellos sectores de los ríos considerados como de acceso al público.
- Considerar un muestreo que resulten representativos en relación a la extensión total del cuerpo de agua, para incorporar la variabilidad espacial.
- Condiciones meteorológicas e hidrológicas aptas, para realizar la prospección. De acuerdo a la fecha de tramitación del estudio el muestreo deberá ser lo más pronto posible de la fecha de adjudicación y en el más breve plazo posible.
- Condiciones aptas para efectuar el muestreo con los requisitos de seguridad correspondientes.
- Sitios donde se detecte la presencia de Didymo.
- Disposición de afluentes.
- Los puntos deben ser debidamente georreferenciados.

Las actividades de muestreo para cada sitio se realizarán de acuerdo a lo indicado en el I. Técnico D.AC. N° 2064/2010 y Kilroy & Dale, 2006, SUBPESCA/POCH S.A.-U.Chile 2010. Este consiste en una Inspección visual, muestreo bentónico y pelágico con colecta de muestra biológica.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

3.3 Estaciones de muestreo en los ríos prospectados

El área de estudio correspondió a las cuencas de las regiones de Los Ríos y La Araucanía. Los ríos prospectados en las cuencas de ambas regiones se indican en la Tabla 4.

Tabla 4. Ríos prospectados en regiones de La Araucanía y Los Ríos.

Región	Cuenca	Río	Coordenadas WGS84 (Lat/Long)
La Araucanía	Río Imperial	Chol-chol	S 38° 23'40,5" W 72° 56'47,2"
	Río Imperial	Cautín	S 38° 26'34,4" W 72° 12'08,4"
	Río Bío Bío	Luicura	S 38° 39'55,1" W 71° 02'10,8"
	Río Imperial	Imperial	S 38° 41'56,2" W 73° 15'12,8"
	Río Bío Bío	Bío bío	S 38° 42'26,8" W 71° 12'55,4"
	Río Toltén	Allipén	S 39° 00'01,2" W 72° 23'14,4"
	Río Toltén	Toltén	S 39° 00'43,8" W 72° 56'56,4"
	Río Toltén	Trancura	S 39° 30'49,9" W 71° 32'36,9"
Los Ríos	Río Valdivia	Llancahué	S 39° 34'41,1" W 71° 57'48,7"
	Río Valdivia	Zahuil	S 39° 36'07,5" W 72° 13'17,5"
	Río Valdivia	Guenehue	S 39° 36'42,9" W 72° 13'55,5"
	Río Valdivia	Reyinahue	S 39° 41'46,2" W 71° 53'06,0"
	Río Valdivia	Neltulme	S 39° 41'59,6" W 71° 58'31,5"
	Río Valdivia	Cua-cua	S 39° 42'19,7" W 71° 54'10,6"
	Río Valdivia	Mañío	S 39° 42'45,9" W 72° 24'09,8"
	Río Valdivia	Liquiñe	S 39° 44'16,3" W 71° 51'00,2"
	Río Valdivia	Llanquihue 2	S 39° 49'10,7" W 72° 04'52,5"
	Río Valdivia	Llanquihue	S 39° 49'37,3" W 72° 02'32,1"
	Río Valdivia	Enco	S 39° 54'28,0" W 72° 09'34,7"
	Río Valdivia	Blanco (en Enco)	S 39° 54'30,8" W 72° 08'58,4"
	Río Valdivia	Hua-hum	S 40° 02'02,3" W 71° 42'51,4"
	Río Bueno	Florín	S 40° 07'12,8" W 72° 11'46,8"
	Río Bueno	Caunahue	S 40° 07'12,9" W 72° 12'11,9"
Río Bueno	Blanco	S 40° 11'30,9" W 72° 00'27,3"	

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

	Río Bueno	Chihuío **	S 40° 11'31,3" W 71° 56'10,4"
	Río Bueno	Curriñe	S 40° 12'47,6" W 72° 00'07,1"
	Río Bueno	Cumilahue	S 40° 13'03,2" W 72° 08'35,1"
	Río Bueno	Calcurrupe	S 40° 13'28,7" W 72° 15'45,6"
	Río Bueno	Nilahue	S 40° 16'31,4" W 72° 11'35,4"
	Río Bueno	Hueinahue	S 40° 18'43,8" W 71° 59'11,3"
	Río Bueno	Bueno	S 40° 19'22,2" W 72° 53'22,2"
	Río Bueno	Riñinahue	S 40° 19'57,9" W 72° 14'20,1"

** Río Chihuío = Río Curringue

Los cuerpos de agua muestreados para la región de La Araucanía fueron ocho tal como se consideró en la propuesta original.

Para la Región de Los Ríos se prospectaron 24 cuerpos de agua según la propuesta original y se reemplazó el río Rupemeica por Blanco (Puente Blanco). El Río Curringue corresponde al río Chihuío, de acuerdo a la información proporcionada en terreno. Por último, desde el Río Llanquihue 2 sólo se obtuvieron mediciones *in situ*.

3.4 Inspección visual

- En las estaciones de muestreo fijadas y debidamente georreferenciadas se dispusieron transectos lo más representativo de los tramos de los ríos a muestrear, de al menos entre 25 m a 50 m según la accesibilidad al sitio de muestreo, dispuesto en forma paralela a lo largo del sector del río.

En el transecto se llevaron a cabo diversas actividades indicadas en la Tabla 3. Se realizó una inspección visual para determinar la presencia o ausencia de *Didymo* y estimación de cobertura (%). Se confeccionó una Ficha de terreno, previamente diseñada y de formato estándar para todos los sitios de muestreo, dirigido a la prospección de *Didymo* (SUBPESCA/POCH-U. Chile, 2010). Algunas de las observaciones fueron tipo de sustrato dominante, porcentaje de sombra, observaciones de la ribera, actividad antrópica, paisaje circundante, entre otros, para aportar a la descripción del sitio (ver Anexo 1) y de cada sitio de muestreo se tomaron registros fotográficos de cada sitio prospectado para la caracterización de este.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

- Algunas de las observaciones fueron tipo de sustrato dominante, porcentaje de sombra, observaciones de la ribera, actividad antrópica, paisaje circundante, entre otros, para aportar a la descripción del sitio (ver Anexo 1) y de cada sitio de muestreo se tomaron registros fotográficos de cada sitio prospectado para su caracterización.

Se resumió la información registrada en “Fichas de terreno” (Anexo 1) en una ficha por sitio de muestreo, para cada una de las dos regiones (Anexo 2), con los registros fotográficos respectivos. Se especifica los tipos de hábitat muestreados, presencia o ausencia del alga *Didymo*, cobertura (%), detalle de características de la masa algal, y todo lo que aporte para la caracterización del sitio. Se incorporarán a la descripción de cada sitio de muestreo los resultados de los análisis químicos indicados más adelante, para caracterizar cada estación,

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

3.5 Componente Biológico

3.5.1 Fitoplancton

Se tomaron muestras de fitoplancton en cada sitio de muestreo de acuerdo lo estipulado en el protocolo generado en SUBPESCA/POCH-U.Chile 2010.

Recolección de muestra

Se suspendió la red de fitoplancton de apertura de malla de 40 micras, en el flujo de agua del sitio de muestreo para realizar la recolección de fitoplancton con un esfuerzo de muestreo de 10 minutos, sugeridos por NIWA (Kilroy & Dale, 2006). El material recolectado se fijó con solución lugol (2 %) en un frasco tapado, sellado, etiquetado y transportado al laboratorio para su análisis. En este material, se determinó presencia de *D. geminata* y paralelamente, se determinó el fitoplancton acompañante por cada cuerpo de agua prospectado.

3.5.2 Diatomeas bentónicas

Recolección de muestra

En el transecto determinado para la prospección visual se tomó muestras del material rocoso en el sustrato dominante, realizando un muestreo integrado. Se seleccionó al azar una cantidad de sustrato dentro del transecto para el raspado de perifito, el cual se fusionó en una sola muestra representativa del sitio. Esta metodología permite capturar la variabilidad de todo el transecto (POCH-U.Chile, 2010).

Se raspó una superficie de perifiton según las condiciones del terreno, la cobertura algal, el hábito. Se usaron espátulas descartables para raspado del material rocoso y se recolectó el bentos en un frasco debidamente etiquetado y sellado, fijado con formalina al 4%. Se procesaron las muestras de cada cuerpo de agua recolectado en el laboratorio y se identificó la presencia de *D. geminata* bajo microscopía óptica, con un aumento mínimo de 400x.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Posteriormente se cuantificó la biomasa bentónica, registrando la superficie muestreada. Al conocer el área y/o volumen muestreado, los resultados se cuantificaron y se expresaron en células/mm² o células/mm³, según el área o volumen muestreado. (POCH-U.Chile, 2010; Díaz, Molina & Montecino, 2011).

3.6 Variables físicas y químicas

3.6.1 Medición de variables ambientales *in situ*

Se determinaron variables *in situ* en cada sitio de muestreo, según se indica en la Tabla 5. Las mediciones se realizaron en duplicado.

Tabla 5. Variables físicas y químicas a determinar *in situ*

Parámetro	Metodología
pH	Potenciométrico, equipo multiparámetro Hanna Instruments, Modelo pHep 4 (HI 98127); Rango de pH: 0,0 - 14,0; Resolución 0,1; Precisión ± 0,1.
Conductividad eléctrica (µS/cm)	Potenciométrico, equipo multiparámetro de Hanna Instruments Modelo Dist 5 (HI 98311); Rango de CE: 0 - 3.999 µS/cm; Resolución 1 µS/cm; Precisión ± 0,2% F.S.
Temperatura (°C)	equipo multiparámetro Hanna Instruments, Modelo pHep 4 (HI 98127); Rango de Temperatura 0,0 - 60,0 °C; Resolución 0,1 °C; Precisión ± 0,5% °C.
Oxígeno disuelto (mg/L)	Equipo oxigenómetro portátil YSI 85. Rango 0 a 20 mg/L; Resolución 0,01 mg/L; Exactitud ± 0,3 mg/L.

Todos los instrumentos fueron calibrados antes de su uso en terreno. Se usaran soluciones de referencia, obtenidas del laboratorio de POCH.S.A., sede Puerto Montt, que cuenta con sistema de aseguramiento de la calidad NCh-ISO 17025.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

3.6.2 Muestras de agua para análisis químico

Se tomaron muestras de agua superficial para la determinación de los componentes químicos a analizar en el laboratorio, los que se indican en la Tabla 6. El procedimiento de toma de muestras de agua superficial y preservación de ellas, se realizó de acuerdo a lo establecido en la NCh. 411/2 Of. 96, NCh 411/3 Of. 96 y NCh 411/6 Of. 98 y el análisis en el laboratorio de acuerdo a metodología APHA, Standard Methods, (2005). Las muestras de agua fueron analizadas en el laboratorio de Limnoquímica de la Fac. Cs., U. de Chile y en laboratorio Agriquem (AGQ) acreditado a la NCh 17025, Of. 2005.

Tabla 6. Metodología de parámetros químicos a determinar en el laboratorio.

Componentes	Método
Calcio	SM 3120 B en Standard Methods 21 th 2005.
Nitrato	Método colorimétrico, en Standard Methods, 21 th Ed., 2005
Nitrito	Método colorimétrico, en Standard Methods, 21 th Ed., 2005
Fósforo orgánico	SM 3120 B en Standard Methods, 21 th Ed., 2005
Fósforo inorgánico	SM 3120 B en Standard Methods, 21 th Ed., 2005
Silicato	4500-SiO ₂ en Standard Methods 21 th Ed., 2005
Sólido en suspensión	SM 3120 B en Standard Methods, 21 th Ed., 2005
Turbidez	SM Ed. 21 2130 B

3.6.3 Análisis de resultados físicos y químicos

Los resultados fueron analizados aplicando estadística multivariada, usando el Software XLSTAT 7.5.2 (Addinsoft). Para ello, se efectuó un análisis de la distribución de los ríos prospectados en base a los resultados de variables físicas y químicas, mediante una técnica jerárquica aglomerativa "Average Linkege" usando como medida de similitud las distancias Euclidean.

Se establecieron correlaciones entre las variables físicas y químicas y los ríos prospectados para poder discriminar el aporte en peso de las variables al

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

ordenamiento espacial y por tanto a establecer distribuciones entre los ríos prospectados.

3.6.4 Determinación de caudal

En cada tramo de los ríos muestreados se estimó el caudal Q (m^3/s). Para esto, se midió el ancho superficial, además de la velocidad media y la altura de la columna de agua en diferentes puntos, lo que derivó en la división de cada río en diferentes tramos. En cada uno de éstos se estimó un perfil batimétrico con lo que se calculó el Área transversal (m^2) y la velocidad media en el tramo se obtiene en base a la velocidad superficial (m/s), que se obtuvo por medio de la estimación del recorrido de un derivador en un tramo entre 10 a 25 m, según la longitud del tramo establecida por cada sitio. Cabe destacar que la velocidad superficial se pondera por 0,85 (Dingman, 1994) y se obtiene la velocidad media. Con el perfil batimétrico y la determinación de la velocidad media se calculó el caudal en cada sector, para finalmente obtener la estimación del caudal total mediante la suma de sus parciales.

3.7 Bioseguridad en el muestreo

Se aplicó el procedimiento de limpieza y desinfección según RES Ex 332, NIWA, Protocolo SubPesca/Poch-UChile, 2010, basado en las medidas de bioseguridad de Nueva Zelanda (<http://www.biosecurity.govt.nz/Didymo>). El procedimiento se llevó a cabo en todas las actividades de muestreo y en los implementos usados para el muestreo: inspección visual, recolección biológica, variables físicas y químicas, determinación de variables *in situ* según las soluciones especificadas, preferentemente compuesta de Sal y Cloro bajo la concentración y tiempo indicado en los documentos citados anteriormente, para evitar propagación y transporte, dispersión de células, diseminación de posibles células vivas. Los frascos y contenedores de las muestras fueron debidamente sellados para prevenir su vertido. El material previamente desinfectado reutilizado se lavó primero antes del próximo muestreo para

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

evitar posibles alteraciones de las futuras muestras a recolectar, con células inviábiles. Al término de cada día de muestreo el material fue lavado y secado. Las soluciones una vez ocupadas fueron eliminadas lejos del cuerpo de agua en sitios sin riesgo de dispersión. Se mantuvo un registro de las desinfecciones efectuadas durante el desarrollo del estudio.

3.8 Actividades antrópicas

Se registraron las actividades antrópicas por sitio de muestreo, junto a recopilación de información disponible que fue incorporada en cada ficha en el trabajo de gabinete. Esta información más los antecedentes disponibles y los resultados obtenidos del análisis de la prospección, aportaron a una propuesta de categorización de los sitios muestreados en función del riesgo (alto, medio, bajo).

Se registró en la ficha de terreno diversos usos del sector en la cuenca de acuerdo a la información disponible, observaciones de perturbaciones antrópicas, impactos, actividades productivas, características de acceso, entre otros.

3.9 Cartografía

Se realizó una cartografía temática para el mapa de distribución de los ríos con las estaciones muestreadas. Se estructuró un mapa de riesgo descriptivo de *Didymo* en los cuerpos de agua seleccionados por cada región prospectada. Se representó gráficamente la presencia o ausencia del *Didymo* en los tramos estudiados basado en los resultados de una matriz que incorporó variables limnológicas, físicas, químicas y de uso, útiles para la categorización de riesgo. Se consideró la información a recopilar en la prospección de cada sitio e información disponible que aporte a este objetivo, tal como localización del tramo, patrón ecológico documentado, entre otros. Se consideró la información por cada sitio que pudiese indicar una potencialidad de riesgo, basado en publicaciones científicas, y generadas en los estudios específicos realizados para *Didymo* (Molina y col., 2011; Kilroy *et al.*, 2006; de SERNAPESCA).

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

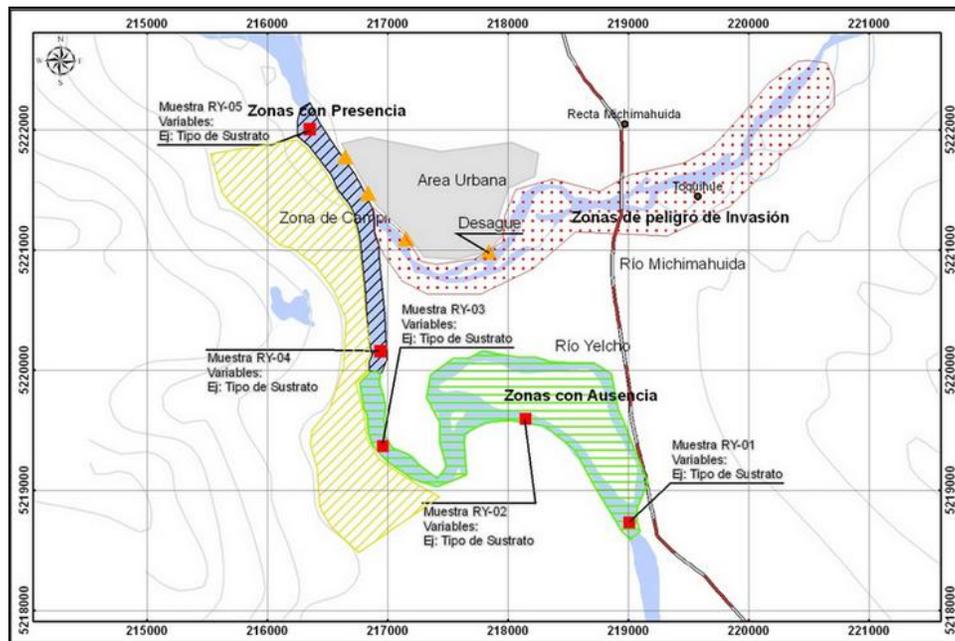


Figura 5. Ejemplo de estructura de planos de datos.

Pasos Metodológicos

a) Generación de capas de información y subunidades temáticas: La información se trabajó en formato Shape, a través del software Arcgis 9.3, el cual fué apoyado técnicamente con la generación y modificación de información a través de Autocad Lt 2010. La información se agrupó en un formato de "geodatabase" en orden según su unidad temática, y cada archivo shape se diseñó en una base de datos con la información requerida para agregar o actualizarla posteriormente.

b) Características de la información: La información se procesó en coordenadas UTM normalizadas a un solo DATUM (WGS 84) y huso 18 sur con el propósito de mantener una base de información estructurada.

c) Procesamiento de la información: Los criterios y las variables para el procesamiento de la información se basaron en lo siguiente:

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

- **Identificación de *D. geminata*:** Presencia /ausencia de *D. geminata*.
- **Generación de Base de Datos:** Se estructuró la base de datos asociada a cada shape, que indica presencia/ausencia de Didymo. Esto permitió confeccionar los mapas de resultados (Anexo 7), y de Seguimiento y Vigilancia (Anexo 9).
- **Clasificación de niveles de riesgos:** En función de las variables analizadas y de los resultados finales se procedió a caracterizar cada punto según los criterios de niveles de riesgos (alto, medio y bajo), representado mediante un color definido. Se valoró la información de presencia/ausencia de diatomeas, los usos antrópicos, las condiciones limnológicas, tipo de sustrato, condiciones ecológicas, entre otros.
- **Salida Gráfica:** Se elaboraron planos de cada cuerpo de agua seleccionada, identificando:
 - Ubicación de las muestras y la descripción de la presencia o ausencia de acuerdo a la condición, en los tramos de los ríos muestreados.
 - Mapa general con la categorización de riesgo de Didymo (alto, medio, bajo), de acuerdo a la información generada, disponible y resultados de la matriz de riesgo Didymo.

3.10 Análisis de resultados

Los resultados físicos y químicos fueron analizados aplicando estadística multivariada, usando el Software XLSTAT 7.5.2 (Addinssoft).

Se efectuó un análisis de la distribución de los ríos prospectados en base a los resultados de variables físicas y químicas, mediante una técnica jerárquica aglomerativa "Average Linkege" usando como medida de similitud las distancias Euclidiana.

Se establecieron correlaciones entre las variables físicas y químicas y los ríos prospectados para poder discriminar el aporte en peso de las variables físicas y químicas al ordenamiento espacial y por tanto a establecer distribuciones entre los ríos prospectados. Como también correlaciones entre

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

las variables físicas y químicas con variables biológicas, para analizar presencia/ausencia de patrones de distribución de *Didymo*.

Con los datos obtenidos en los análisis biológicos (bentos y plancton) se calcularon los índices comunitarios de diversidad de Shannon-Wiever, de equitatividad de Evenness y de similitud de Jaccard. Además, tanto para la comparación de los recuentos biológicos con los resultados de análisis químicos, se utilizó el software PAST, versión 2.01. Se aplicaron análisis exploratorios: Cluster utilizando distancia Euclidiana (Single Linkage) y Análisis de Componentes Principales, utilizando el mismo programa.

4 RESULTADOS: ETAPA 1-PROSPECCIÓN

4.1 Inspección visual

Para la descripción de los diversos sitios de muestreo se resumió la información en las fichas de sitio de muestreo (Anexo 2). Se incorporaron observaciones hidromorfológicas, ecológicas y ambientales, y registros fotográficos de cada sitio de muestreo.

Para las regiones de La Araucanía y Los Ríos no se observó *D. geminata* en ninguno de los cuerpos de agua prospectados.

4.2 Componente físico y químico

4.2.1 Parámetros registrados *in situ*

En relación a los parámetros medidos *in situ* registrados para la Región de la Región de La Araucanía, Las aguas resultaron con concentraciones de oxígeno adecuadas para el desarrollo de la biota por sobre 5 mg/L, el valor mínimo fue de 8,9 mg/L en el río Imperial. El pH de los ríos se presentó variable entre 5,7 para los ríos Toltén y Trancura y 7,3 valor máximo registrado en el Río Bío Bío. La mayoría de los cuerpos de agua presentaron un pH de carácter ácido bajo 7.

Las conductividades eléctricas de los ríos prospectados fueron en general bajas, la menor conductividad presentada fue para el Río Luicura con 20,8 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y la mayor para el Río Imperial de 83,8 ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Respecto a las temperaturas estas fueron bajas fluctuando entre 0,2 °C para el Río Luicura y 10,6 °C para el Río Toltén. Respecto a la velocidad los registros fluctúan entre 0,3 m/s para el Río Chol -Chol y 1,6 m/s para los ríos Toltén y Allipén (Tabla 7). El Río Imperial no registró flujo.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Tabla 7. Parámetros determinados *in situ*, ríos de la región de La Araucanía.

Estacion de muestreo	Temperatura (°C)	Saturación oxígeno (%)	Oxígeno (mg/L)	pH	Conductividad (µS/cm)	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Coordenadas punto de muestreo	
								S	W
Chol-Chol	8	87,4	10,2	6,9	37,9	0,3	10	38° 23'40,5"	72° 56'47,2"
Cautín	7	95,4	11,7	6,3	42,5	0,8	69	38° 26'34,4"	72° 12'08,4"
Luicura	0,2	93,1	13,1	6,2	20,8	0,7	4,1	38° 39'55,1"	71° 02'10,8"
Imperial	9	78,6	8,9	6,8	83,8	S/F		38° 41'56,2"	73° 15'12,8"
Bío Bío	8	86,7	9,9	7,3	31,2	0,5	18,8	38° 42'26,8"	71° 12'55,4"
Allipén	10	98,9	10,9	6,2	48,5	1,6	145	39° 00'01,2"	72° 23'14,4"
Toltén	11	91,2	10,1	5,7	42,3	1,6	52,4	39° 00'43,8"	72° 56'56,4"
Trancura	5,5	90,2	11,2	5,7	41,1	1,1	11	39° 30'49,9"	71° 32'36,9"

S/F= Sin Flujo; *el caudal es un valor estimado en base a la determinación de la velocidad superficial *in situ*.

En la Tabla 8 se indican los parámetros medidos *in situ* para la Región de Los Ríos. Las aguas resultaron con concentraciones de oxígeno adecuadas para el desarrollo de la biota por sobre 5 mg/L, el valor mínimo fue de 7,0 mg/L para el Río Bueno. El pH de los ríos se presentó variable entre 5,3 para el Río Hua-Hum a 6,7 para el Río Llanquihue. Todos los cuerpos de agua presentaron un pH de carácter ácido bajo 7.

Las conductividades de los ríos prospectados fueron en general bajas, la menor conductividad presentada fue para el Río Zahuil con 11,9 (µS/cm) y el mayor valor para el Río Blanco (Puente. Blanco) con 68,5 (µS/cm). Respecto a las temperaturas estas fluctuaron entre 6,7 °C para el Río Mañío a 11,8 °C

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

para el Río Bueno. Respecto a la velocidad estas presentaron registros entre 0,3 m/s para el Río Mañío y 2,1 m/s para el Río Zahuil (Tabla 8).

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Tabla 8. Parámetros *in situ* de ríos prospectados en la región de Los Ríos.

Estaciones de muestreo	Temperatura (°C)	Saturación oxígeno (%)	Oxígeno (mg/L)	pH	Conductividad (µS/cm)	Velocidad (m/s)	Caudal (m³/s)	Coordenadas punto de muestreo	
								S	W
Llancahué	7,9	89,5	10,6	6,6	45,5	1,0		38° 23'40,5"	72° 56'47,2"
Zahuil	9,1	97,5	10,8	6,2	11,9	2,1		38° 26'34,4"	72° 12'08,4"
Huenehue	10,3	92,1	10,1	5,5	27,4	1,5		38° 39'55,1"	71° 02'10,8"
Reyinahue	7,0	90,8	10,9	5,8	24,6	0,6		38° 41'56,2"	73° 15'12,8"
Neltulme	6,8	90,8	10,8	6,6	20,9	0,7		38° 42'26,8"	71° 12'55,4"
Cua-cua	7,6	92,7	10,9	6,2	28,7	0,5		39° 00'01,2"	72° 23'14,4"
Mañío	6,7	90,8	10,8	6,6	14,3	0,3		39° 00'43,8"	72° 56'56,4"
Liquiñe	7,4	93,3	11,1	5,6	28,5	1,2		39° 30'49,9"	71° 32'36,9"
Llanquihue 2	9,1	95,3	10,7	6,7	31,5	1,3		39° 34'41,1"	71° 57'48,7"
Llanquihue	8,5	93,0	10,6	6,7	26,6	0,7		39° 36'07,5"	72° 13'17,5"
Enco	11,7	89,4	9,5	5,8	33,3	1,2		39° 36'42,9"	72° 13'55,5"
Blanco (en Enco)	6,8	94,3	11,4	5,9	30,7	0,9		39° 41'46,2"	71° 53'06,0"
Hua-hum	8,3	83,3	9,7	5,3	31,3	0,8		39° 41'59,6"	71° 58'31,5"
Florín	7,3	90,4	10,7	5,8	40,5	1,1		39° 42'19,7"	71° 54'10,6"
Caunahue	7,6	95,5	11,1	6,1	31,9	0,9		39° 42'45,9"	72° 24'09,8"
Blanco (Pte. Blanco)	8,5	89,3	10,3	6,7	68,5	0,8		39° 44'16,3"	71° 51'00,2"
Chihuío	6,9	93,9	10,7	6,4	36,7	0,6		39° 49'10,7"	72° 04'52,5"
Curriñe	8,3	91,8	10,6	5,7	41,6	1,1		39° 49'37,3"	72° 02'32,1"
Cumilahue	9,9	87,2	9,6	5,6	38,8	0,8		39° 54'28,0"	72° 09'34,7"
Calcurrupe	11,6	83,7	8,9	5,8	37,8	1,5		39° 54'30,8"	72° 08'58,4"
Nilahue	9,4	81,6	9,5	5,7	67,1	0,6		40° 02'02,3"	71° 42'51,4"
Hueinahue	7,1	98,8	11,7	5,7	35,8	0,4		40° 07'12,8"	72° 11'46,8"
Bueno	11,8	73,0	7,0	6,7	48,3	1,2		40° 07'12,9"	72° 12'11,9"
Riñinahue	10,5	84,1	9,0	5,8	52,3	0,4		40° 11'30,9"	72° 00'27,3"

*el caudal es un valor estimado en base a la determinación de la velocidad superficial *in situ*.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

En las Figuras 6 - 17 se muestran los datos *in situ* graficados de los registros para los ríos de las regiones de La Araucanía y Los Ríos, ordenados de norte a sur y separados por colores de acuerdo a la cuenca que pertenecen.

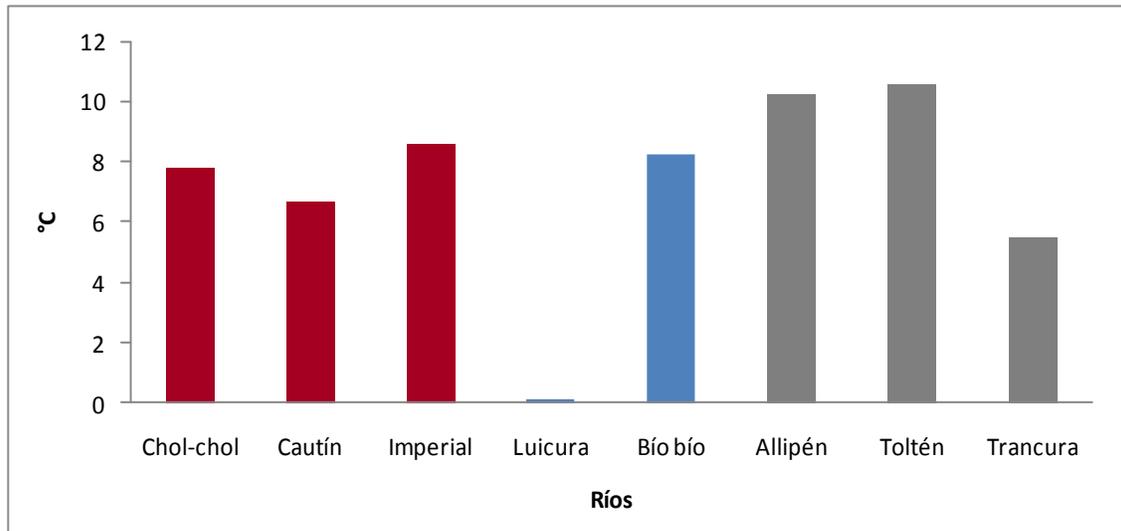


Figura 6. Temperatura °C, ríos de la región de La Araucanía

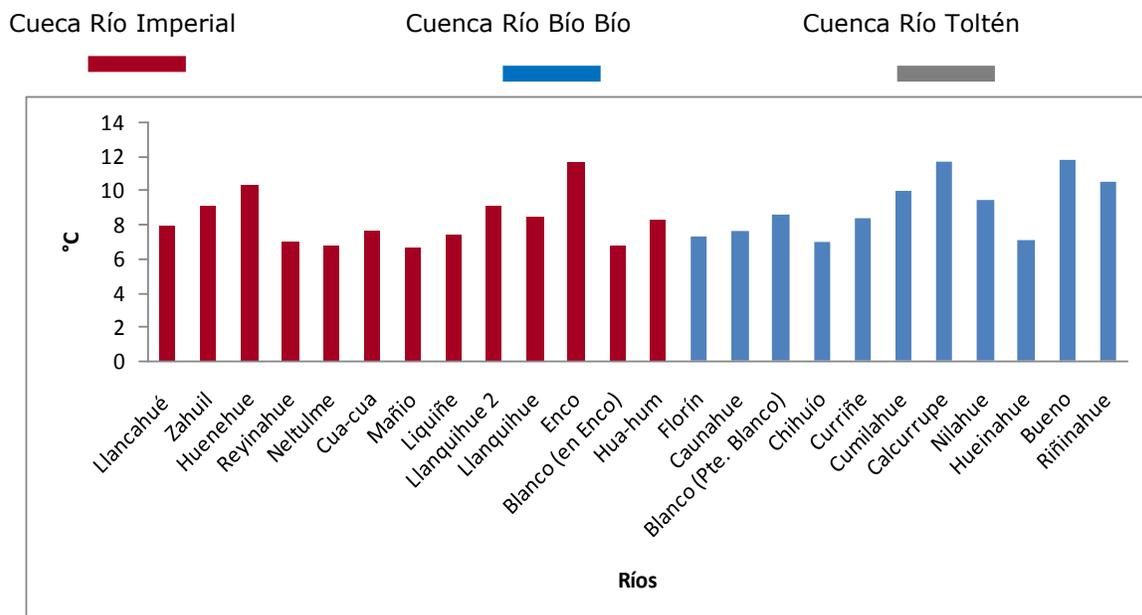


Figura 7. Temperatura °C, ríos de la región de Los Ríos.

Cuenca Río Valdivia

Cuenca Río Bueno

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

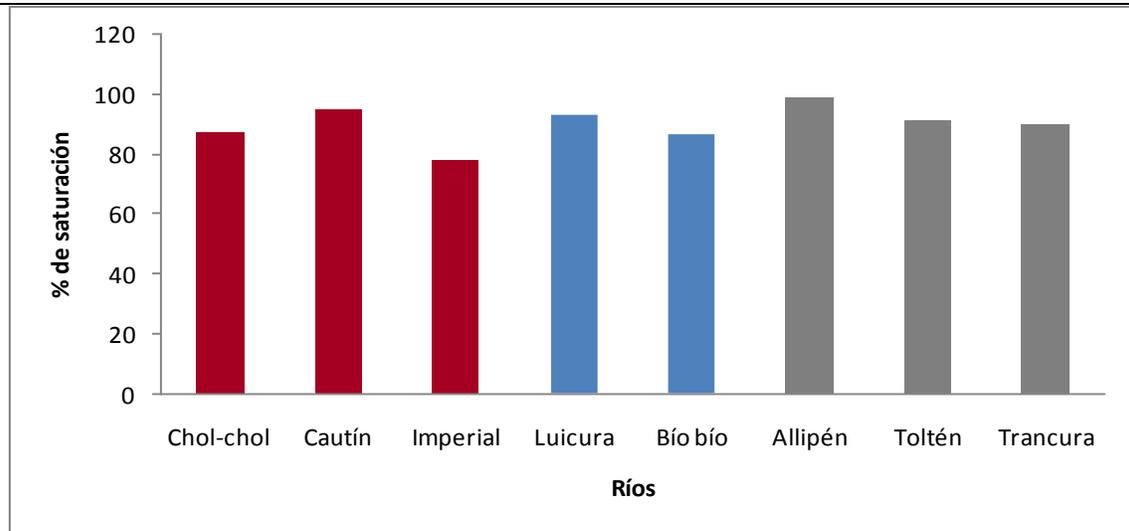


Figura 8. Saturación de oxígeno (%) ríos de la región de La Araucanía.

Cuenca Río Imperial



Cuenca Río Bío Bío



Cuenca Río Toltén

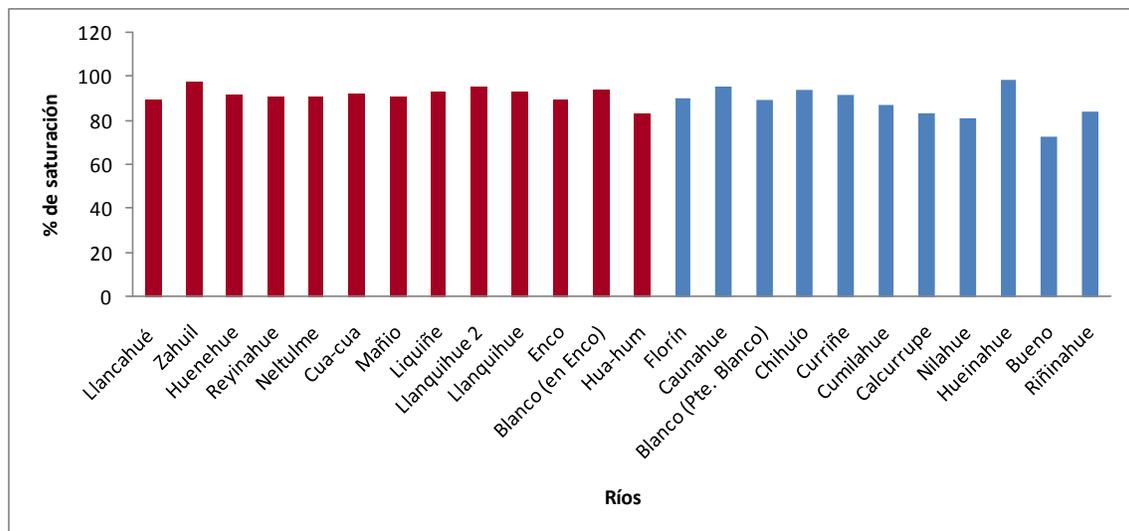


Figura 9. Saturación de oxígeno (%) ríos de la región Los Ríos.

Cuenca Río Valdivia



Cuenca Río Bueno



Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

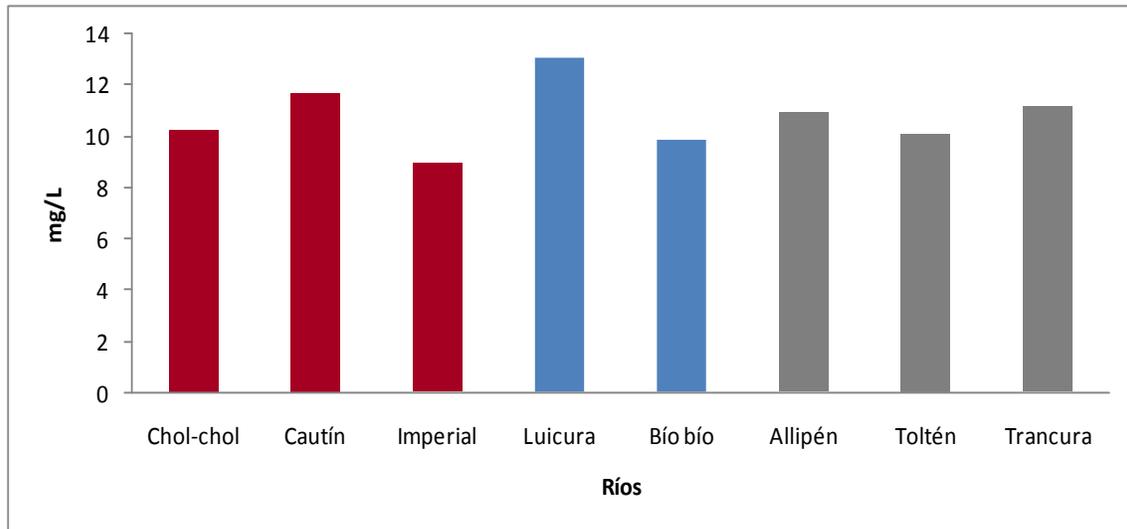


Figura 10. Oxígeno (mg/L) ríos de la región de La Araucanía.

Cueca Río Imperial



Cuenca Río Bío Bío



Cuenca Río Toltén

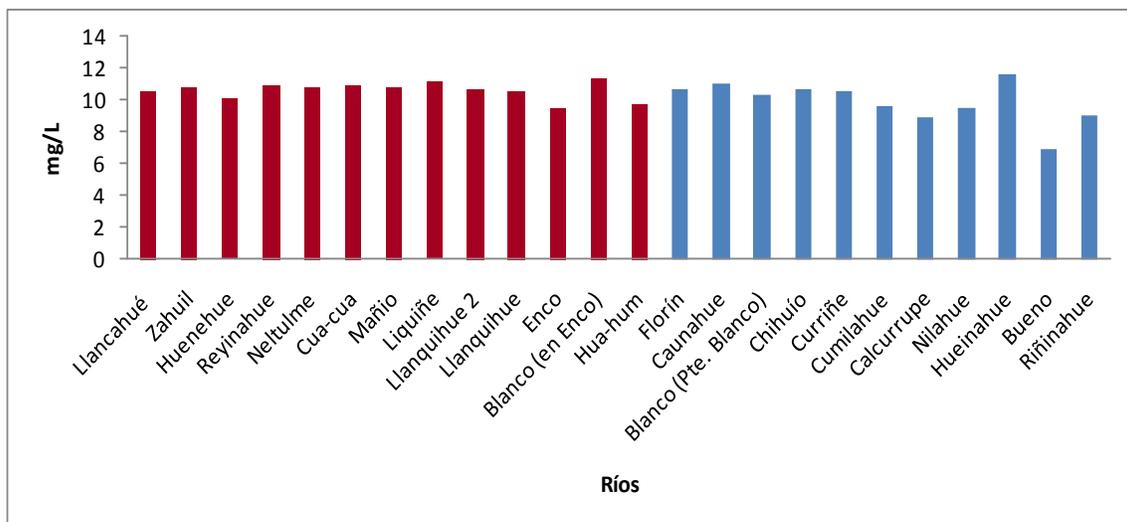


Figura 11. Oxígeno (mg/L) ríos de la región de Los Ríos.

Cueca Río Valdivia



Cuenca Río Bueno



Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

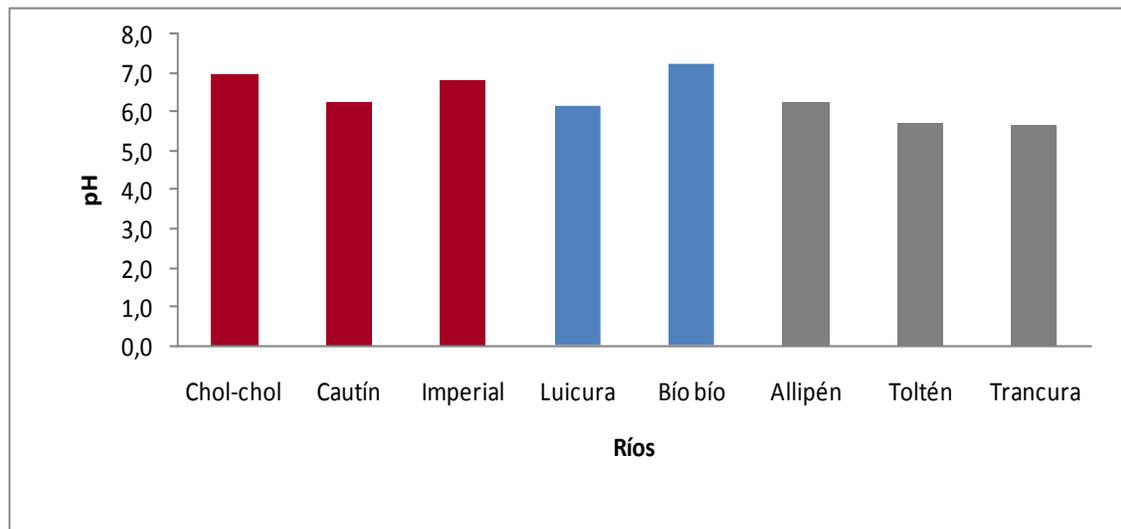


Figura 12. pH ríos de la región de La Araucanía.

Cueca Río Imperial



Cuenca Río Bío Bío



Cuenca Río Toltén

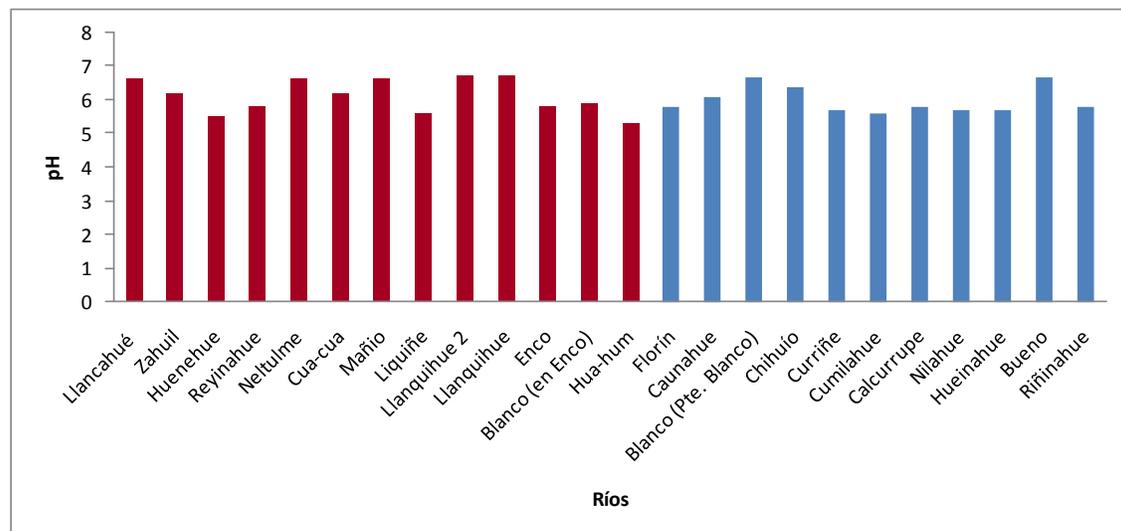


Figura 13. pH ríos de la región de Los Ríos.

Cueca Río Valdivia



Cuenca Río Bueno



Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

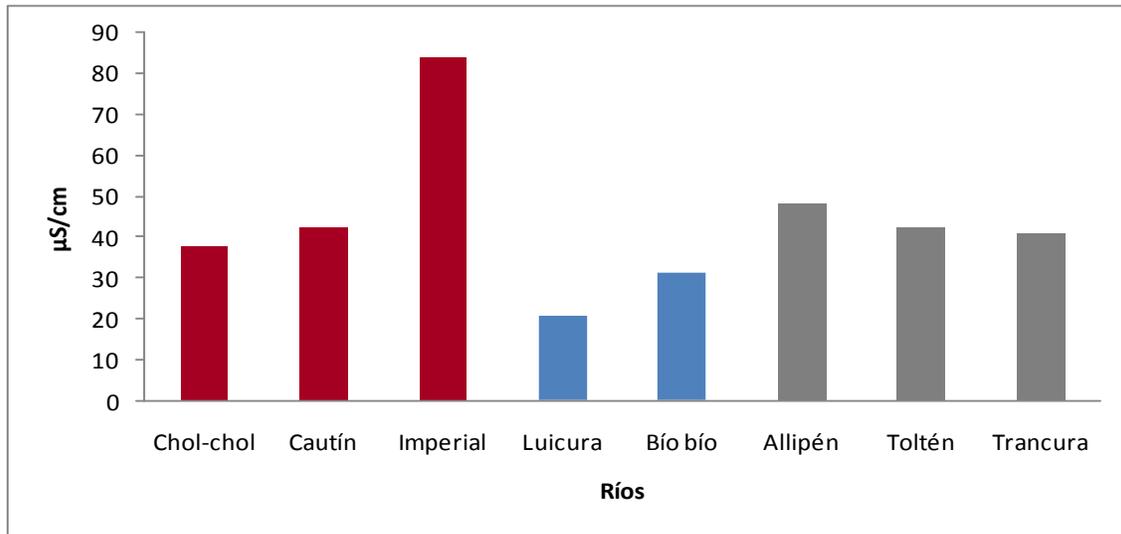


Figura 14. Conductividad (µS/cm) ríos de la región de La Araucanía.

Cueca Río Imperial



Cuenca Río Bío Bío



Cuenca Río Toltén

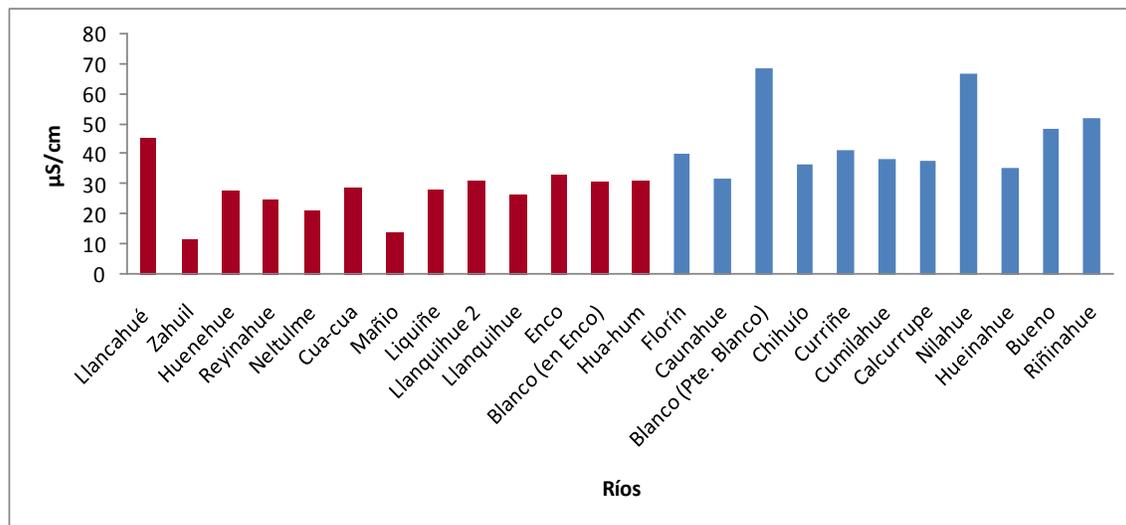


Figura 15. Conductividad (µS/cm) ríos de la región de Los Ríos.

Cueca Río Valdivia



Cuenca Río Bueno



Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

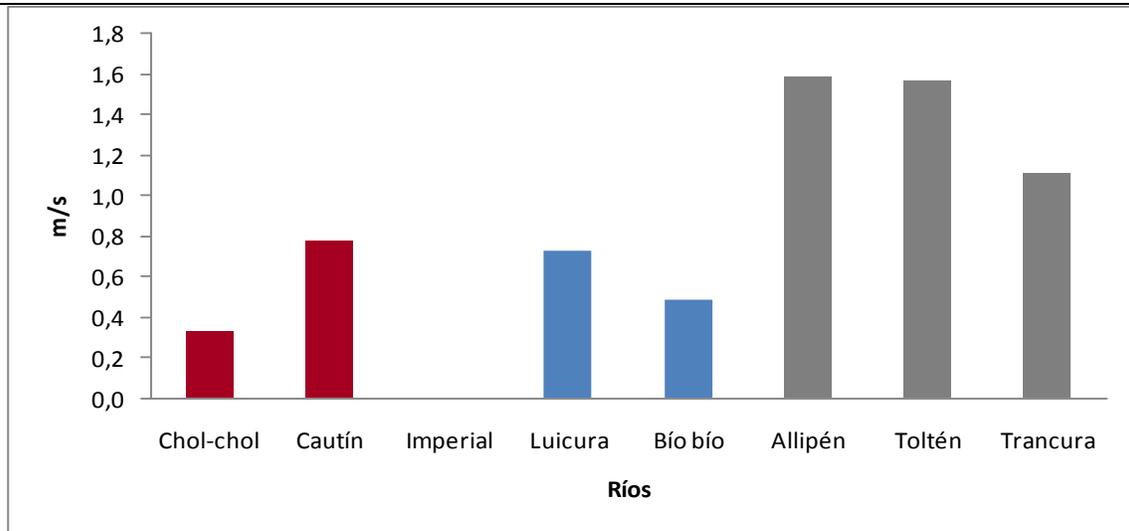


Figura 16. Velocidad superficial (m/s) ríos de la región de La Araucanía.

Cueca Río Imperial



Cuenca Río Bío Bío



Cuenca Río Toltén

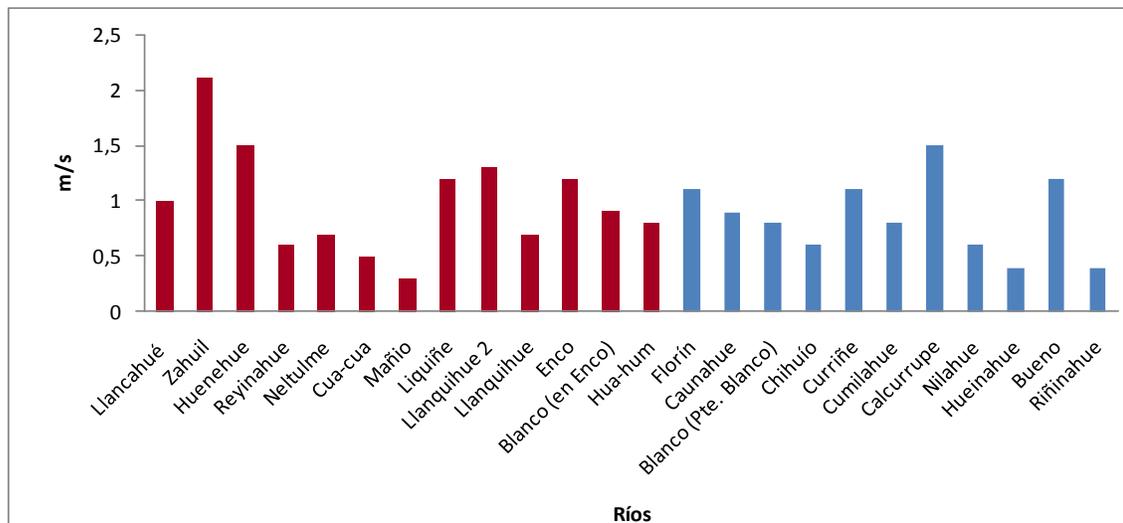


Figura 17. Velocidad superficial (m/s) ríos de la región Los Ríos.

Cueca Río Valdivia



Cuenca Río Bueno



Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

4.2.2 Análisis químico de agua superficial

Para la región de La Araucanía, el Calcio fluctuó entre 4,86 mg/L para el Río Cautín y 1,82 mg/L para el Río Luicura. Para Nitrato los valores fueron entre 0,09 mg/L para el Río Allipén a 1,11 mg/L para el Río Chol-chol, los ríos Bio bío y Luicura registraron valores bajo el límite de detección para el método de análisis.

Para el Nitrito y Fosforo (Inorgánico y orgánico) los valores fueron muy bajos para todos los cuerpos de agua según el análisis de laboratorio y se encontraron por debajo del límite de detección. Para nitrito el valor fue de < 0,13 mg/L y para las especies de fósforo fueron < 0,6 mg/L.

Para turbiedad los menores valores fueron para los cuerpos de agua de Luicura, Cautín, Toltén y Allipén con registros bajo el límite de detección del análisis (< 0,5 NTU). El mayor valor fue para el Río Chol-Chol siendo de 8,52 NTU. Para el parámetro sólidos suspendidos totales, los menores valores fueron para los ríos Bío bio, Chol-Chol, Toltén y Allipén con valores que estuvieron por debajo del límite de detección del análisis (< 2,7 mg/L), por el contrario, el mayor valor fue obtenido en los ríos Imperial y Luicura con 8 mg/L. Respecto al Sílice, los valores fluctuaron entre 41,87 en Río Chol-Chol a 83,25 mg/L en Río Trancura (Tabla 9).

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Tabla 9. Parámetros físicos y químicos de calidad de agua superficial de los ríos ubicados en la IX región de La Araucanía.

Estaciones de muestreo	Calcio	Nitrato	Nitrito	Fosforo Inorgánico	Fósforo Orgánico	Turbiedad	Sólidos Suspendidos Totales	Sílice
Unidades	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L
Chol-Chol	3,19	1,11	< 0,13	< 0,6	< 0,6	8,52	< 2,7	41,87
Cautín	4,86	0,15	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	3,00	80,60
Luicura	1,82	< 0,06	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	8,00	59,48
Imperial	3,54	0,74	< 0,13	< 0,6	< 0,6	6,94	8	56,84
Bío Bío	4,6	< 0,06	< 0,13	< 0,6	< 0,6	0,76	< 2,7	64,76
Allipén	3,94	0,09	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	70,04
Toltén	3,44	0,12	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	60,94
Trancura	4,06	0,16	< 0,13	< 0,6	< 0,6	0,5	4	83,25

Para la región de Los Ríos el Calcio fluctuó entre < 0,002 mg/L, valor menor al límite de detección del análisis para los ríos Zahuil y Mañío y casi nueve veces mayor para Río Florín siendo una concentración de 8,2 mg/L. Para Nitrato los valores fluctuaron entre < 0,06 mg/L, es decir, valores menores al límite de detección del análisis para los ríos Enco, Caunahue y Hueinahue y 0,44 mg/L registrado en el Río Bueno.

Para el Nitrito y Fosforo (Inorgánico y orgánico) los valores fueron muy bajos para todos los cuerpos de agua, según el análisis de laboratorio se encontraron por debajo del límite de detección. Para nitrito el valor fue de < 0,13 mg/L y para las especies de fósforo < 0,6 mg/L.

Para turbiedad los menores valores fueron para los siguientes cuerpos de agua: Llancahué, Reyehueico, Cua-cua, Neltume, Huenehue, Mañío, Llanquihue, Blanco, Hua-hum, Enco, Cunahue, Florín, Chihuío, Hueinahue, Blanco, Curriñe, Cumilahue, Calcurrupe, Reñinahue y Bueno, con valores por debajo del límite de detección del análisis (< 0,5 NTU). Por su parte, el mayor

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

valor fue para Río Nilahue con 2,02 NTU, pero hay que considerar el efecto de las cenizas del cordón del Caulle. Para los sólidos suspendidos totales, casi todos los ríos prospectados registraron valores que estuvieron por debajo del límite de detección del análisis (< 2,7 mg/L), sólo los ríos Llancahué y Reyehueico presentaron valores de 4 mg/L respectivamente.

Para sílice destacan por su alta concentración en comparación con los otros ríos prospectados en la región, los cuerpos de agua del Río Llancahué con 141,93 mg/L y Río Nilahue con 104,96 mg/L, por su parte, el Río Mañío registró la menor concentración con 19,57 mg/L. Hay que tomar en cuenta la influencia de cenizas de volcán para el caso del río Nilahue (Tabla 10).

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Tabla 10. Parámetros físicos y químicos de calidad de agua superficial de los ríos ubicados en la región de Los Ríos.

Estaciones de muestreo	Calcio	Nitrato	Nitrito	Fosforo Inorgánico	Fósforo Orgánico	Turbiedad	Sólidos Suspendedos Totales	Sílice
Unidades	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L
Llancahué	4	0,1	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	4,00	141,93
Zahuil	< 0,002	0,13	< 0,13	< 0,6	< 0,6	0,52	< 2,7	30,43
Huenehue	0,93	0,32	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	36,88
Reyinahue	2,53	0,09	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	4,00	52,73
Neltulme	1,36	0,25	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	29,25
Cua-cua	3,5	0,07	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	37,47
Mañío	< 0,002	0,35	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	19,57
Liquiñe	3	0,06	< 0,13	< 0,6	< 0,6	0,73	< 2,7	36,30
Llanquihue	2,36	0,08	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	60,06
Enco	3,43	< 0,06	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	38,94
Blanco (en Enco)	8,1	0,08	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	55,37
Hua-hum	5,6	0,17	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	32,48
Florín	8,2	0,08	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	39,52
Caunahue	6,19	< 0,06	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	30,13
Blanco	1,64	0,15	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	77,96
Chihuío	7,3	0,07	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	46,86
Curriñe	7,48	0,09	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	43,05
Cumilahue	6,51	0,15	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	46,27
Calcurrupe	4,12	0,06	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	46,57
Nilahue	7,36	0,25	< 0,13	< 0,6	< 0,6	2,02	< 2,7	104,96
Hueinahue	6,93	< 0,06	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	40,99
Bueno	4,81	0,44	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	41,87
Riñinahue	4,26	0,07	< 0,13	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 2,7	72,68

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Los valores de los parámetros físico químicos obtenidos desde los distintos ríos (*Ex situ*), se presentan en las Figuras 18 - 27. Éstos corresponden a los parámetros calcio, nitrato, turbiedad y sólidos suspendidos totales. No fueron graficados los parámetros: nitrito, fosforo inorgánico y fosforo orgánico por presentar valores menores al límite de detección del método de análisis del Laboratorio. Además los ríos se encuentran ordenados de norte a sur y separados por colores de acuerdo a la cuenca que pertenecen.

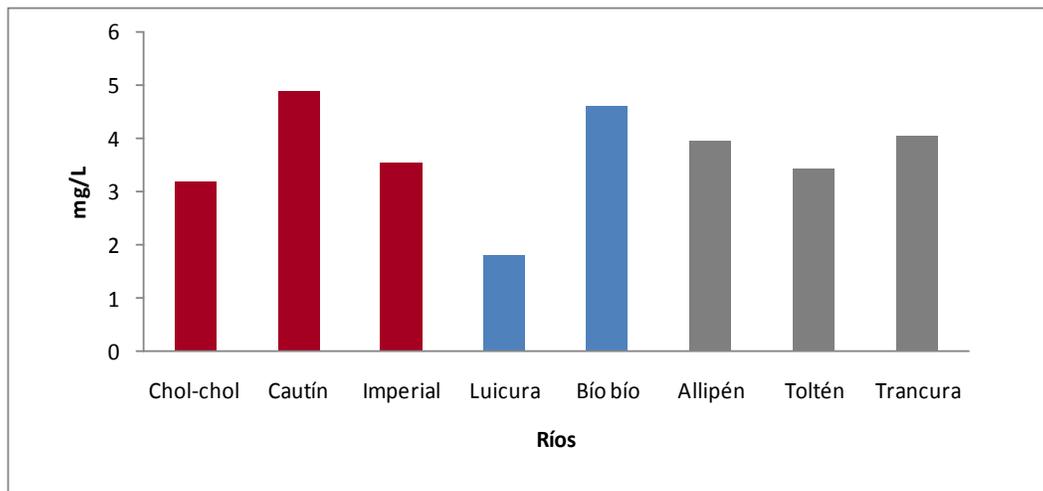


Figura 18. Calcio en los distintos ríos de la región de La Araucanía

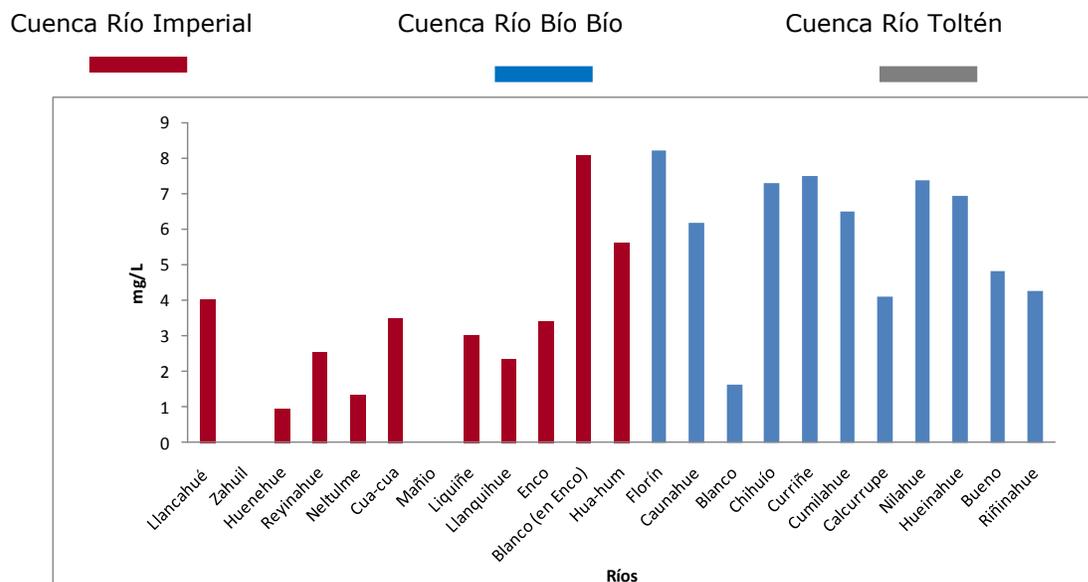


Figura 19. Calcio en los distintos ríos de la región de Los Ríos.

Cuenca Río Valdivia

Cuenca Río Bueno

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

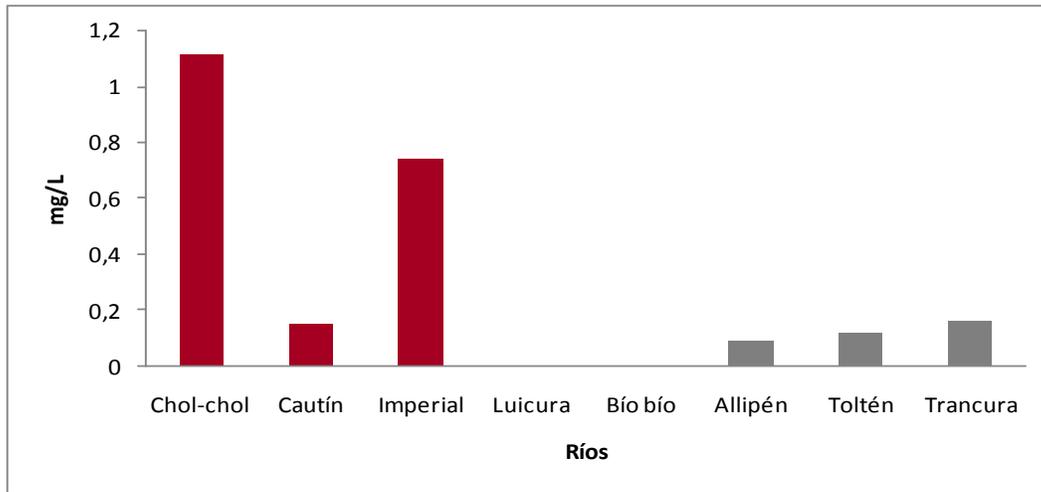


Figura 20. Nitrato en los distintos ríos de la región de La Araucanía

Cuenca Río Imperial



Cuenca Río Bío Bío



Cuenca Río Toltén

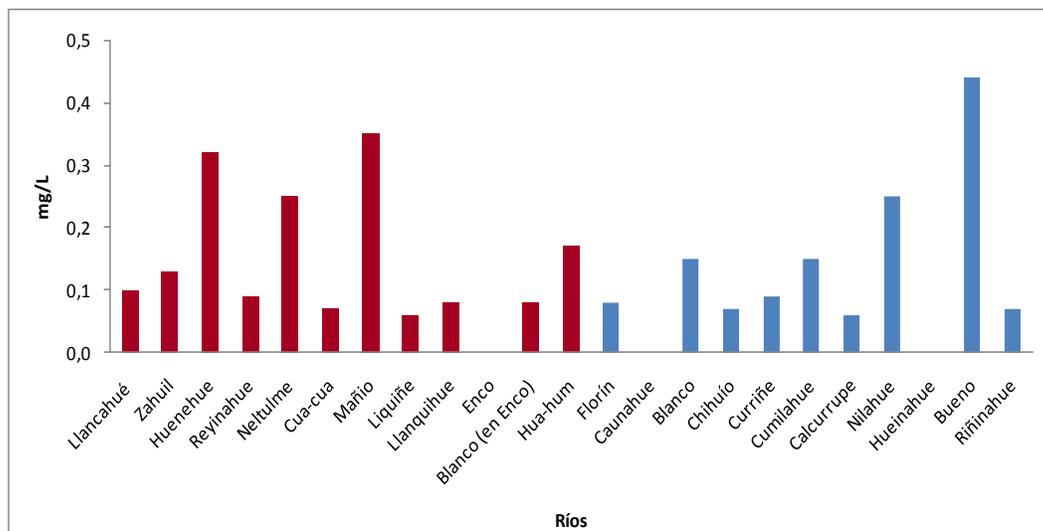


Figura 21. Nitrato en los distintos ríos de la región de Los Ríos

Cuenca Río Valdivia



Cuenca Río Bueno



Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

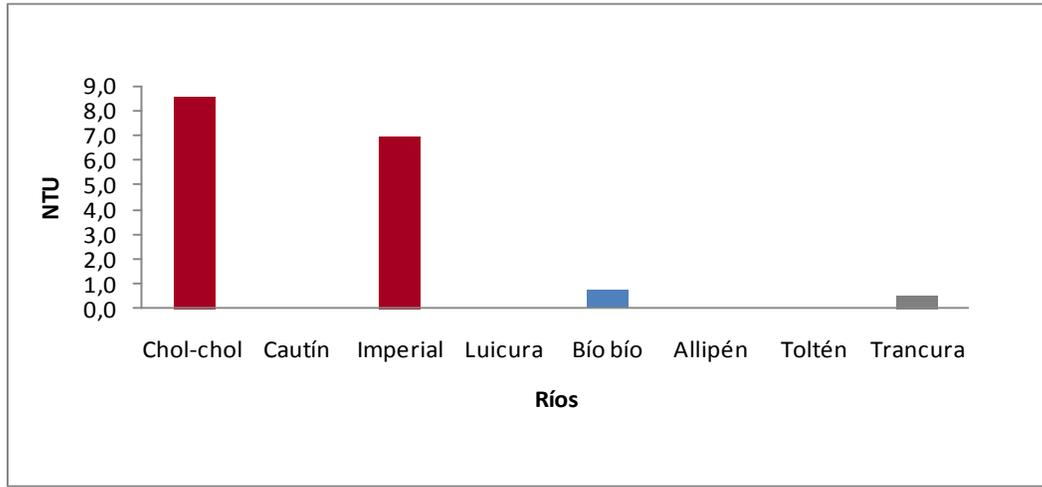


Figura 22. Turbiedad en los distintos ríos de la región de La Araucanía

Cuenca Río Imperial



Cuenca Río Bío Bío



Cuenca Río Tolten

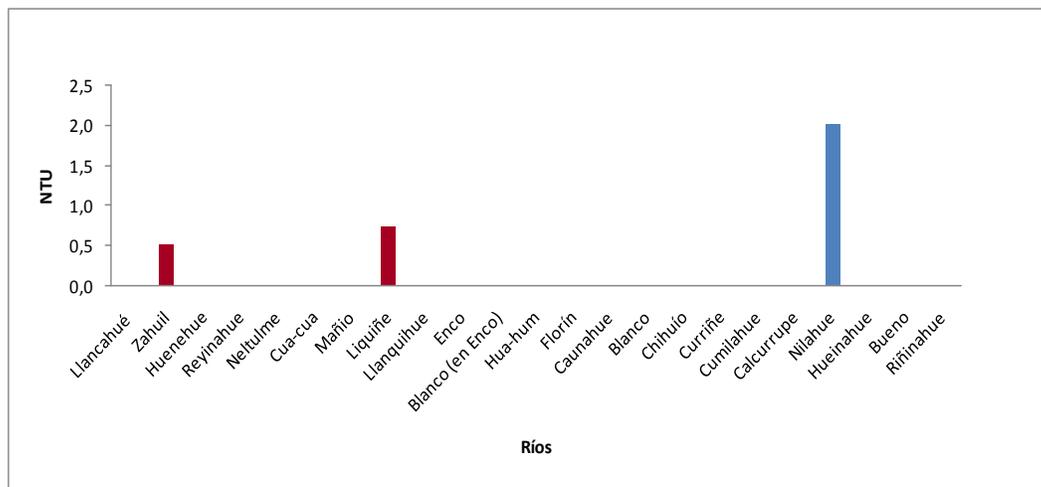


Figura 23. Turbiedad en los distintos ríos de la región de Los Ríos

Cueca Río Valdivia



Cuenca Río Bueno



Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

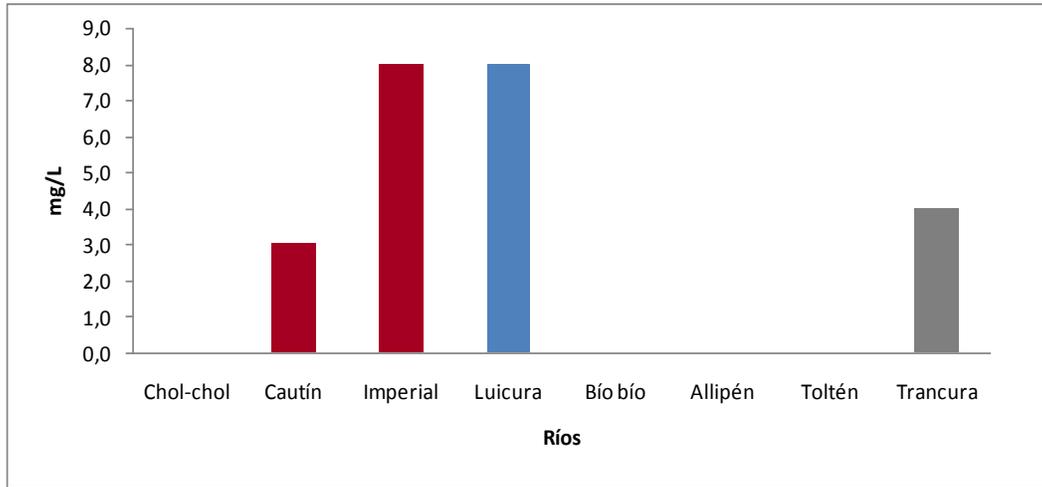


Figura 24. Sólidos Suspendidos Totales en los ríos de la región de La Araucanía.

Cuenca Río Imperial

Cuenca Río Bío Bío

Cuenca Río Tolten

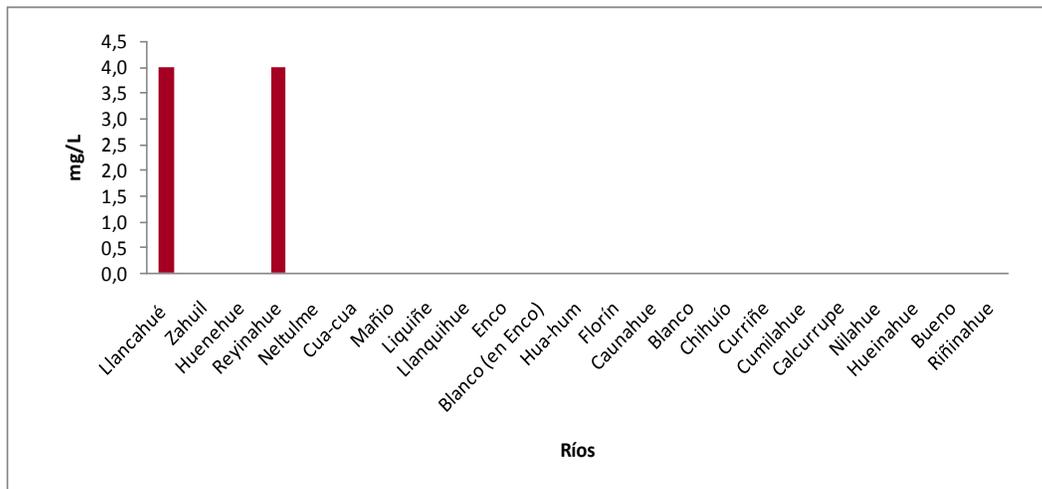


Figura 25. Sólidos Suspendidos Totales en los ríos de la región de Los Ríos.

Cuenca Río Valdivia

Cuenca Río Bueno

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

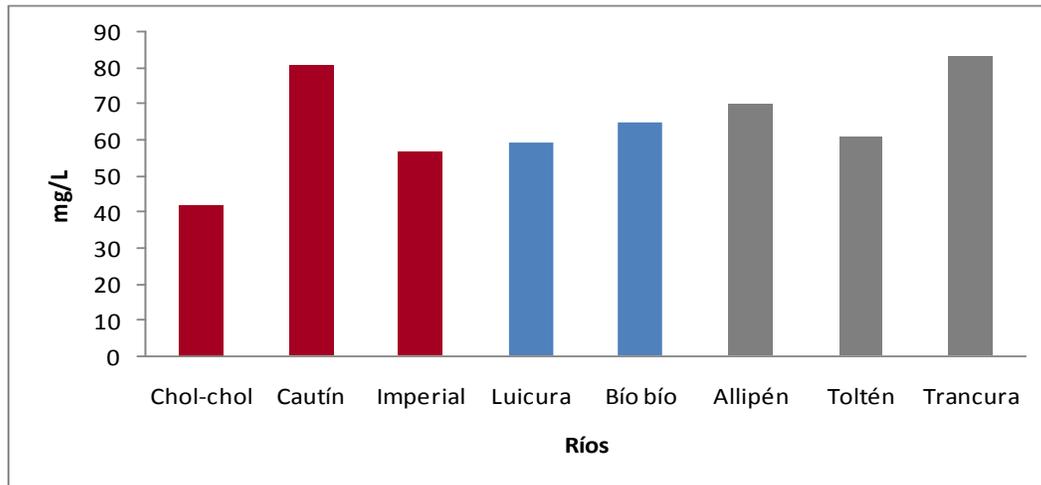


Figura 26. Sílice en los ríos de la región de La Araucanía.

Cuenca Río Imperial



Cuenca Río Bío Bío



Cuenca Río Tolten

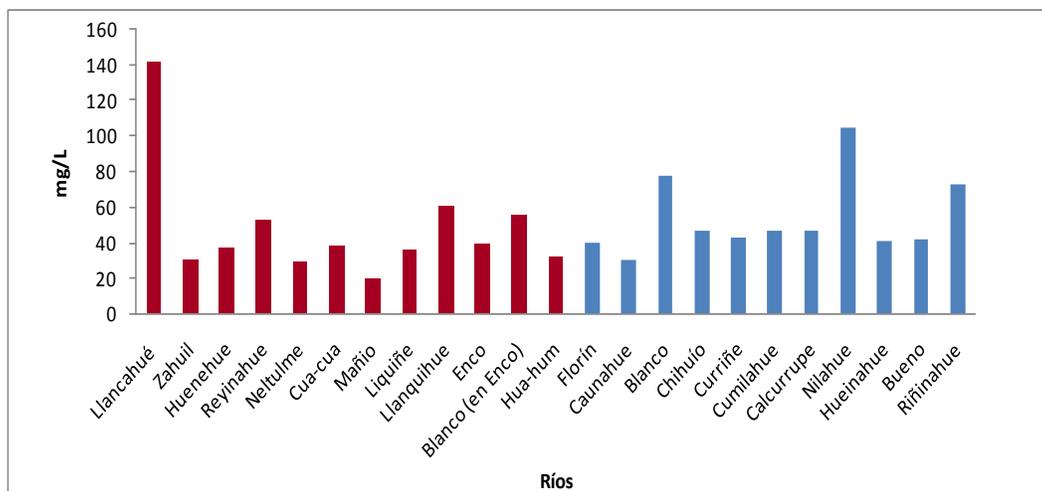


Figura 27. Sílice en los ríos de la región de Los Ríos.

Cuenca Río Valdivia



Cuenca Río Bueno



Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

4.3 Análisis de resultados físicos y químicos

4.3.1 Relación entre los ríos y parámetros físicos y químicos

Se efectuó un análisis de conglomerados (Cluster distancia Euclidiana) para visualizar agrupaciones entre los ríos prospectados, según características físicas y químicas para ambas regiones en conjunto y por cada región por separado.

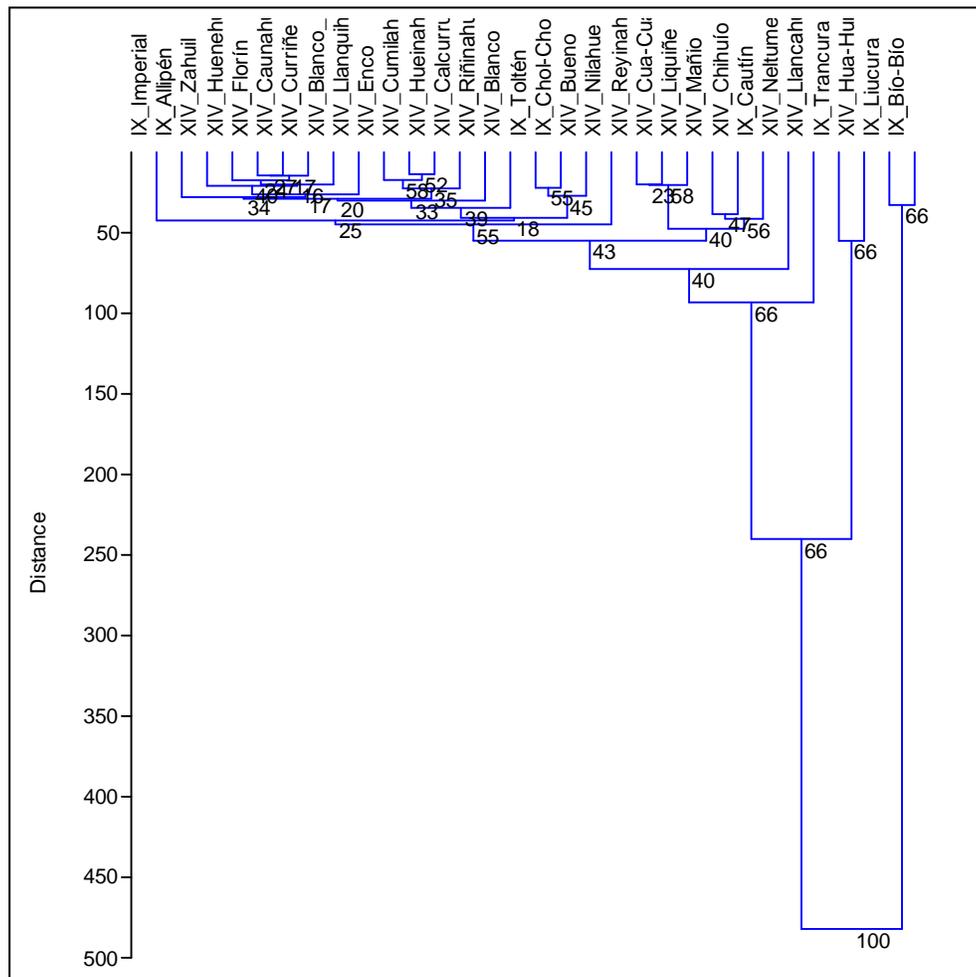


Figura 28: Cluster Distancia Euclidiana para el total de ríos muestreados, utilizando todas las variables físico-químicas.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

a) El análisis de cluster (Distancia Euclidiana; (Fig. 28), con todas las variables para el total de ríos prospectados, distingue significativamente del resto de los ríos al Bío-Bío y Liucura (asociados entre sí de la Región de La Araucanía), los ríos Trancura y Hua-Hum (asociados también entre sí de la Región de La Araucanía y los Ríos, respectivamente) y separa al Río Llancahué, de la Región de Los Ríos. El 84% restante de los ríos forman un grupo con características similares.

Posteriormente, fueron eliminadas del análisis las variables que presentaron un comportamiento constante, principalmente los nutrientes que tuvieron valores bajo el límite de detección en sus respectivos análisis, como también la variable Caudal, por ser una medida muy puntual en el tiempo de medición.

Se llevó a cabo un análisis de componente principales (ACP) para visualizar si era posible destacar algunas variables que podrían tener mayor importancia para los ríos prospectados (Fig. 29), considerando las variables físicas y químicas, (sin Altitud y Caudal). Se muestra una asociación de los ríos con combinaciones lineales de estas variables, destaca el Sílice y la Conductividad Eléctrica (CE), el componente 1 explica un 78.1% de la varianza y las variables con más peso resultaron ser Sílice y CE.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

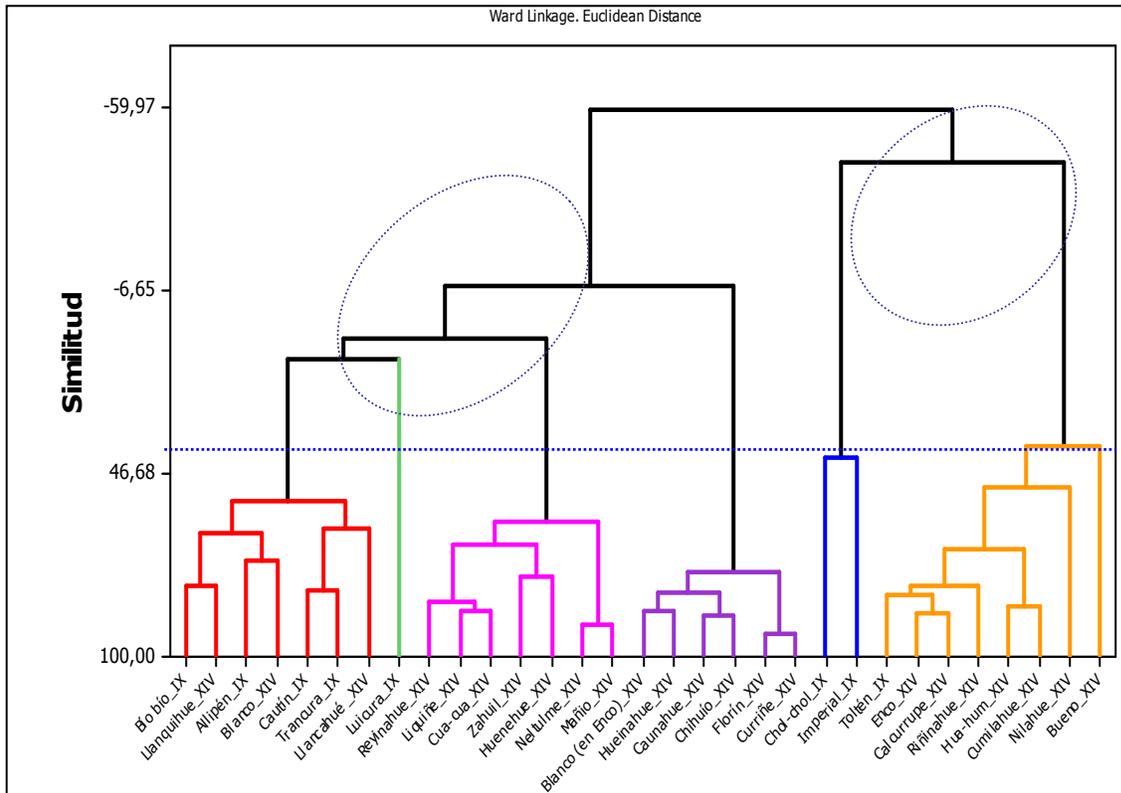


Figura 30. Dendrograma de similitud según variables físicas y químicas de La Araucanía y Los Ríos.

4.3.2.2 Análisis de componentes principales (ACP).

Se llevó a cabo un análisis de componente principales (ACP) construido sobre una matriz de correlación (Pearson), que arrojó diferencias significativas entre las variables (prueba de esfericidad de Bartlett < 0,001). El ACP explicó un 70,55 % de la varianza considerando los primeros tres componentes (F1, F2 y F3) y un 53,15 % considerando sólo los dos primeros componentes (Tabla 11, (Fig. 31).

Tabla 11. ACP en ríos de regiones XIV y IX regiones.

	F1	F2	F3
Valor propio	3,428	2,419	1,914
% varianza	31,160	21,990	17,401
% acumulado	31,160	53,150	70,551

La primera componente explicó que las variables de importancia fueron el oxígeno tanto a la forma disuelta como de porcentaje de saturación, y en menor medida la velocidad de corriente. La segunda componente fué explicada por la temperatura del agua, y la tercera componente por el sílice y los sólidos suspendidos.

Análisis de correlación de Pearson.

El análisis de correlación de Pearson (correlación lineal), indicó una correlación significativamente positiva (directamente proporcional) entre las variables oxígeno disuelto y saturación de oxígeno (0,866); Sílice y conductividad eléctrica (0,626) y Turbiedad y Nitrato (0,843). Por otra parte, se detectó una correlación negativa (inversamente proporcional) entre las variables Oxígeno disuelto y temperatura del agua (-0,641), Sólidos suspendidos y temperatura del agua (-0,639), velocidad y turbiedad (-0,530).

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

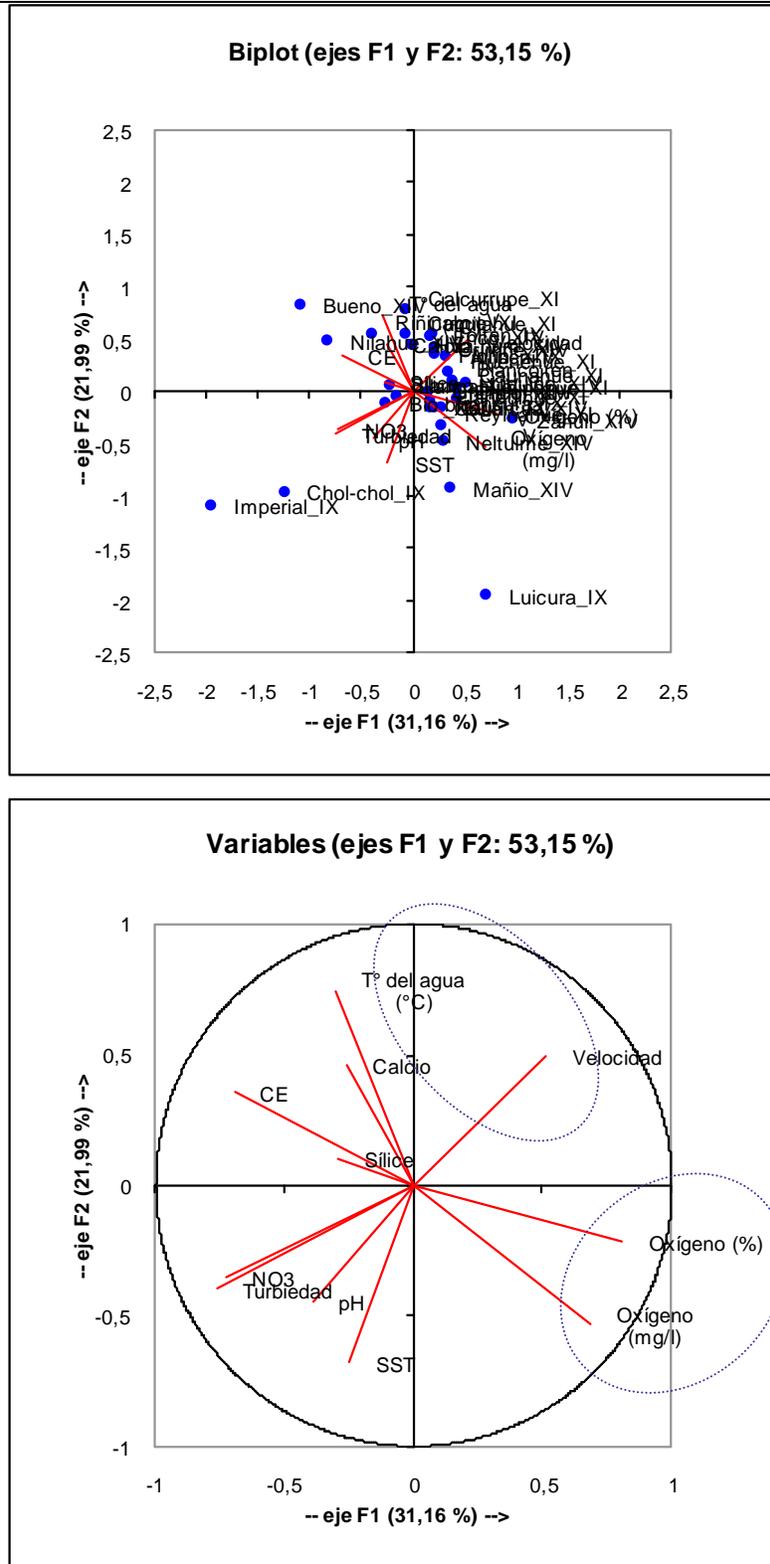


Figura 31. Análisis de componentes principales (ACP), para XIV y IX regiones, para las componentes F1 y F2.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

4.3.2 Análisis de ríos de la región de la Araucanía

4.3.3.1 Análisis de conglomerados

Análisis de conglomerados considerando los ríos prospectados en la Región de La Araucanía.

El análisis efectuado sobre las características físicas y químicas consideradas en el estudio indicó que con una similitud de 70 % estos forman cinco conglomerados (Fig. 32).

- **Agrupaciones:**
- Grupo 1: Río Bío Bío
- Grupo 2: Río Liucura.
- Grupo 3: Ríos Cautín con Trancura.
- Grupo 4: Ríos Toltén con Allipén
- Grupo 5: Ríos Chol-Chol e Imperial

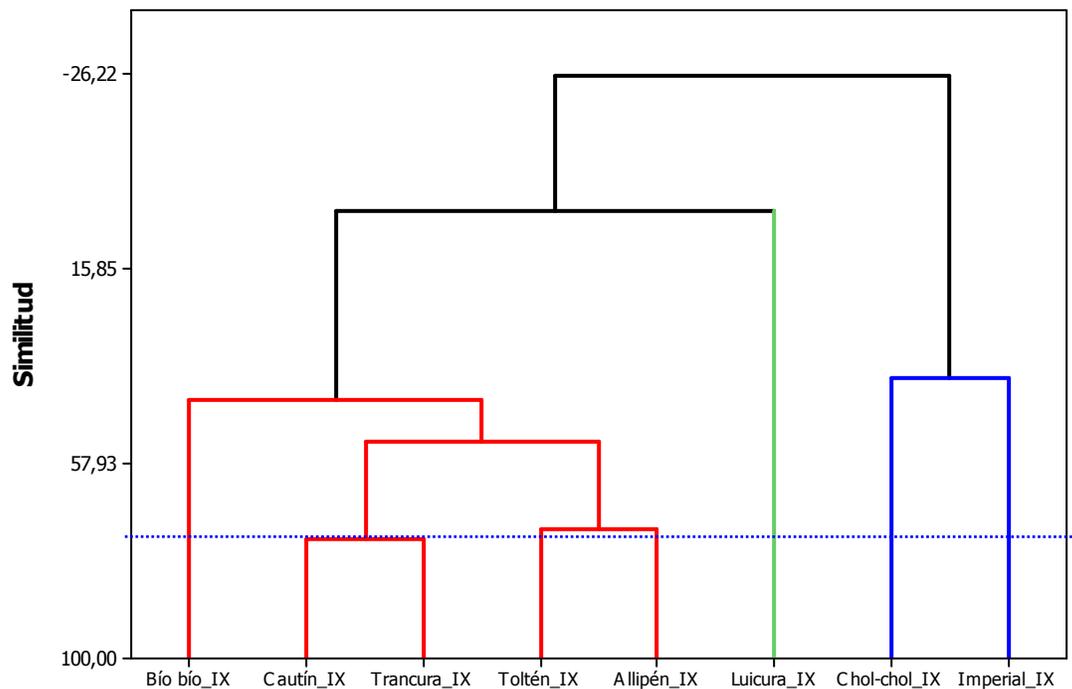


Figura 32. Dendrograma de similitud de ríos región de La Araucanía.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

4.3.3.2 Análisis de componentes principales (ACP)

Se llevó a cabo un análisis de componente principales (ACP) construido sobre una matriz de correlación (de Pearson). Debido a la baja correlación entre variables, los patrones observados, no fueron significativos. Sin embargo, el ACP explicó un 85,98 % considerando tres ejes y en un 74,6% considerando los dos primeros ejes (Tabla 12, Fig. 33).

Tabla 12. Análisis de componentes principales IX región.

	F1	F2	F3
Valor propio	5,153	3,052	1,252
% varianza	46,849	27,746	11,385
% acumulado	46,849	74,595	85,980

La primera componente destacó al pH, Nitrato y Turbiedad como variables de mayor peso, la segunda componente la explicó el Calcio. En tanto que la tercera componente de peso fué Sólidos suspendidos y en menor medida el Sílice.

Análisis de correlación de Pearson.

El análisis de correlación de Pearson (correlación lineal), indicó correlación significativa positiva (directamente proporcional) entre las variables oxígeno disuelto y saturación de oxígeno (0,733); Calcio y la temperatura del agua (0,786), Velocidad de corriente y saturación de oxígeno (828), Turbiedad y Nitrato (0,975). Por otra parte, se detectó una correlación negativa (inversamente proporcional) entre las variables Oxígeno disuelto y temperatura del agua (-0,767), Turbiedad y saturación de oxígeno (-0,726), oxígeno disuelto y conductividad eléctrica (-0,741), pH y velocidad de la corriente (-0,745), Turbiedad y velocidad de la corriente (-0,785), Sílice y nitrato (-0,741), Sílice con turbiedad (-0,773).

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

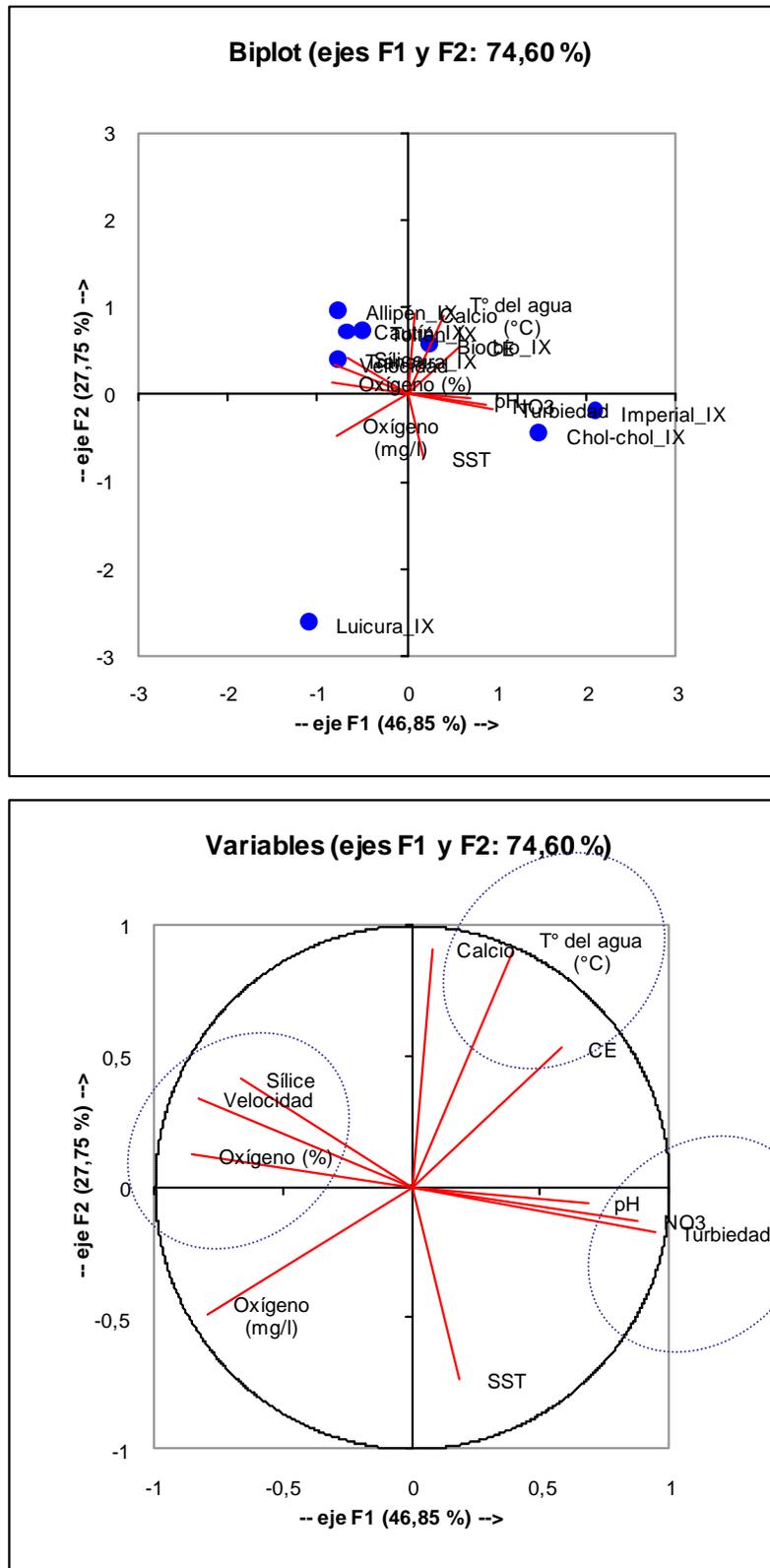


Figura 33. Análisis de componentes principales (ACP), para la IX región

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

4.3.3 Análisis de los ríos prospectados en la Región de los Ríos

4.3.4.1 Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados considerando los ríos prospectados en la Región de Los Ríos, efectuado sobre las características físicas y químicas consideradas en el estudio de los ríos indicó que con una diferencia de aproximadamente 75 % estos forman dos conglomerados. Cercano al 50 a un 60% de similitud, se conforman 5 grupos, situación que indicaría que en general, los ríos de esta región son bastante homogéneos (Fig. 34). Los grupos compuestos son:

- Grupo 1: Llancahué, Reyninahue, Blanco.
- Grupo 2: Liquiñe, Cua cua, Llanquihue, Zahuil, Neltulme, Mañío.
- Grupo 3: Blanco (en Enco), Hueninahue, Caunahue, Chuhúo, Florín, Curiñe.
- Grupo 4: Huenehue, Hua Hum, Cumilahue, Enco, Calcurrupe, Riñinahue.
- Grupo 5: Nilahue, Bueno.

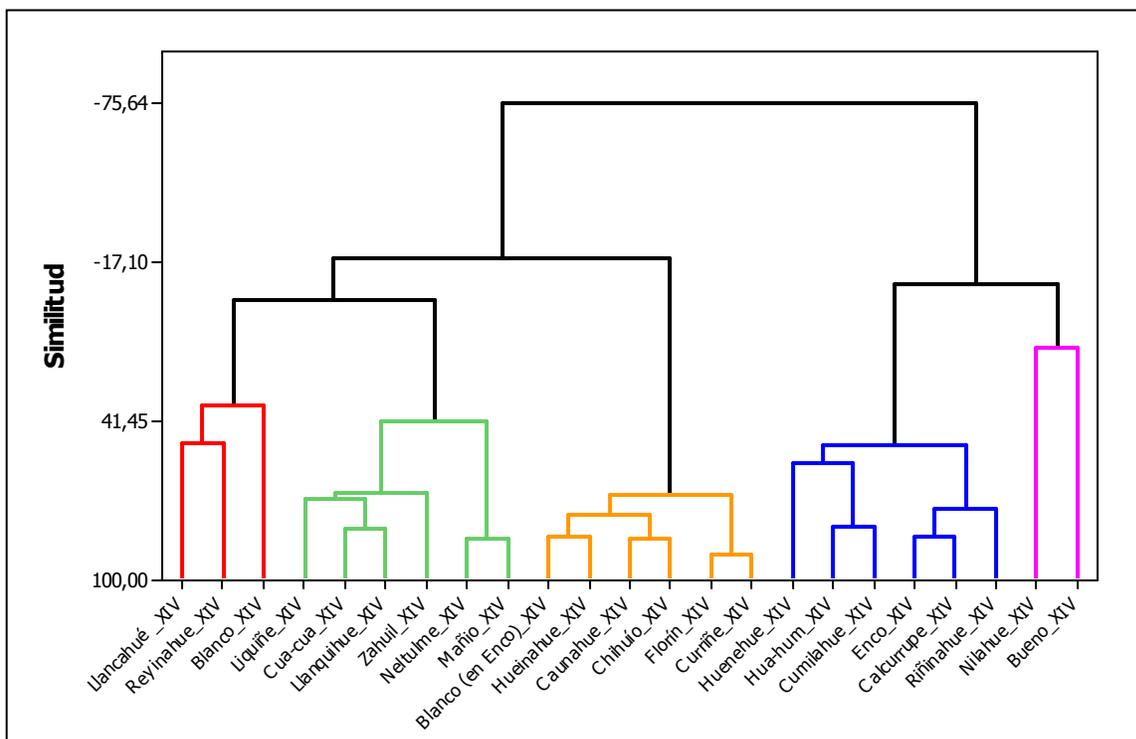


Figura 34. Dendrograma de similitud XIV Región.

4.3.4.2 Análisis de componentes principales (ACP).

Se llevó a cabo un análisis de componente principales (ACP) construido sobre una matriz de correlación (de Pearson), que arrojó diferencias significativas entre las variables (Prueba de esfericidad de Bartlett < 0,0001). El ACP explicó un 66,56 % considerando tres ejes y un 52,67% considerando los dos primeros ejes (Tabla 13, Fig. 35).

Tabla 13. Análisis de componentes principales, XIV región

	F1	F2	F3
Valor propio	3,416	2,378	1,528
% varianza	31,058	21,615	13,890
% acumulado	31,058	52,674	66,563

La primera componente explica que las variables de mayor importancia la constituyeron la saturación de oxígeno y en menor medida el oxígeno disuelto. La segunda componente la explican la Conductividad, el Calcio y la Turbiedad. En tanto que la tercera componente gran parte de la varianza fue explicada por el pH.

Análisis de correlación de Pearson.

El análisis de correlación de Pearson (correlación lineal), indicó correlación significativa positiva (directamente proporcional) entre las variables oxígeno disuelto y saturación de oxígeno (0,928); calcio con la conductividad eléctrica (0,676), sílice y conductividad eléctrica (0,706). Por otra parte, se detectó una correlación negativa (inversamente proporcional) entre las variables oxígeno disuelto y temperatura del agua (-0,816), saturación de oxígeno y temperatura del agua (-0,617), nitrato y oxígeno disuelto (-0,532).

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

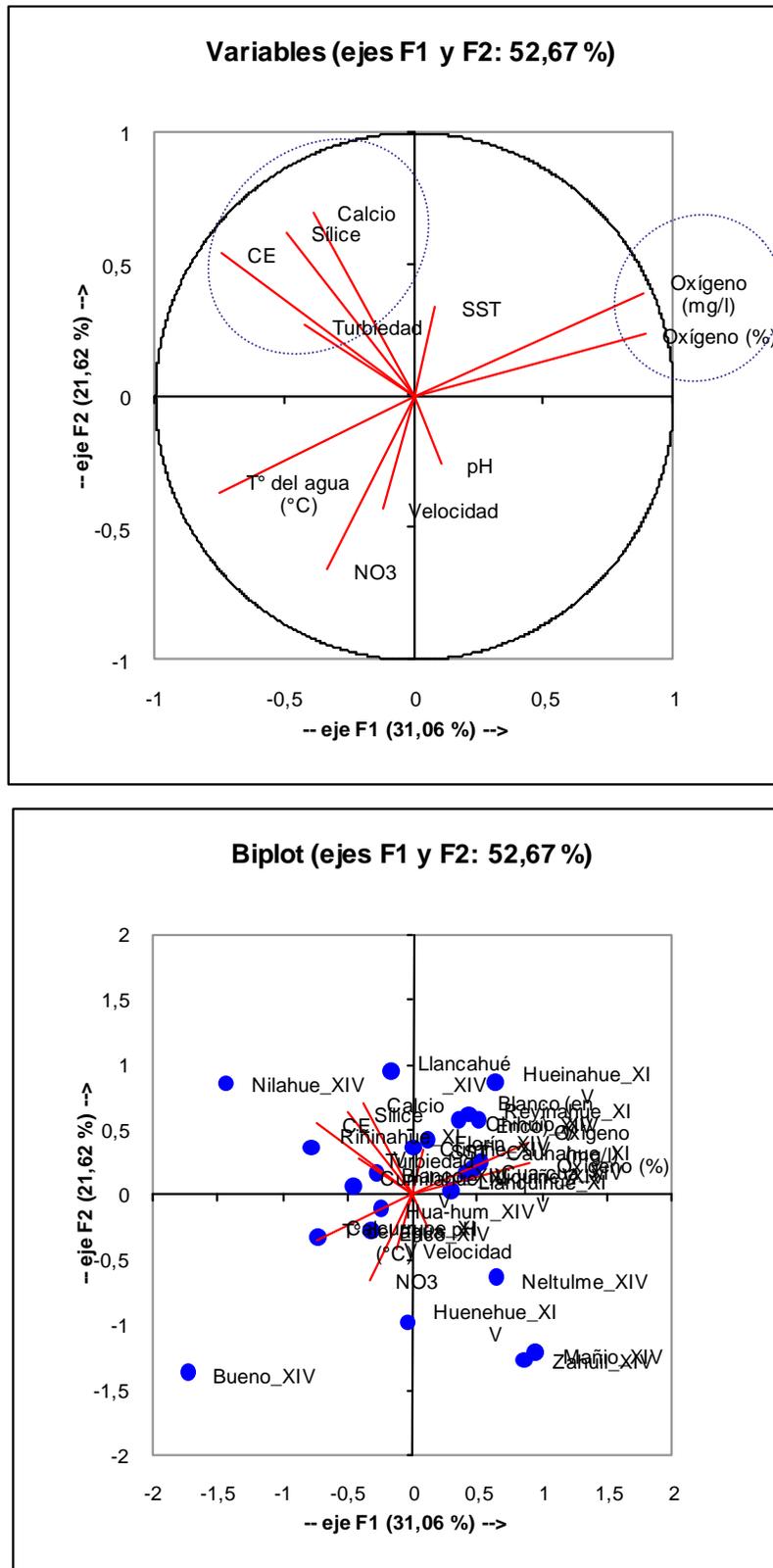


Figura 35. Análisis de componentes principales (ACP), para Los Ríos.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

En resumen los sistemas fluviales de las Regiones de La Araucanía y de Los Ríos en su conjunto con los componentes físicos y químicos evaluados, presentaron dos grupos cercanos al 60 % de similitud reflejando una gran homogeneidad de los ríos prospectados. Los componentes destacados por su peso fueron oxígeno y velocidad, en segundo lugar temperatura y por último sílice y sólidos suspendidos totales. Sin embargo hay que hacer notar que todos los sistemas prospectados se encontraron oxigenados, por sobre 5 mg/L, recomendable para el desarrollo de la biota. El valor mínimo fue de 8,9 mg/L para el río Imperial en la Región de la Araucanía y de 7,0 mg/L para el Río Bueno en la Región de Los Ríos. Los valores de temperaturas son bajos, son ríos de aguas frías fluctuando este valor entre 0,2 °C para Liucura (Araucanía) y 11,8 °C para Río Bueno (de Los Ríos).

Al tratar cada región por separado para la región de la Araucanía se distinguieron cinco grupos con un 70 % de similitud, donde los ríos Bío Bío y Liucura conforman un grupo por separado. Las variables de mayor peso fueron pH, Nitrato y Turbiedad, en segundo lugar fue Calcio (fluctuando entre). Por último destacó sílice y sólidos suspendidos totales. El pH estuvo bajo 7 a excepción del río Bío Bío; el mayor valor de Nitrato fue para el río CholChol con 1,11 mg/L, para el resto de los cuerpos de agua se presentó bajo 1 mg/L; para la turbiedad el mayor valor lo presentó el río Chol Chol con 8,52 NTU seguido de Imperial con 6,94, el resto de los ríos se presentaron bajo 1 NTU.

Para la región de Los Ríos se formaron 5 grupos con un 50 % de similitud, siendo más heterogéneos los ríos prospectados en comparación con los de la región de la Araucanía. Las variables destacadas bajo el ACP fueron el oxígeno en primer lugar, seguido de la Conductividad Eléctrica, Calcio y Turbiedad, por último fue el pH en una tercera componente. Los mayores valores de Conductividad Eléctrica fueron alrededor de 68 Us/cm para el río Blanco y el menor presentado de 11,9 US/cm para el río Zahuil. El mayor valor de Calcio se presentó para río Blanco con 8,1 mg/L, y el menor valor para río Zahuil. Los valores de Turbiedad fueron bajos, a lo más de 2 NTU para río Nilahue. Respecto al pH todos fueron bajo 7, el Río Llanquihue y Blanco presentaron el mayor valor siendo de 6,7 y el río Hua Hum el menor valor con 5,3.

4.4 Fitoplancton

De acuerdo con los resultados sobre presencia/ausencia de taxa por estación de muestreo, es posible señalar que en ninguna muestra se detectó la presencia de *D. geminata* registrándose un total de 48 taxa entre los grupos de diatomeas, clorofíceas, cianofíceas, crisofíceas y dinoflagelados.

La composición de las muestras de fitoplancton son de un bajo número de taxa (3-20) y en composición parecen ser bastante similares entre sí, con una comunidad compuesta principalmente por diatomeas de los géneros (en orden de abundancia): *Gomphoneis*, *Synedra*, *Ephithemia*, *Nitzschia*, *Tabellaria*, *Melosira*, *Hannaea*, *Rophalodia* y *Pinnularia*, acompañados de clorofíceas filamentosas o coloniales, y con escasa presencia de dinoflagelados o cianofíceas (Anexo 3 y 4).

Importante en el contexto de la presencia de "moco" atribuible a *Didymo*, es señalar que se observó en gran cantidad pedúnculos de *Gomphoneis* sp. en una muestras del río Blanco en Enco (muestra N°18) y en la región de la Araucanía en el río Liucura (muestra N°3).

Las abundancias fitoplanctónicas oscilaron entre 568.000 cel mL⁻¹ y 3.600 cel mL⁻¹ (Fig. 37). Las máximas abundancias fueron registradas en los ríos Toltén y Huenehue que presentaron una riqueza de especies entre 13-18 taxa (Fig. 39). El río Bueno presentó una abundancia de 325.500 cel mL⁻¹ y una riqueza de 17 taxa. El Bío Bío presentó una abundancia de 117.500 cel mL⁻¹ y el Luicura 143.000 cel mL⁻¹ ambos con una riqueza alta de 20 taxa, (Anexo 4).

Es reconocido en el fitoplancton que la especie de Chrysophyceae *Dinobryon divergens* (Fig. 36), es indicadora de aguas oligotrófica. Este taxón aparece en la muestra N°4 Imperial región de la Araucanía, N° 9 río Bueno, N°14 Calcurrupe, N°28 Hua-Hum y N° 31 rio Huenehue todos estos últimos en la región de Los Ríos.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos



Figura 36. Fotografía fotónica de *Dinobryon divergens*

Por otra parte, la diversidad específica (H') fue mayor a 0,7 en un 31% de los ríos y corresponden a; Tolten, Chihuío, Cua-Cua, Zahuil, Allipen, Liucura, Llanquihue, Reynahue, Bío-Bío, y alcanzando un máximo de 0,87 en Llanquihue 2 (Fig 37).

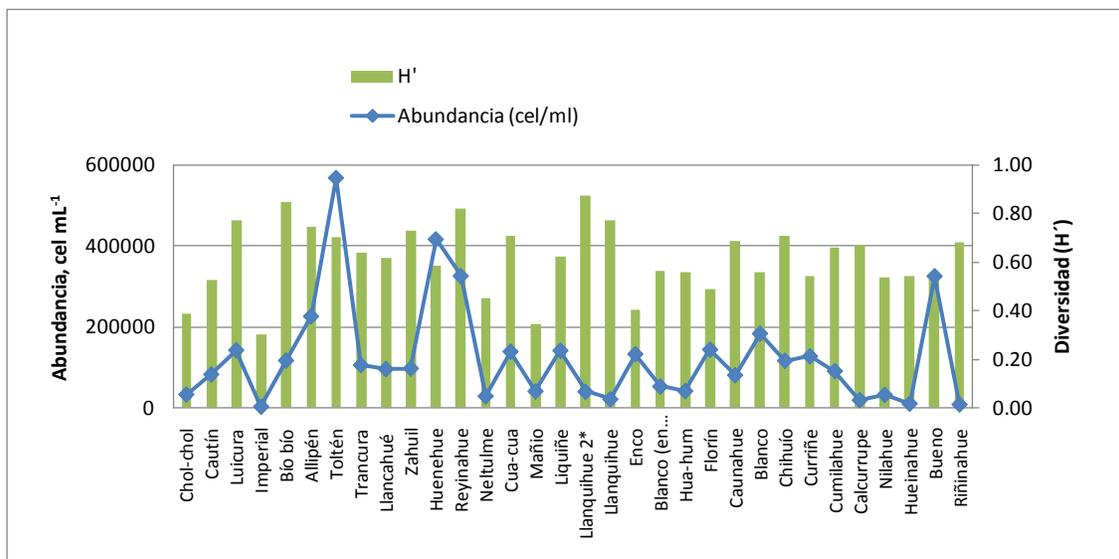


Figura 37. Abundancia del fitoplancton en las regiones de la Araucanía y de Los Ríos en cel L^{-1} y diversidad biológica (H') en los ríos ordenados latitudinalmente.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

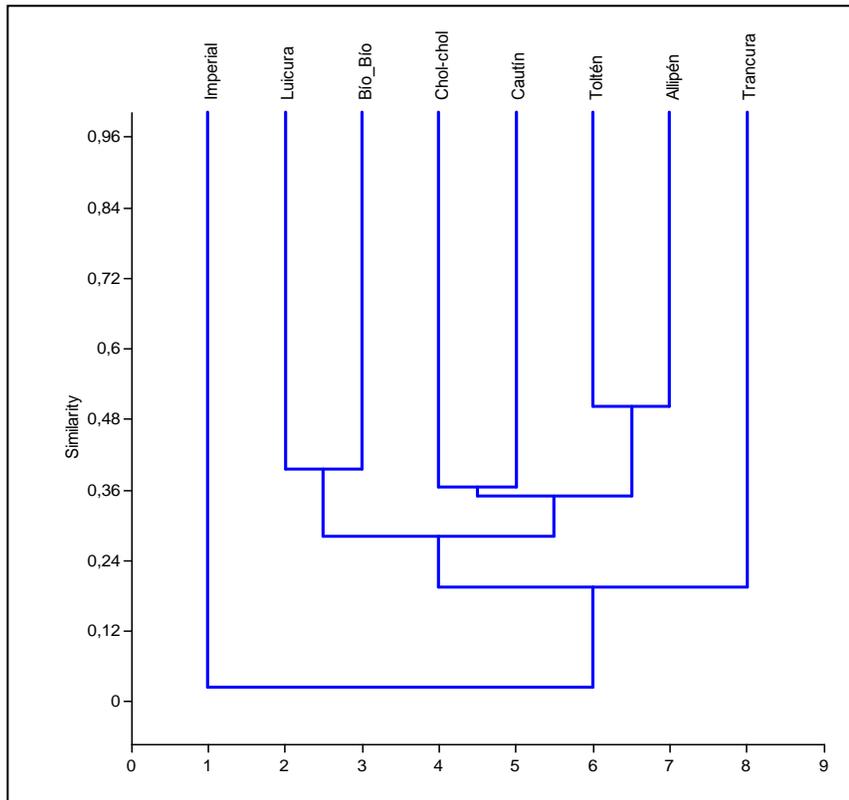


Figura 38. Cluster de similitud, utilizando índice de Jaccard, Región de la Araucanía.

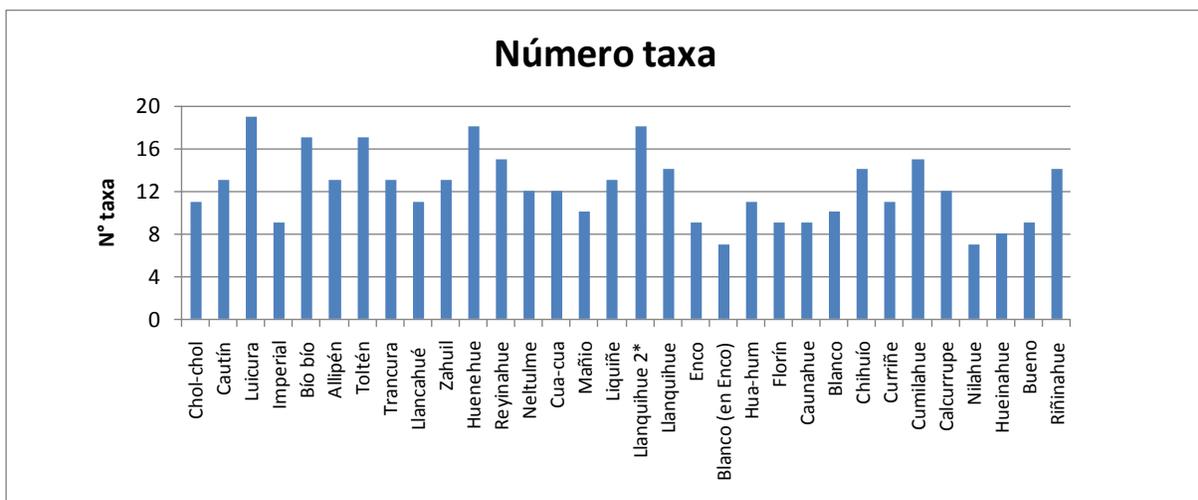


Figura 39. Riqueza (N° taxa) en las regiones de la Araucanía y de Los Ríos. Los ríos están ordenados latitudinalmente.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

El análisis de similitud para la región de la Araucanía (Fig. 38) muestra una separación para el río Imperial lo que es atribuible a su baja riqueza de especies. El Toltén y Allipen son similares alcanzando una riqueza de especies intermedia entre 11 y 13 taxa (Fig. 39).

Para la región de Los Ríos hay similitud entre los afluentes del lago Ranco como por ejemplo los ríos Nilahue y Curriñe, Chihuío y Florín (Fig 40), y para los afluentes del rio Valdivia Llanquihue, Enco y Huenehue. Es posible destacar que en la asociación desde Chihuío hasta Zahuil (ver destacado) se contabilizaron entre 11-13 taxa con abundancias que oscilaron entre 98.000-144000 cel ml⁻¹.

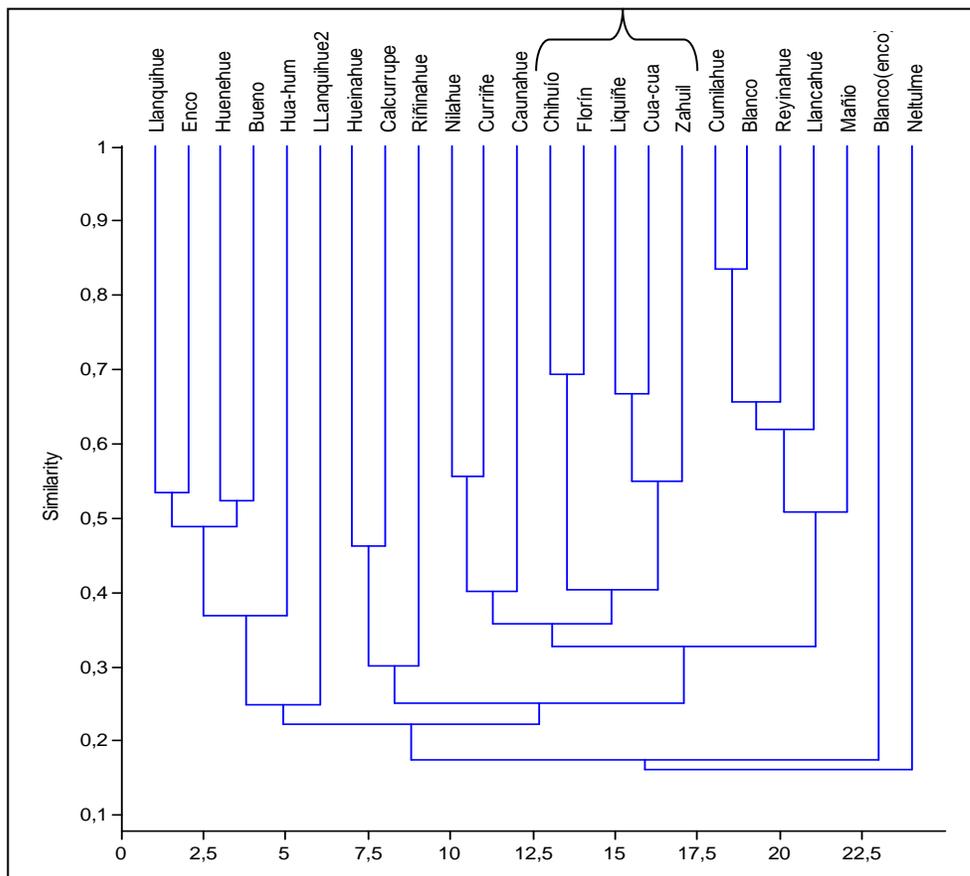


Figura 40. Cluster de similitud, utilizando índice de Jaccard, Región de Los Ríos.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

En resumen las mayores abundancias del fitoplancton se registraron en los ríos prospectados de la región de la Araucanía en la parte más al sur y la parte norte con respecto a la Región de Los Ríos, con excepción del río Bueno.

Las mayores riquezas entre las regiones de la Araucanía y Los Ríos e el sentido de ir aumentando en latitud la presentaron los ríos Liucura, Bio-Bio, Huenehue y Bueno con un total de especies entre 16-20 taxa. Se separa distintivamente el río Imperial por los bajos índices comunitarios de baja riqueza de taxones, baja diversidad y menor abundancia.

4.5 Diatomeas bentónicas

En la prospección realizada en 31 ríos, pertenecientes a las regiones IX de La Araucanía y XIV de Los Ríos, se registró un total de 90 taxa de diatomeas, tal como se señala en el Anexo 6. De estos 90 taxa, la mayor riqueza taxonómica fue registrada en la Región de Los Ríos (74 taxa), mientras que la menor riqueza fue registrada en la Región de La Araucanía (72 taxa). En tanto, los valores de riqueza taxonómica extremos se encuentran en la Región de Los Ríos, registrándose la mayor riqueza en el Río Huenehue, mientras que la menor fue registrada en el Río Blanco.

Respecto de las abundancias, se realizó una corrección de los valores de abundancia obtenidos en los recuentos de las muestras digeridas. Esta corrección se hizo estimando la abundancia total real, según la proporción de células viables contabilizadas en un análisis previo a la digestión ácida. La mayor abundancia corregida fue registrada en el Río Cautín (56081 cel/mm²) y la menor en el Río Bío-Bío (35 cel/mm²). El detalle de las abundancias promedio, mínima y máxima registradas por región se encuentra en la Tabla 14.

Cabe destacar que los ríos que generalmente muestran mayores abundancias son aquellos en los que se debió realizar el procedimiento de muestreo alternativo, tal como fue indicado en los métodos, consistente en tomar un volumen de muestra y no el raspado de un área. Este tipo de muestreo se realizó cuando se observó mucosidad sospechosa, con

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

imposibilidad de obtenerla con el muestreador de área o con posibilidad de obtener ambos tipos de muestras. En esta campaña, ambas muestras fueron obtenidas para el Río Cautín, sin embargo, sólo se utilizó para los análisis el resultado de la muestra tradicional de área, esto debido a que la muestra de volumen también fue negativa para *D. geminata* y sólo alteraba al comparar los datos.

Tabla 14. Riquezas y abundancias (cel/mm²) mínimas, máximas y promedio, registradas para cada región

		IX Región de La Araucanía	XI V Región de Los Ríos
Riqueza N	Menor Promedio Mayor	17 (Allipén) 25 29 (Bío-Bío)	9 (Blanco) 18 34 (Huenehue)
Abundancia corregida cel/mm²	Menor Promedio Mayor	35 (Bío-Bío) 17656 56081 (Cautín)	180 (Bueno) 8282 36973 (Nilahue)
I. Diver. Sh-W	Menor Promedio Mayor	2.99 (Allipén) 3.62 3.96 (Liucura)	1.66 (Blanco) 3.04 3.96 (Huenehue)
I. Evenness	Menor Promedio Mayor	0.68 (Toltén) 0.79 0.88 (Liucura)	0.52 (Blanco) 0.73 0.87 (Caunahue)

En cuanto a la diversidad, el valor más alto del Índice de Sh-W se registra en los Ríos Liucura y Huenehue (3.96), de la Región de La Araucanía y Los Ríos, respectivamente. En cambio, el menor valor para este índice fue registrado en el Río Blanco (1.66), de la Región de Los Ríos. El Río Liucura, es también el que presenta mayor equitatividad comunitaria, con un índice de 0.88, mientras que el Río Blanco, muestra una estructura alta dominancia de especies, con un valor de índice de 0.52. La variabilidad de ambos índices comunitarios en ambas regiones prospectadas se ilustra en la Tabla 14 y Figura 41.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

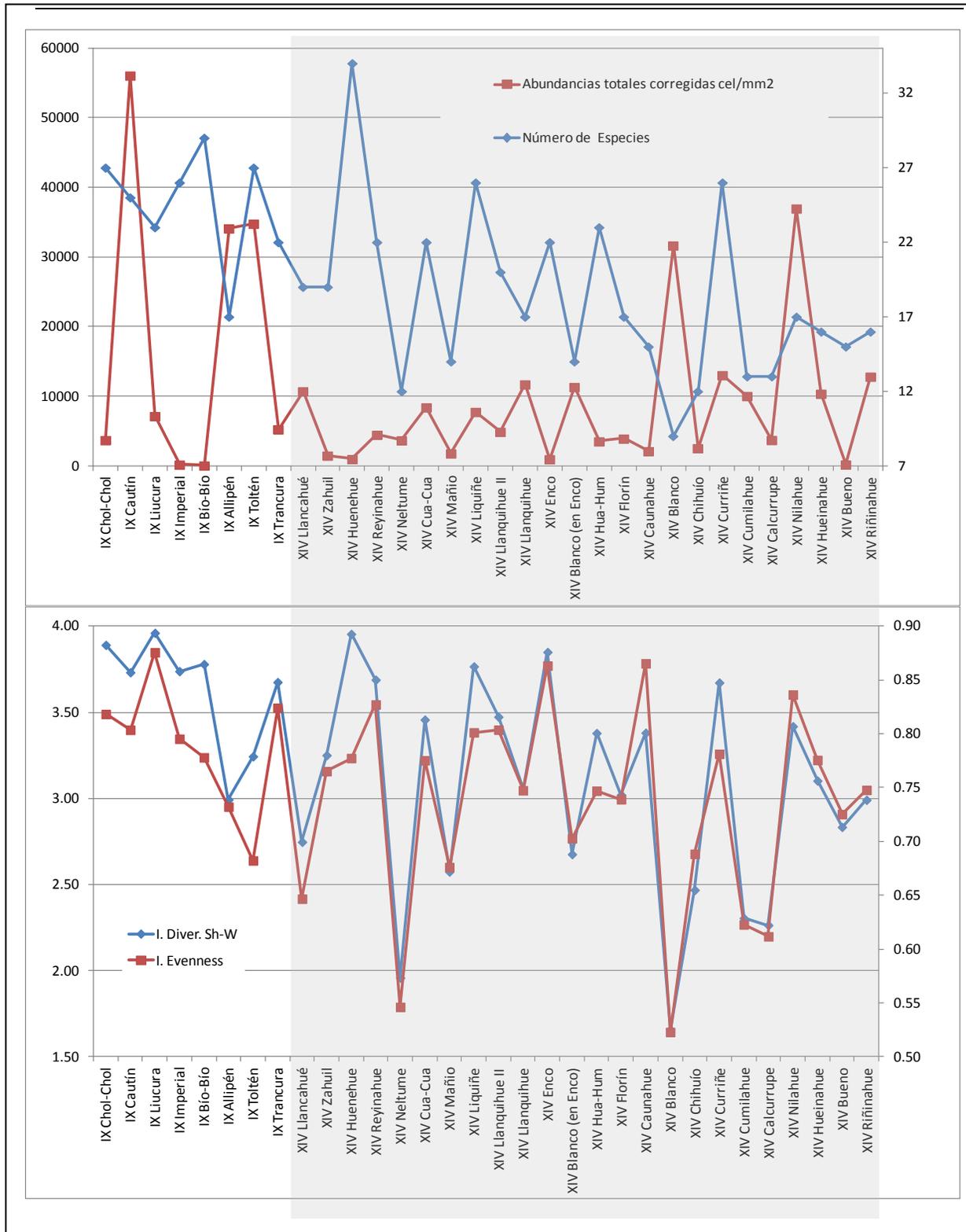


Figura 41. Parámetros e índices comunitarios de diatomeas bentónicas de los ríos prospectados (ambas regiones). Destacado en gris los ríos pertenecientes a la Región de Los Ríos.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Para analizar similitud (Jaccard) en cuanto a la composición de especies entre todos los ríos prospectados, se realizó un cluster utilizando la matriz de presencia/ausencia de diatomeas, el cual fue similar al considerar cada región por separado. Como se observa en la Figura 42, el Río Hua-Hum (Región de Los Ríos) presenta una composición de especies totalmente diferente del resto de los ríos, lo que concuerda con su apartada condición geográfica. Se observa también esta separación, pero en menor grado con los ríos Zahuil (Los Ríos), Enco (Los Ríos), Liucura (La Araucanía), Neltume (Los Ríos) y Bío-Bío (La Araucanía). El resto de los ríos se conglomeran en un gran grupo, pero la mayoría con valores de índice inferiores a 0,5. Sin embargo, llama la atención la similitud entre los ríos; Allipén-Ñilahué y Trancura-Hueinahué, en ambos casos el primero de la Región de La Araucanía y el segundo de la Región de Los Ríos, y Florín-Caunahué, pertenecientes ambos a la Región de Los Ríos.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

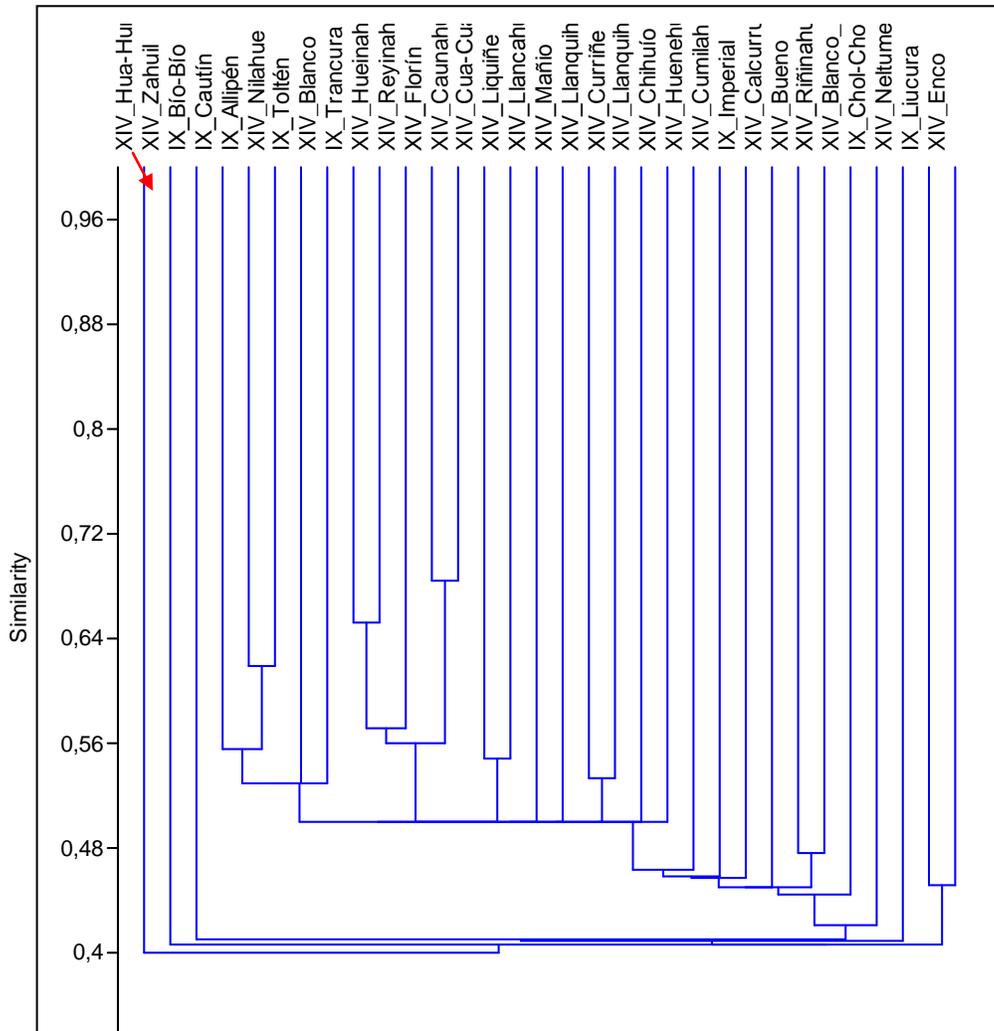


Figura 42. Cluster Similitud de Jaccard para el total de ríos muestreados, utilizando presencia/ausencia de diatomeas bentónicas.

Con el objetivo de analizar diferencias en cuanto a estructura comunitaria, o sea, considerando las abundancias absolutas de todas las especies registradas en cada río (distinto del análisis anterior que sólo compara composición específica), se realizó un análisis de cluster con la matriz de abundancias en cel/mm², utilizando distancia Euclidiana y también un Análisis de Componentes Principales (ACP). En la Figura 43 y Figura 44, es posible observar que los ríos Blanco (Los Ríos), Cautín y Toltén-Allipén (Araucanía) y Nilahue (Los Ríos), presentan estructuras comunitarias de diatomeas bentónicas significativamente diferentes del resto de los ríos prospectados. Resultados similares se obtienen al realizar el análisis por región de manera

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

separada. En Araucanía Los Ríos Cautín, Toltén y Allipén, forman un grupo significativamente diferente del resto de ríos de la región, mientras que Imperial y Bío-Bío son los que tienen estructura comunitaria más similar. De igual modo, en la región de Los Ríos, los ríos Blanco y Nilahue se separan del resto de los ríos estudiados, presentando el 61% de estos una importante similitud.

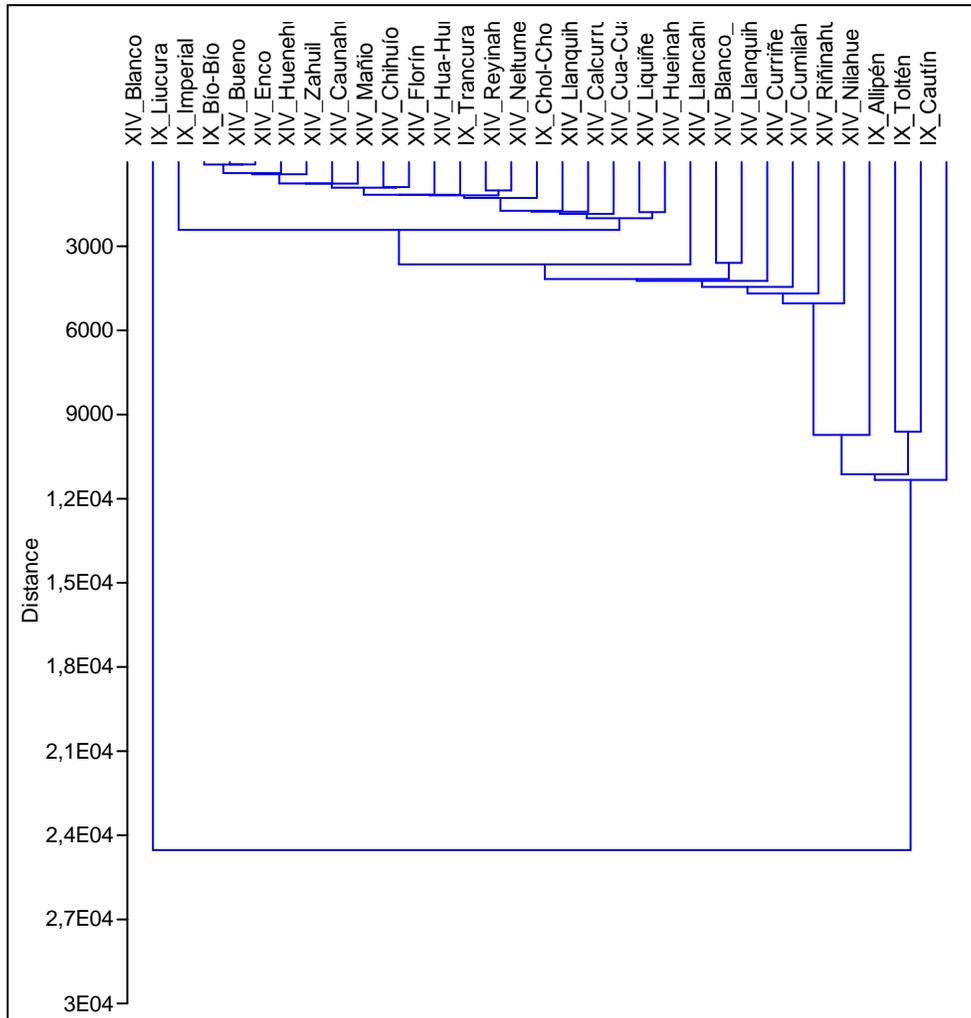


Figura 43: Cluster Distancia Euclidiana para el total de ríos muestreados, utilizando la abundancia (cel/mm²) de diatomeas bentónicas.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

El ACP de la Región de La Araucanía (Fig. 44) indica que los ríos Cautín, Toltén y Allipén se separan del resto ya que se asocian positivamente a una combinación lineal de especies (donde destacan *Achnantheidium minutissimum*, *Fragilaria capucina v vaucheriae* y *Nitzschia dissipata*), tanto en el Componente 1, componente que a su vez explica un 84.7% de la varianza, como en el Componente 2, componente que explica un 10.9% de la varianza.

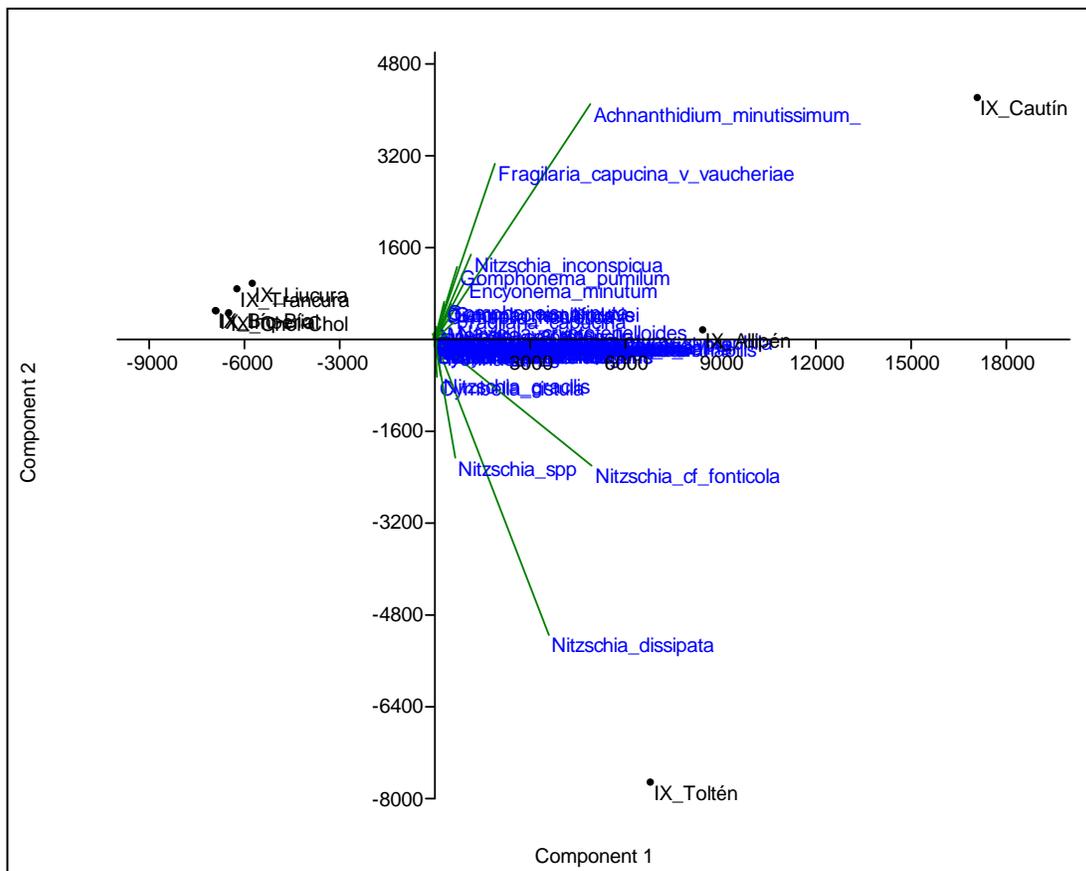


Figura 44. Análisis de Componentes Principales para los ríos muestreados en la Región de Araucanía, utilizando la abundancia (cel/mm²) de diatomeas bentónicas.

El ACP de la Región de Los Ríos (Fig. 45) indica que los ríos Nilahue y Blanco se separan del resto ya que se asocian positivamente a una combinación lineal de especies en el Componente 1, que a su vez explica un 61.6% de la varianza (donde destacan *Diatoma mesodon* y *Nitzschia aff fonticola*) y al Componente 2, que explica un 21.7% de la varianza (donde

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

destacan *Nitzschia dissipata*, *Navicula cryptotenelloides* y *Gomphonema pumilum*).

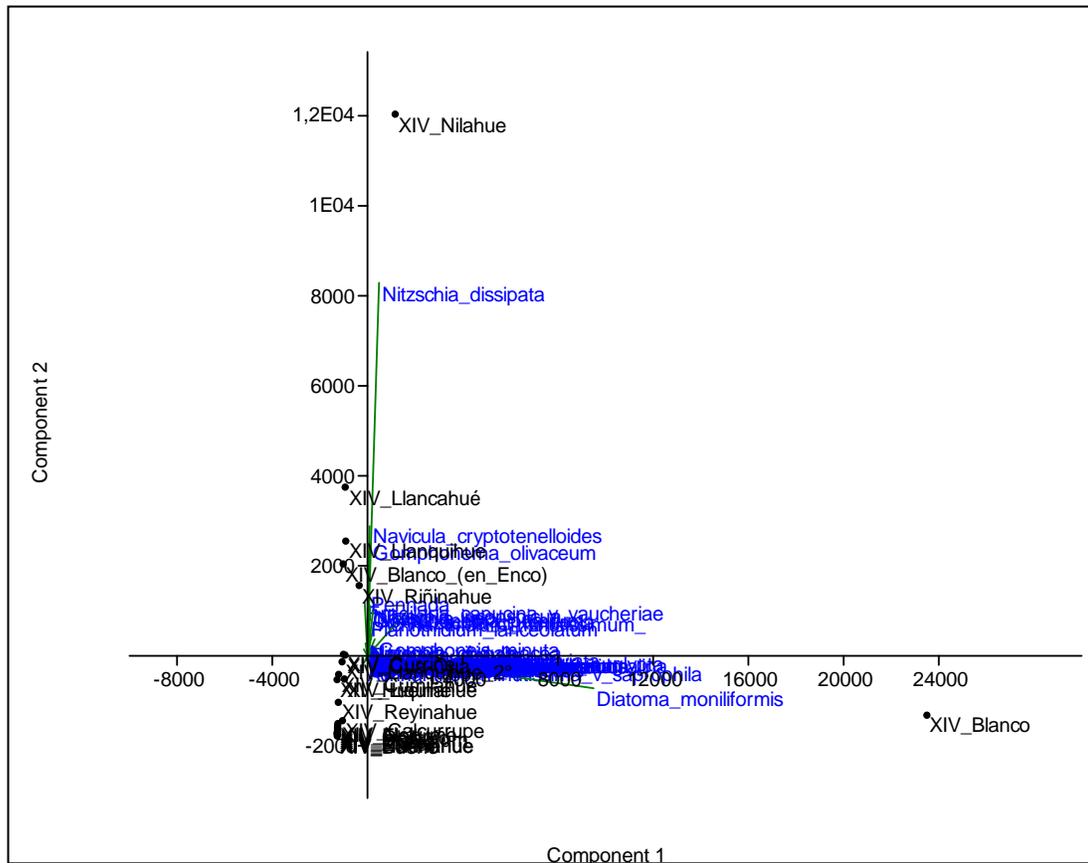


Figura 45: Análisis de Componentes Principales para los ríos muestreados en la Región de Los Ríos, utilizando la abundancia (cel/mm²) de diatomeas bentónicas.

Al realizar el ACP considerando el total de ríos estudiados en ambas regiones, destacan básicamente los mismos ríos, pero disminuye considerablemente la varianza explicada por los componentes (CP1: 48.1% y CP2: 30.5%), por lo que se incluye cada región por separado.

4.5.1 Análisis taxonómico y *Didymosphenia geminata*

La especie *Didymosphenia geminata* no fue registrada formando parte del bentos de los ríos prospectados en las regiones de La Araucanía y los Ríos.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Cabe destacar, que la región de Los Ríos fue prospectada en octubre 2010, también con resultado negativo para Didymo.

En los resultados obtenidos en otras prospecciones realizadas (2010 y 2011), se diagnosticó *D. geminata* en los ríos: Futaleufú, Espolón y Noroeste, pertenecientes a la Región de Los Lagos, y Ñirehuao, Emperador Guillermo, Simpson, Desagüe Lago Monreal y sospecha se su presencia en el río Risopatrón, pertenecientes todos a la Región de Aysén. Se determinó que en estos ríos con presencia de Didymo se encontraba siempre en las muestras de diatomeas bentónicas la especie cosmopolita *Achnanthis minutissimum* y también las especies epilíticas *Encyonema minutum*, *Fragilaria bicapitata*, *Fragilaria capucina*, *Fragilaria capucina v vaucheriae* y *Gomphonema pumilum*.

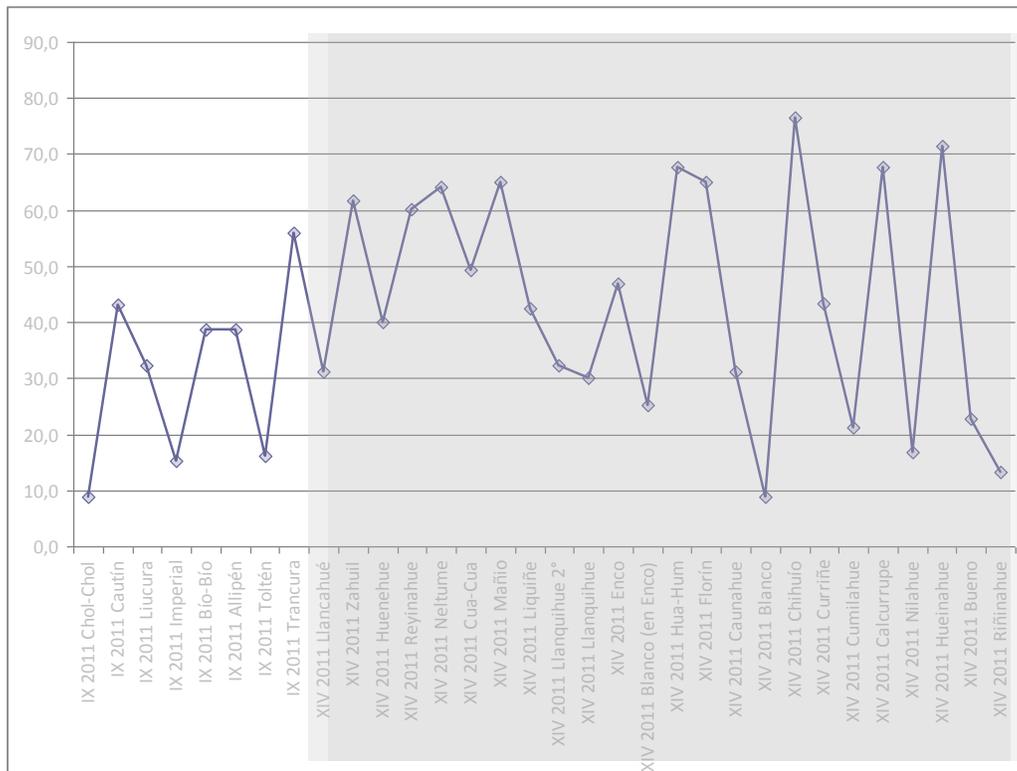


Figura 46: Representación del porcentaje correspondiente a la suma de las abundancias relativas de las cinco especies que acompañan a Didymo en los ríos contaminados y que fueron registradas en los ríos prospectados en las regiones de La Araucanía y Los Ríos (en gris).

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

En la Figura 46 se observa que los ríos Chol-Chol (Araucanía) y Blanco (Los Ríos), presentan un porcentaje menor al 10% correspondiente a las cinco especies que se encuentran en todas las muestras positivas para *D. geminata*, mientras que sobre un 70% correspondiente a la suma de las abundancias de estas especies, fue registrada en los ríos Chihuío y Hueinahue, ambos pertenecientes a la Región de Los Ríos. Cabe destacar que de los ocho ríos prospectados en la Región de La Araucanía ninguno supera el 45% de abundancia correspondiente a la suma de estas especies, mientras que en la Región de Los Ríos, el 42% de los ríos prospectados presentan la suma de las abundancias sobre el 50%.

Además, se realizaron análisis exploratorios de similitud de Jaccard, de Distancia Euclidiana y ACP, considerando las combinaciones posibles que incluyeran los resultados de este proyecto y las abundancias y datos físico-químicos de todos los ríos diagnosticados positivos para *Didymo* en las dos regiones contaminadas (octubre 2010 y mayo 2011). En estos análisis no se observan patrones de distribución significativos ya que los ríos con *Didymo* no se agrupan necesariamente entre sí. Sin embargo, en la Figura 47, realizada utilizando la matriz físico-química de los ríos prospectados en este proyecto y los resultados físico-químicos de los ríos con presencia de *D. geminata* (excluyendo del análisis las variables Caudal y Altitud, además de las variables Sólidos Suspendidos Totales y Turbidez, las que no fueron consideradas en la campaña de octubre 2010), se observa el agrupamiento de los ríos Espolón Futaleufú y Risopatrón, todos positivos para *Didymo*, patrón que se repite con los ríos Simpson y Ñirehuao. Emperador Guillermo y Desagüe del Lago Monreal se separan de las otras agrupaciones. Sin embargo, están contenidos en una rama superior del cluster (comparten algunas características) junto con los ríos Mañío, Zahuil, Neltume y Caunahue. El resto de los ríos ya no comparten características físicas-químicas con los ríos positivos para *Didymo*.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

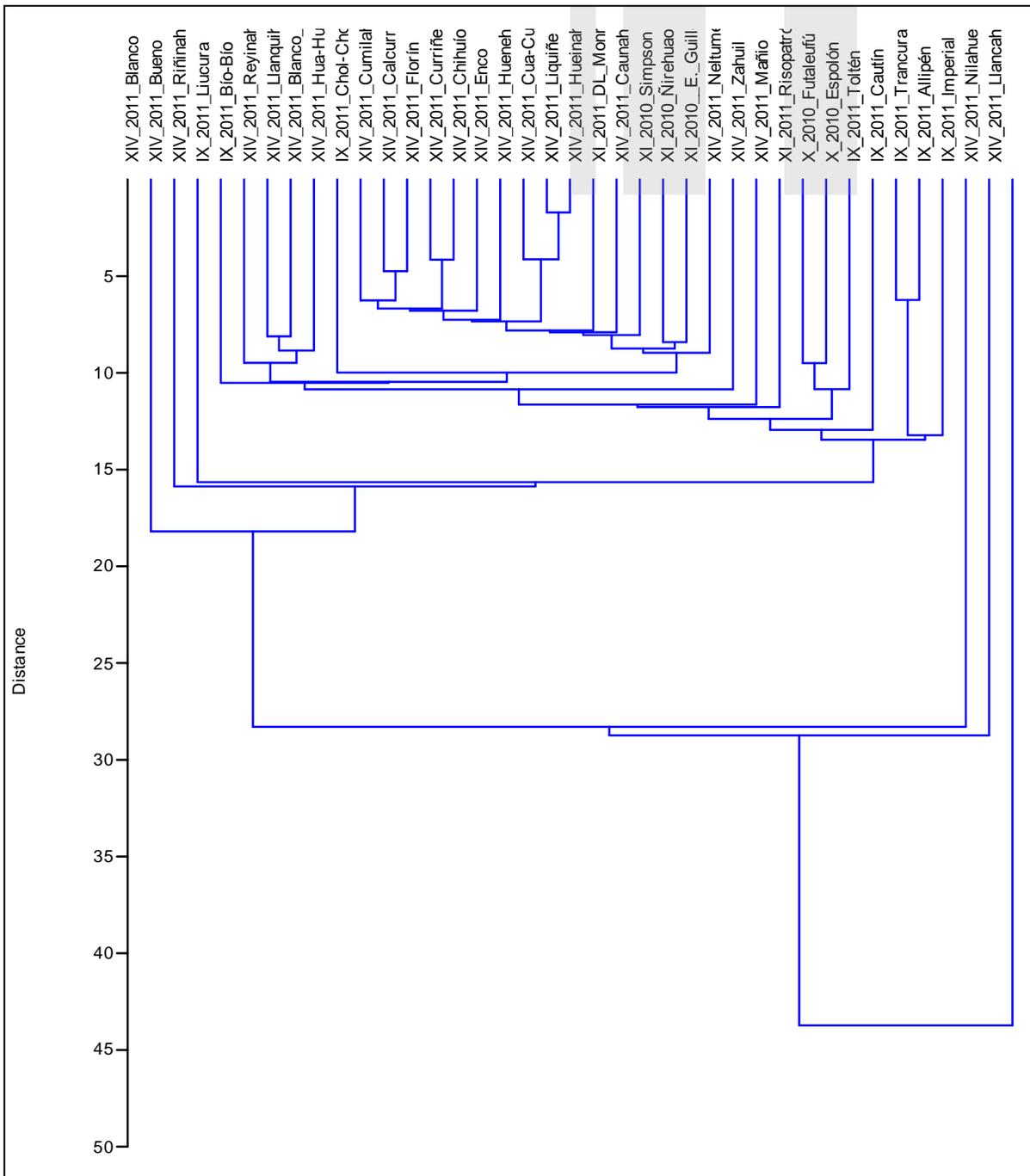


Figura 47: Cluster Distancia Euclidiana para los ríos muestreados en las regiones de La Araucanía y Los Ríos, utilizando los datos físicos y químicos correspondientes a este proyecto y a los ríos positivos para *Didymo* a la fecha.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

En resumen no hubo registro de *D. geminata* para los ríos prospectados para ambas regiones. Es muy recomendable vigilar continuamente los ríos a través de prospecciones, para estar en alerta, como ha sucedido con otras regiones las cuales han resultado nuevos registros de ríos con presencia de Didymo.

5 ETAPA 2: PLAN DE VIGILANCIA Y MEDIDAS DE CONTROL

5.1 Plan de Vigilancia

5.1.1 Alcances

El Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción establece de acuerdo al mandato del D.S. 345/2005 sobre Plagas Hidrobiológicas el establecer un Programa de Vigilancia y control de la plaga *D. geminata*. según Res. Ex. (SERNAPESCA) 1866/ 2010. Los lineamientos para el desarrollo del Programa de Vigilancia están desarrollados en concordancia con dicha resolución.

Para establecer el programa de vigilancia es necesario definir el sistema ambiental y el objetivo de protección. La Res. Ex. (SERNAPESCA) 1866/ 2010 establece la necesidad de protección de los cuerpos de agua en relación a su valor ambiental y los usos. En este contexto se establece a la cuenca como unidad de estudio operativo, lo cual requiere de un enfoque ecosistémico por su carácter integrador para su análisis, adecuado para la toma de decisiones para la gestión de plaga.

Se elaboró este documento indicando y fundamentando los componentes necesarios para elaborar un Programa de Vigilancia como propuesta para ser aplicado a una cuenca de las regiones de Los Ríos y Araucanía respectivamente, basado principalmente en los ríos prospectados en el estudio y antecedentes disponibles de otras prospecciones (POCH-UChile, 2010; Informes técnicos SUBPESCA).

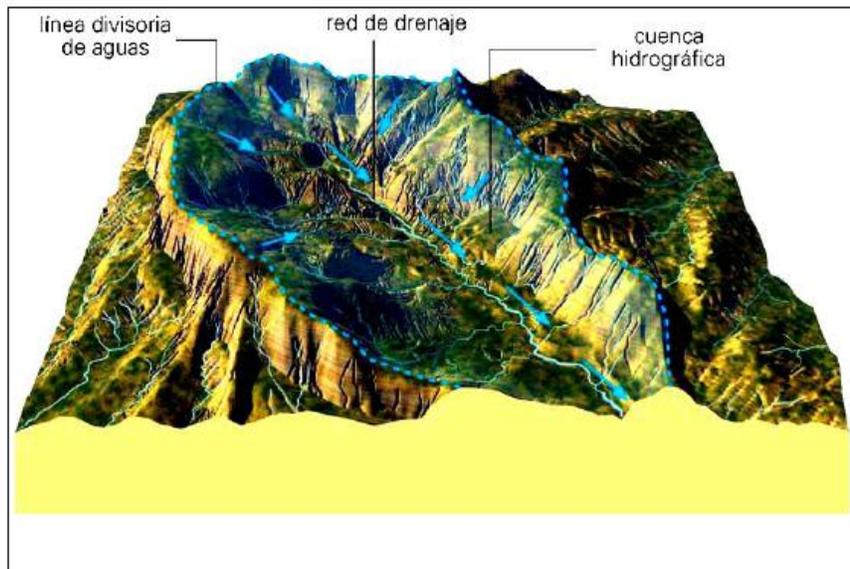
5.1.2 Introducción

5.1.2.1 Cuenca como unidad básica de estudio

La cuenca puede ser definida como "espacio geográfico por excelencia donde opera el ciclo hidrológico (Fig. 48) que integra y relaciona los sistemas

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

naturales, productivos, sociales y económicos, considerando a las aguas superficiales y subterráneas”, (CONAMA, 2008). En esta unidad básica los sistemas están interconectados, interdependiente entre sí, de manera que deben ser analizados bajo un enfoque integrador, holístico, como lo es el enfoque ecosistémico, donde el hombre forma parte de este (Naiman *et al.*, 1999).



Fuente: <http://www.albertmartinez.com/BRYCE01.htm>

Figura 48. Cuenca hidrográfica

Un ecosistema es una unidad espacial conformada por componentes bióticos y abióticos que se interrelacionan entre sí, bajo este concepto un cambio en algún componente repercute en los otros que están interconectados y por lo tanto en su funcionamiento, tal es el caso de los efectos provocados por acción antropogénica. Lo importante es la protección de su salud, para proporcionar un crecimiento económico sostenible, y mantener los bienes y servicios ecosistémicos. Estos servicios se definen como aquellos requeridos para satisfacer algunas necesidades humanas económicas o socialmente relevantes (Objetivos de Desarrollo del Milenio, 2007, PNUD). Las proliferaciones, de *Didymo* constituyen una amenaza para la salud de los ecosistemas acuáticos (Whitton *et al.*, 2009), lo cual afecta los servicios del

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

agua y con esto el desarrollo potencial de la cuenca, afectando la sustentabilidad ambiental de esta.

La cuenca como la unidad de escala espacial que incluye tanto a los recursos naturales como sus actividades antrópicas, es adecuada para establecer el Programa para la vigilancia, seguimiento, detección y control de plaga. Entre algunas de las razones es que el hombre es uno de los principales agentes de dispersión de *Didymo* y es uno de los componentes del sistema, acorde al enfoque ecosistémico, se requiere la protección de los ecosistemas pues ante la plaga disminuye la salud de este con consecuencias negativas sobre el capital natural de la cuenca y por lo tanto sobre los servicios que puede brindar en términos ecológicos, sociales afectando la calidad de vida de los habitantes al limitar el uso turístico por ejemplo y por ende económico. Esta definición espacial ha sido corroborada recientemente por la autoridad a través de las resoluciones para establecer programas de vigilancia.

La cuenca sería el nivel espacial de macroescala dentro de la cual se establecen niveles de menor escala (microescala) que corresponde a subcuenca o subsubcuenca según sea el caso, donde se ubica el área de plaga, Fig. 49.

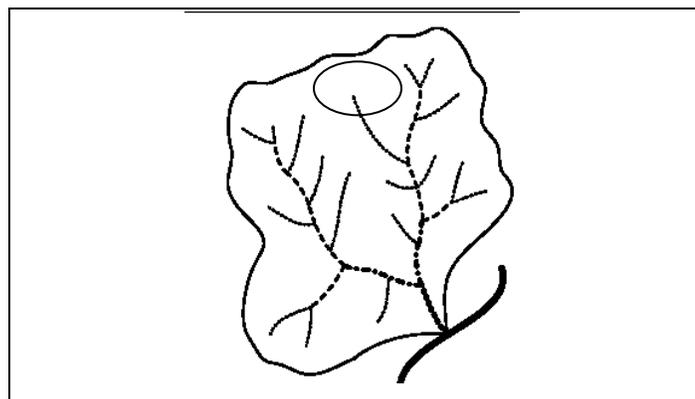


Figura 49. Cuenca y subcuenca (indicada en el círculo)

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

En resumen, los ecosistemas acuáticos reflejan la actividad de la cuenca, y bajo un enfoque integral para el manejo sustentable del recurso hídrico, involucra a los procesos hidrológicos, biológicos, físicos, químicos, sociales y económicos (Karr, 1991, Norris & Thoms, 1999), bajo una dinámica temporal y espacial.

5.1.2.2 Generalidades del sistema fluvial

El sistema fluvial chileno se caracteriza por ser altamente heterogéneo, dada sus particulares características topográficas y orográficas, conformando sistemas de alta variabilidad espacial y temporal, con gran diversidad de hábitat. Por su heterogeneidad conforman una estructura interna propia, un paisaje fluvial en sí, el cual está formado por un mosaico de parches o ecosistemas interactuantes, los cuales se conectan por medio de tres flujos principales. Primero el flujo desde cabera al mar (de ritrón a potamón) se distinguen pozas, rápido, tributarios, canales, islas, trezados en la llanura de inundación. Un segundo flujo con respecto a su entorno terrestre, cambios a lo largo del eje transversal, en su amplitud, en la composición de la vegetación ripariana que puede influenciar el porcentaje de sombra en el cauce, la tasa de transferencia de nutrientes, entre otros. Y un tercer flujo que compromete a la interacción vertical (agua- sedimento). Estos flujos cambian y con eso la estructura (componentes) y funcionamiento (procesos) del ecosistema.

El régimen hídrico juega un rol fundamental en la regulación del funcionamiento del sistema lótico, (Poff & Allan, 1997), lo que es reflejado en la estructura del sistema (Figura 50). Los componentes del régimen hídrico tal como magnitud, frecuencia, duración de los caudales por ejemplo, pueden modificar la integridad del sistema. En períodos de crecidas aumenta el arrastre de componentes abióticos (ejemplo sólidos) y bióticos (desprendimiento de algas), disminuyendo la productividad del sistema, dado por la condición física y química del agua, los recursos alimenticios, las interacciones bióticas y la heterogeneidad del hábitat visualizándose en cambios en los patrones y procesos ecológicos. También la composición química es regulada por factores climáticos tales como las precipitaciones, los

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

procesos de meteorización y erosión, la evaporación, sedimentación con consecuencias en los componentes biológicos, entre otros.

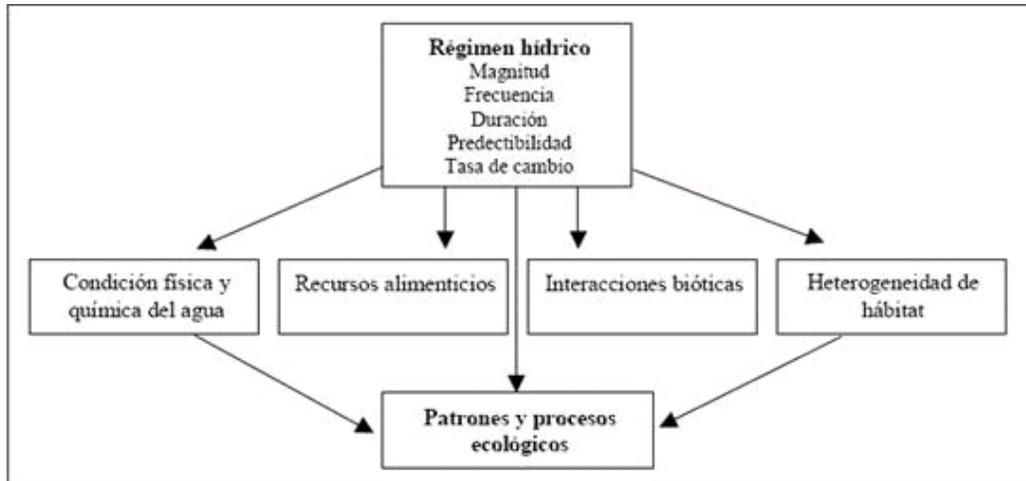


Figura 50. Modelo, régimen hídrico sobre patrones y procesos ecológicos,

Fuente: Poff & Allan, 1997.

El proceso hidráulico se desarrolla en forma previsible dentro del cauce, y las características geográficas de las cuencas fluviales imponen ciertas condiciones al río de tal manera que tienden a ser similares si se asemejan las condiciones del terreno, altitud y pluviosidad (Leopold *et al.*, 1964). Así suelen presentarse diferencias mayores entre los distintos sectores de un mismo río que entre sectores homólogos de ríos distintos, por lo que para dar cuenta de esta variabilidad debe considerarse al sistema fluvial en su conjunto, como un todo (Molina & Vila, 2006). Se podría establecer que son los factores físicos lo que primeramente generan un efecto regulador del sistema acuático lo cual se refleja en los sistemas biológicos.

Así para definir el Plan de vigilancia es importante tener esta consideración la heterogeneidad y complejidad del sistema, la expresión biológica como resultado de cambios en los procesos físicos y químicos y su dinámica en el tiempo. Específicamente para *Didymo* la base de dato se irá fortaleciendo continuamente, por lo que es importante homogenizar sus criterios y metodologías de manera de aumentar el conocimiento de los

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

sistemas fluviales de interés para enfrentar de una manera más robusta la gestión de esta plaga.

5.1.3 Objetivos

5.1.3.1 Objetivo General

Controlar la presencia de la microalga *Didymosphenia geminata*, y disminuir, al máximo, las probabilidades de su dispersión a otros cuerpos de agua terrestres, protegiendo, de esta manera, áreas de alto valor ambiental y actividades de pesca y de acuicultura que se desarrollan en los mismos en la Región de Los Ríos y Araucanía.

5.1.3.2 Objetivos Específicos

- Planificar un programa de vigilancia, detección y control de la especie *Didymosphenia geminata*, según Res. Ex. (SERNAPESCA) 1866/ 2010., bajo los criterios establecidos en REPLA 345/2005, con la finalidad de determinar su evolución perteneciente a las regiones de Los Ríos y Araucanía.
- Realizar una estimación de costos del Programa de Vigilancia propuesto.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

5.1.4 Metodología

En la Figura 51 se observa un esquema del flujo metodológico para establecer los pasos necesarios en un programa de vigilancia ambiental.

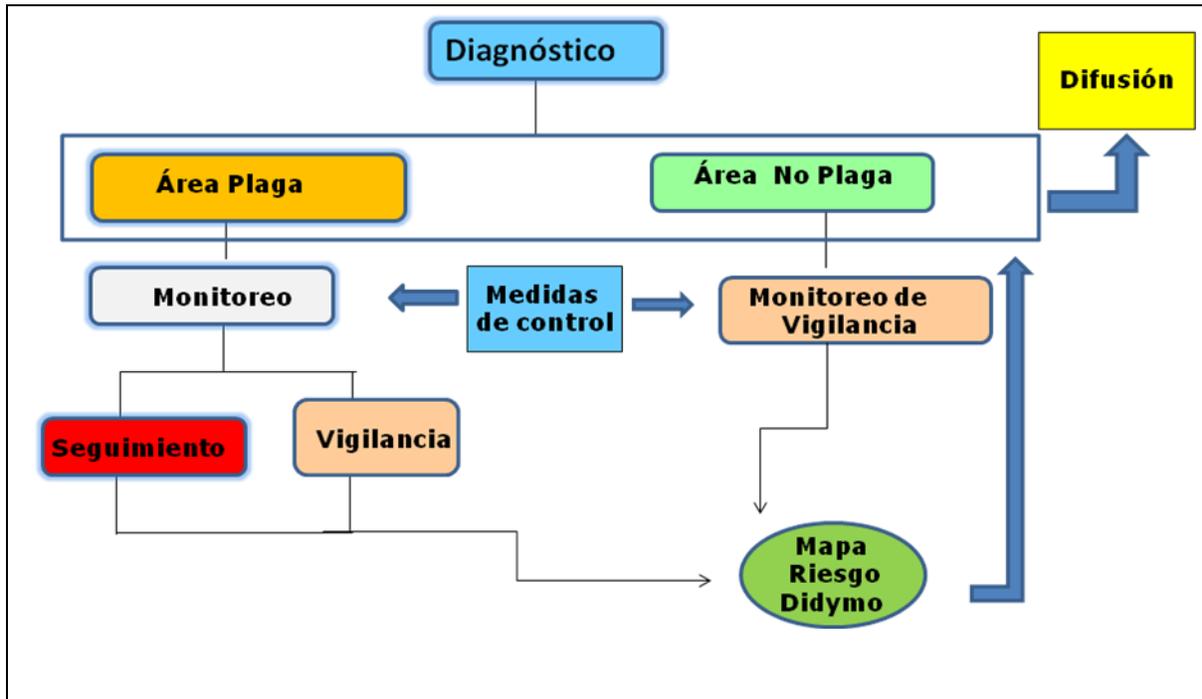


Figura 51. Flujo metodológico

5.1.5 Escala espacial para el Plan de vigilancia

La escala espacial para el Plan de vigilancia en la región determinada es la cuenca hidrográfica, pues involucra los recursos naturales con sus procesos hidrológicos, biológicos, físicos, químicos, sociales y económicos, que son tema de la gestión de plaga.

Para una delimitación operacional se usa la metodología DGA-MOP (2007) que demarca áreas de drenaje superficial donde las precipitaciones (principalmente las pluviales) que caen sobre éstas, tienden a escurrir hacia un mismo punto de salida. Luego se define un nivel de menor escala la microescala, que correspondería a la delimitación de sub-cuencas, con

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

divisorias de tipo secundarias. A este nivel se seleccionan las áreas de plaga y libre de plaga.

Para la selección de los ríos a proponer se contemplan al menos los siguientes criterios:

Para área de plaga

- Ríos con presencia de *D. geminata* confirmada en cualquiera de sus formas como célula aislada o formando pedúnculo, para área de plaga.
- Ríos que pudiesen constituir una probabilidad de riesgo de plaga de Didymo.
- Ríos donde exista la sospecha de la presencia de *D. geminata*, esta sea comunicada a la autoridad pertinente y confirmada.

Para área libre de plaga

- Ríos en los que exista información de prospección y no se haya detectado *D. geminata* en ninguna de sus formas planctónica y bentónica.
- Ríos en los cuales sea baja la probabilidad de riesgo de plaga de Didymo.

5.1.6 Riesgo de Didymo

Componentes para elaborar matriz de riesgo

El riesgo de Didymo es la probabilidad que se exprese la plaga en un tramo fluvial, de acuerdo a la susceptibilidad potencial del tramo para desarrollar la plaga. Se evalúa basado en las condiciones observadas favorables para que se exprese la plaga y el valor ambiental del área. La construcción de mapa de riesgo para Didymo es una herramienta útil para apoyar la toma de decisiones bajo los instrumentos de regulación, para el caso de plagas hidrobiológicas el D.S.MINECON 345/2005. Su función es apoyar a los Programas de Vigilancia y seguimiento, poner en estado de alerta temprana

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

posibles dispersiones de *Didymo*, con el fin de proteger los sistemas ecológicos, conservar el patrimonio ambiental y salvaguardar los usos y servicios ambientales que estos ecosistemas pueden entregar, para el desarrollo potencial de la cuenca en beneficio de sus habitantes y grupos de interés. La plaga está determinada por la dispersión del alga y las condiciones físicas, químicas y biológicas que hacen posible su establecimiento (Fig. 52).

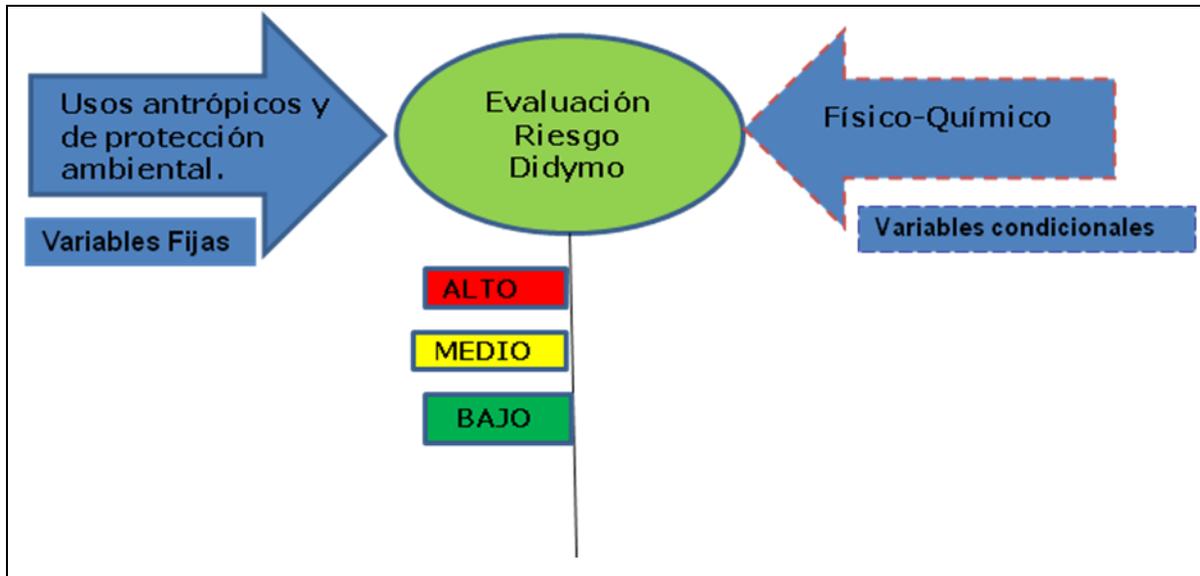


Figura 52. Evaluación de riesgo de *Didymo*

Con la información disponible a la fecha se propone una evaluación de *Didymo* basada en los siguientes ítems:

- a) Vector antrópico: se incorporan las diversas actividades antrópicas del tramo de acuerdo a la subcuenca en estudio. Este es el principal ítem para dispersión de la plaga, por lo cual debería ser el mayor aporte al riesgo *Didymo*, siendo valorado con el puntaje más alto, (Tabla 18).
- b) Variables físicas y químicas principales: esta información fue recopilada fundamentalmente de la literatura, donde se han identificado algunas variables que se han correlacionado con la presencia o ausencia de *Didymo* (Kilroy *et al.*, 2005 a; 2008; Duncan, 2006; Whitton *et al.*, 2009; POCH-UCHILE, 2010 e Informe de Avance POCH-UCHILE, 2011), caracterizando hábitat y patrones de

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

distribución según publicaciones del alga en otros países donde se ha presentado la plaga, en especial de Nueva Zelanda por estar localizada en el Hemisferio Sur. También se incorporaron características de hábitat de ríos donde ha sido detectada la plaga en Chile (POCH-UCHILE, 2010; inf. Avance POCH-UCHILE 2011), y ríos con presencia de *Didymo* en Chile (Reid *et al.*, 2010; CIEN Austral, 2010).

c) Valor ambiental: basado principalmente si el sistema fluvial se relaciona con algún instrumento de protección a la biodiversidad, tal como Parque Nacional, SNASPE, Estrategia de humedales, entre otros.

d) Vector natural: vectores con capacidad de dispersión y dificultad de control, como lo es la presencia de aves. Para lo cual es importante los registros en terreno y documentarse de aspectos como anidamiento de aves, etc.

5.1.7 Matriz de riesgo

Se elaboró una matriz de doble entrada con variables que se relacionan con presencia/ausencia de *Didymo*, según la literatura y resultados de prospecciones (POCH-UCHILE, 2010 e Inf. Avance POCH-UCHILE, 2011). Se propusieron variables fijas y variables condicionales, estas últimas potencian la probabilidad de *Didymo*. Las variables fijas son las de mayor importancia para la dispersión de *Didymo*, y las condicionales son las variables físicas y químicas que han presentado correlación con presencia de *Didymo*. Cabe hacer notar que en Chile de acuerdo a los resultados disponibles, no se han observado patrones generales de distribución del alga, sino que algunas variables caso a caso han demostrado correlacionarse con ausencia/presencia de *Didymo*, por ejemplo sustrato.

A cada variable fija seleccionada se le asignó un puntaje basado en la importancia relativa de probabilidad de plaga *Didymo* (según criterio de experto). Estas fueron las siguientes: variables de localización al tramo de

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

infección (37 %); factor antrópico (38 %); valor ambiental (16 %) y vector natural (9 %). Se asignó un puntaje a cada variable (según criterio de experto) tomando de referencia el porcentaje asignado a cada ítem. Se establecieron categorías de riesgo por ítem (ver Tabla 18):

- Alto riesgo, reúne todas las condiciones para el desarrollo de Didymo.
- Riesgo medio con menores condiciones para el desarrollo de Didymo
- Riesgo bajo con ambiente de baja probabilidad para el desarrollo de Didymo.

De acuerdo al puntaje total se categorizaron los distintos niveles de riesgo, siendo el mayor puntaje el riesgo más alto (Tablas 15, 16 y 17). El riesgo debería tomar en cuenta desde el tramo monitoreado hacia aguas arriba de la corriente del sistema fluvial.

La propuesta de matriz de riesgo debe ser continuamente retroalimentada y ajustada en la medida de contar con mayor disponibilidad de base de dato, a través de monitoreos futuros, pues la información actual es aún insuficiente. Podrían incorporarse a formar parte de las variables fijas a algunas variables físicas y químicas condicionantes que pudiesen resultar correlacionadas con presencia/ausencia de Didymo, en estudios futuros.

Cabe hacer notar que como no se han observado patrones generales de distribución de Didymo a la fecha, es recomendable profundizar en el análisis de cada subcuenca específicamente dada su heterogeneidad espacial. Esta situación de falta de patrones de distribución, también ha sido observado para otras localidades con Didymo , para Nueva Zelanda, Estados Unidos, Canadá, observándose condiciones de plaga en un amplio rango de distribución físico y química (Inf. Avance POCH-UChile, 2011). Por lo que es recomendable un análisis exhaustivo a escala espacial de nivel local.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Tabla 15. Matriz de riesgo Didymo, según criterio de experto (A: variables fijas; B: Puntaje de riesgo Didymo basado sólo en variables fijas; C: variables adicionales).

Variables Fijas (A)						
Item	Variable	Puntos	Alto	Medio	Bajo	
Localización geográfica referencia Didymo	Conexión con parte infectada		32			
	Cercano al punto de infección			15		
	Cuenca vecina				10	
	Total item		32	15	10	
Antrópico	Ganado	4	Más de dos actividades	Dos actividades	Sin actividad	
	Agricultura	3				
	Poblados cerca	4				
	Otros: Planta tratamiento, Piscicultura, entre otros	3				
			15	8	0	
	Actividades Recreativas	Kayak/Rafting		7		
		Pesca		7		
		Camping			3	
		Otros: Trecking, visita			3	
				14	6	0
	Acceso (***)	Accesible, transfronterizo		4		
		Restringido			2	
		Sin acceso				
			4	2	0	
	Total item		33	16	10	

(*) Alto: todas actividades; Medio: 2 actividades; Bajo: sin actividad.

(**) Alto: todas actividades; Medio: actividades fuera agua; Bajo: sin actividad.

(***) Alto: accesible; Medio: acceso restringido; Bajo: sin acceso.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Tabla 16. Matriz de riesgo Didymo, según puntaje de variables fijas.

Variables Fijas					
Item	Variable	Ptje	Alto	Medio	Bajo
Localización geográfica referencia Didymo	Total item		32	15	10
Antrópico	Total item		33	16	10
Valor Ambiental del lugar	Protección Biodiversidad		14		
	Sin protección Biodiversidad				0
	Total item		14	0	0
Vectores naturales	Presencia en el río infectado		8		
	Presencia en cercanía a infección			5	
	Ausencia				0
	Total item		8	5	0
Puntaje total variables Fijas		123	87	36	10

Tabla 17. Variables opcionales.

Item	Variables opcionales (C)		Puntaje	Alto	Medio	Bajo
Variables Físicas y Químicas	Sustrato	Predomina tamaño \geq Bolones		3	0	0
		Predomina tamaño \leq Arena		0	1	0
		Epifitas de macrófitas		0	0	0
		Epífitas de algas		0	2	0
	Tipo flujo	de río		4	0	0
		de torrente		0	0	0
	Transparencia	Alta		0	0	0
		Baja		3	0	0
	Temperatura promedio	Alta ($\geq 15^{\circ}\text{C}$)		0	0	0
		Baja		3	3	0
	Exposición	Cubierto		0	0	0
		Expuesto		2	0	0
	Conductividad	Alta ($> 80 \mu\text{S/cm}$)		0	0	0
		Baja		2	2	0

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

	Regulación de flujo	Río bajo lago o embalse		3	0	0	
		Sin regulación		0	0	0	
	Profundidad	Somero (≤ 50 cm) con escorrentía superficial		3	3	0	
		Profundo con escorrentía superficial		0	0	0	
		Poza		0	0	0	
	Total item condiciones físicas			26	23	11	0
	pH	ácido			0	0	
		básico		3			
	Total item condiciones químicas			3	3	0	0
	Puntaje total Adicional			29	26	11	0

Tabla 18. Rangos de riesgo para Didymo (Alto, Medio y Bajo).

Riesgo Didymo	Puntaje asignado
Alto	> 36
Medio	10-36
Bajo	< 10

Observación: Se consideran las variables fijas

En la Figura 53 se puede observar el resultado del Riesgo Didymo para los ríos prospectados en la Región de los Ríos, y los detalles de puntaje basado en las variables fijas se puede observar en el Anexo 8 A. Los ríos Zahuil, Huenehue, Neltume, Blanco (en Enco), Hua Hum, Caunahue, Blanco, Cumilahue, Nilahue y Riñinahue resultaron de bajo riesgo, atribuido principalmente a que no está asociado a sitio de protección a la biodiversidad, bajas actividades de uso de suelo (de dos o menos de dos actividades) asociado ya sea a uso agrícola, ganadero, poblados cerca, otros. El resto de los ríos prospectados resultaron caer en categoría de riesgo medio principalmente por un mayor número de actividades asociadas a cada estación de muestreo prospectada, y actividades de pesca recreativa. Las barras negras representa el riesgo condicional, las que deberían potenciar al riesgo por variables fijas.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Sin embargo se requiere seleccionar las variables condicionales en futuros estudios, según los resultados de análisis de correlación para el ajuste de los puntajes propuestos. Los mapas de riesgo se pueden observar en el Anexo 8B.

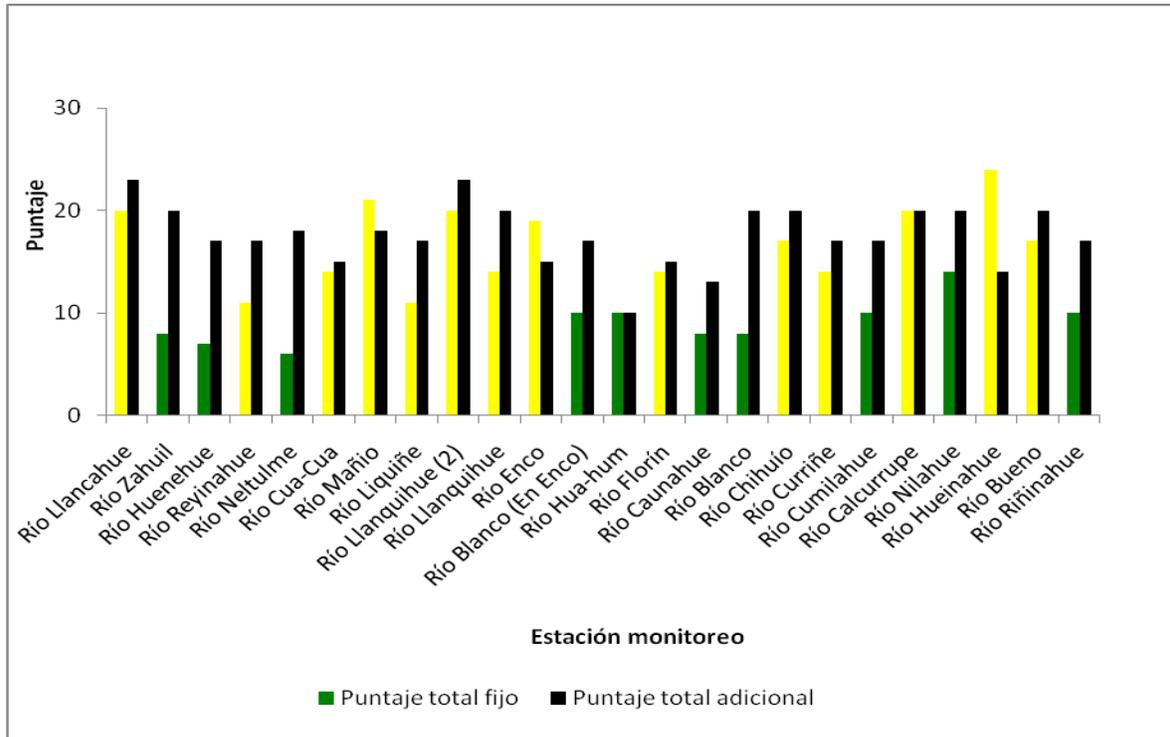


Figura 53. Riesgo Didymo para ríos prospectados Región de Los Ríos

Observación: Las barras en colores (verde indica riesgo bajo y amarillo riesgo medio, que representan la categorización de riesgo por variables fijas.

En la Figura 54 se puede observar el resultado del Riesgo Didymo para los ríos prospectados de la Región de La Araucanía. Se puede observar que ningún río resultó con riesgo alto, esta Región colinda con la De Los Ríos donde no se ha detectado la presencia de Didymo. De los ríos prospectados los de menor riesgo fueron el Chol Chol, Cautín y Trancura. El resto de los ríos cayeron en la categoría de riesgo medio, presentando el mayor puntaje el Río Liucura atribuible a la presencia cercana del Parque Nacional Huerquehue y a los usos de ganadería y agricultura. También es importante destacar que estas

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

regiones tiene una gran influencia turística con caminos transfronterizos que aumentan la probabilidad de riesgo Didymo, siendo relevante su protección. Las barras negras que representa el riesgo condicional, las que deberían potenciar al riesgo por variables fijas. Sin embargo se requiere seleccionar las variables condicionales según los resultados de análisis de correlación para el correspondiente ajuste de los puntajes propuestos. Los mapas de riesgo se pueden observar en el Anexo 8 B.

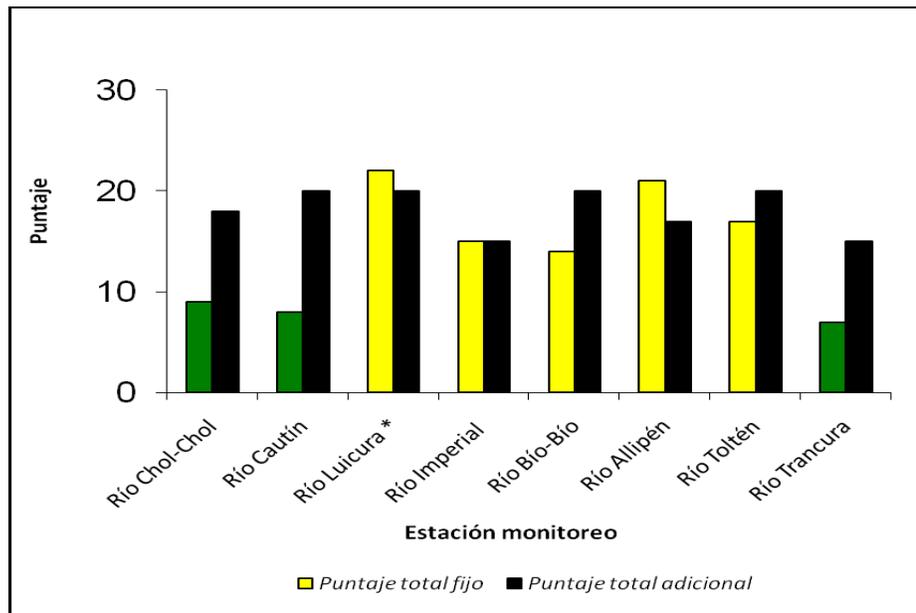


Figura 54. Riesgo Didymo para ríos prospectados Región de La Araucanía

Observación: Las barras en colores representan la categorización de riesgo por variables fijas. Verde (bajo), amarillo (medio). La barra negra representa las variables condicionantes; (*) sitios protección biodiversidad.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

5.1.8 Tipos de monitoreos

La Tabla 19 muestra solo los monitoreos sugeridos, para las áreas libre de plaga, dado que en las cuencas prospectadas no hubo registros de *Didymo* y que un análisis de riesgo para los ríos prospectados resultó ser de medio a bajo. Para la áreas con plaga como determina el REPLA , desarrolla in extenso en el Informe Final POCH-UChile, 2011, para Los Lagos y Aysén).

Tabla 19. Muestreos de vigilancia y seguimiento para distribución de *Didymo*

Área	Actividad	Observación
Libre de Plaga	Muestreos periódicos para determinar presencia/ausencia de <i>Didymo</i>	Se realiza en las áreas de vigilancia a determinar según mapa de riesgo y/otras observaciones que aporten al objetivo.
	Muestreos puntuales y esporádicos, corroborar presencia/ausencia de <i>Didymo</i> .	Se realiza en áreas de vigilancia o en área sospechosa a detectar <i>D. geminata</i> .

5.1.9 Programa de Vigilancia

Período Vigilancia y frecuencia de muestreo

- El período de vigilancia está influenciado por la dinámica temporal de factores climáticos.
- Chile presenta un clima templado y la expresión de la biota podría presentar una variabilidad estacional. Por otro lado durante las crecidas se producen los “lavados hidráulicos”, con consecuencias sobre la productividad del sistema, se produce una inestabilidad física que dificulta el asentamiento de esporas, por lo que es esperable una

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

disminución del desarrollo algal. Los aumentos de caudal pueden producirse por precipitaciones y deshielos. De tal manera que es necesario saber el régimen del río pluvial, nival o mixto y contar con las curvas de caudales y precipitaciones para definir las épocas de crecidas y planificar el muestreo.

- La frecuencia de muestreo, deberá contemplar la variabilidad estacional, la dinámica de poblaciones de *Didymo*, las actividades antrópicas de interés que se han relacionado con su dispersión, como lo son las de tipo turístico.
- Se ha observado cambios en la expresión de la plaga en el tiempo (Curso U.Chile, 2011), sin embargo es necesario estudiar la dinámica de poblaciones de *Didymo*. Por lo pronto se recomienda al menos considerar un monitoreo en época de mayor expresión de las poblaciones, incorporar variables hidrodinámica del sistema y también en época de estiaje. Se deberá tener en cuenta programar los tiempos de muestreo y generación de los informes para que la autoridad competente a nivel nacional, regional pueda contar con información para la gestión de la plaga.

5.1.10 Selección de puntos de muestreo

Como se mencionó anteriormente en la parte Introdutoria el sistema fluvial es complejo y es muy difícil poder dar cuenta de su heterogeneidad interna espacial y más aún considerando su dinámica temporal. Bajo este contexto lo importante es el objetivo del muestreo, el detectar *Didymo*, teniendo en cuenta la escala local (microescala nivel de subcuenca) para registrar las condiciones específicas (físicas y químicas) del sistema fluvial, que son las de interés para el objetivo, en el sentido de controlar la dispersión. Recordar que la biota refleja los cambios físicos y químicos del sistema y que el rango de distribución de *Didymo* ha sido reconocido ser muy amplio (Kilroy *et al.*, 2005) de ahí la importancia del análisis a nivel local de microescala.

Se selecciona el tramo de muestreo y las actividades a desarrollar, de acuerdo a lo indicado en el I. Técnico D.AC. N° 2064/2010; Kilroy & Dale, (2006); Protocolo de procedimiento de muestreo de SUBPESCA elaborado por Díaz, Molina & Montecino (2011). En el tramo establecido se realiza básicamente una Inspección visual, determinación de variables físicas y químicas, muestreo bentónico y pelágico y aspectos de bioseguridad relacionados con actividades propias del muestreo.

Para el monitoreo de vigilancia uno de los principales aspectos a tomar en cuenta es la variabilidad de los principales flujos que conectan el sistema observado los cuales controlan en gran parte los procesos locales y las actividades antrópicas.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Criterios de selección de los tramos a prospectar para establecer estaciones de vigilancia.

Tabla 20: Criterios generales para selección de sitios de muestreo.

Criterio	Observación
Trabajo de gabinete	Revisión de antecedentes de sitios prospectados sobre presencia de <i>D. geminata</i> acorde a las regiones especificadas (Estudios previos), para su caracterización de acuerdo a los objetivos.
Selección del área de estudio.	Contar con material cartográfico, imágenes satelitales, y /o cualquier otro medio, que permita seleccionar áreas correspondientes a rítrón, zona media y potamón. La determinación del área se realiza en gabinete, el tramo se localiza en terreno mediante GPS.
Recopilación de antecedentes	Identificar accesos, caminos, poblados, morfología del río, altura, etc., y todo lo que aporte a caracterizar el área, mediante información disponible.
Selección de estaciones de muestreo	Sitios donde se desarrollen actividades antrópicas tales como: actividades de pesca extractiva y/o acuicultura, deportivas, turística, poblados etc.
Sitios vulnerables ambientalmente	Zona de descarga, residuos, condiciones hidrológicas y geomorfológicas.
Sitios accesibles	El tramo de muestreo deberá contar con accesibilidad para el ingreso y factibilidad de llevar a cabo la inspección visual, la recolección biológica y calidad de agua superficial.
Sitios acceso público	Sectores establecidos de libre acceso
Variables fijas de la matriz de riesgo.	Revisar las variables fijas de la matriz de riesgo y priorizar esta observación para chequearla en el sitio de muestreo.
Condiciones físicas y	Revisar las variables condicionales de la matriz de

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

químicas aptas para desarrollo del alga.	riesgo para la selección del sitio de muestreo e indicarlas en una ficha de terreno, las que correspondan.
Muestreo representativo	Muestreo representativo en relación a la extensión total del cuerpo de agua, para incorporar la variabilidad espacial. Si el río fuese homogéneo en su morfología, y no se distinguen las zonas fluviales llevar a cabo un muestreo en el último tramo del río. Si se diferencia una zonación longitudinal, se toma una muestra por cada zona fluvial, especificando las zonas de muestreo; rítrón, media y potamón, si los sitios son accesibles
Afluentes	Incorporar en el diseño de muestreo a los afluentes.
Condiciones favorables	Llevar a cabo el muestreo con condiciones aptas climáticas, hidrológicas.
Coordinación	Efectuar reunión de coordinación con la autoridad competente para que el monitoreo esté acorde a lo que se requiere en el D.S. 245.

5.1.11 Cantidad de muestras

La cantidad de muestras por sitio dependerá del tipo de muestreo, el cual puede ser de tipo cualitativo y cuantitativo (Fig.54, Tabla 20). El tipo de muestreo queda determinado por el objetivo de muestreo para el Programa de Vigilancia.

El muestreo de tipo cualitativo es más simple, se recolecta una muestra integrada en el tramo. Se toma una muestra compuesta, provenientes de diversos sustratos de tipo rocoso. Se recoge una mayor variabilidad del tramo, y los costos son de menor valor, probablemente este tipo de muestreo puede ser adecuado para el monitoreo de seguimiento.

El muestreo de tipo cuantitativo se compone de la recolección de una muestra integrada por cada transecta (A, B, C) en el tramo, tomando una muestra compuesta de diversos sustratos de tipo rocoso por transecta, obteniendo un mínimo de tres muestras, que serían réplicas. Este muestreo es de mayor costo que el muestreo cualitativo pero permite realizar análisis estadístico.

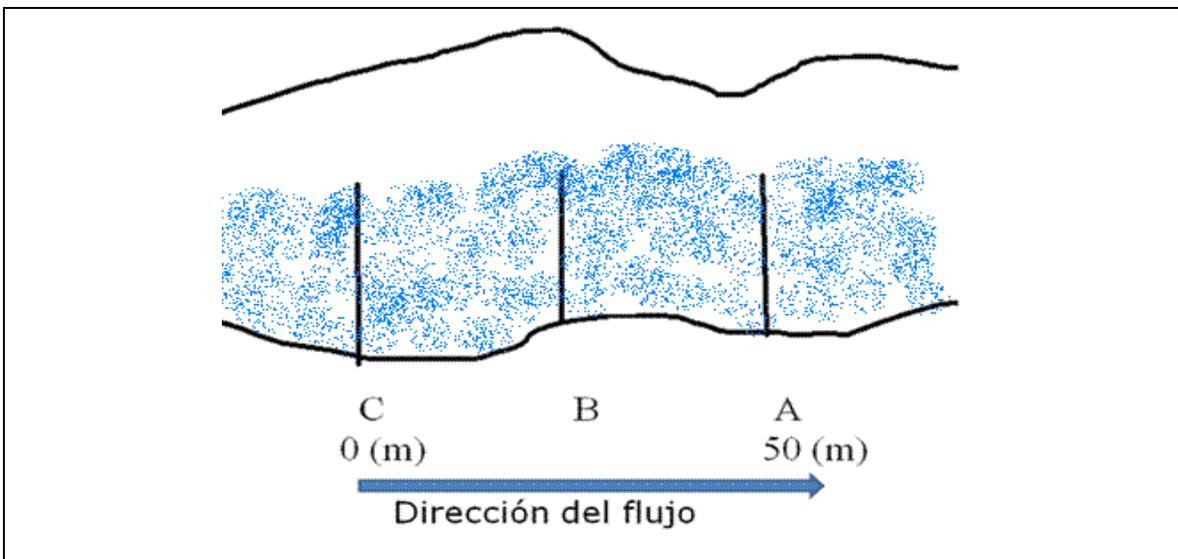


Figura 55. Esquema para delimitar la Inspección visual, se muestra el tramo (de 0m a 50 m) y las transectas A-B-C. (Manual, Díaz, Molina & Montecino, 2011).

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Tabla 21. Tipos de muestreo

Muestreo Cualitativo	Muestreo cuantitativo
Toma de una muestra por tramo integrada	Toma de tres muestras por tramo, se integra cada subtramo (A,B,C).
Sólo con una muestra se determina presencia/ausencia de Didymo	Se requieren tres réplicas, para determinar presencia/ausencia de Didymo
No se dispone de réplicas pero se cumple el objetivo de detección de Didymo.	Se dispone de réplica, que permite aplicar programas estadísticos para el análisis de resultados.

5.1.12 Variables físicas y químicas a determinar

Las variables a determinar para vigilancia y seguimiento deberán corresponder a las siguientes:

- Variables que han resultado relacionarse con presencia/ausencia de Didymo, basado en la literatura y estudios en el país.
- Variables relacionadas con actividades antrópicas.
- Variables que aporten a conocer el funcionamiento del sistema y por lo tanto a su caracterización.
- Variables relacionadas con el sistema a observar.

En general se miden las variables *in situ* bajo las condiciones de mantenimiento y calibración establecidas en el protocolo (Díaz, Molina & Montecino, 2011). Se mide la velocidad del tramo para determinar caudal. Este cálculo frecuentemente es sólo estimativo, pues hay limitaciones de accesibilidad para precisarlo, en los ríos de flujo torrente.

También se deben tomar muestras de agua superficial para efectuar análisis químicos de elementos o compuestos que ha resultado un aporte a la distribución de Didymo.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

- Tomar en cuenta la particularidad del sistema fluvial chileno y de la importancia de las condiciones locales como probable valor explicativo de presencia/ausencia de *Didymo*.

Las variables básicas a determinar se indican en la Tabla 22 y se proponen de ejemplo otras variables adicionales en la Tabla 23, por ser complementarias y dar información útil para caracterizar el sistema fluvial.

. Según sea el caso alguna variable adicional podría justificarse ser una variables básica en un plan de vigilancia.

Tabla 22. Variables básicas a determinar

Determinación de variables a determinar <i>in situ</i> y en el laboratorio	
Temperatura (°C)	pH
Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)
Velocidad (m/s)	Turbidez NTU
Calcio (mg/L)	Fósforo orgánico (mg/L)
Nitrato (mg/L)	Fósforo inorgánico (mg/L)
Nitrito (mg/L)	Silicato (mg/L)
Sólido en suspensión (mg/L)	

Tabla 23. Variables adicionales a determinar (ejemplos).

Componente	Justificación
Nitrógeno total	Indicador de eutroficación
Fósforo total	Indicador de eutroficación
Amonio	Altas concentraciones se ha correlacionado con <i>Didymo</i>
Sulfato	Para caracterización de calidad de agua junto a los otros iones. Se ha encontrado correlación con <i>Didymo</i> .
Metales	Se ha correlacionado <i>Didymo</i> , con hierro.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

El procedimiento para la obtención de las muestras de agua deben ser llevadas a cabo bajo metodologías estandarizadas disponibles en el país.

Es recomendable elegir laboratorios químicos que posean acreditación a la NCh-ISO 17025 (normativa sobre requisitos para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, INN-Chile).

El muestreo es una de las partes más relevantes, se debe realizar bajo rigurosos procedimientos, para la utilidad de los datos, para la información a generar, y poder disminuir al máximo la incertidumbre inherente a esta actividad.

5.1.13 Documentos relacionados con el monitoreo

Lista de documentos a considerar en el procedimiento para la planificación del monitoreo:

Programa de vigilancia y seguimiento

Su elaboración deberá estar acorde con el documento REPLA 245, con los alcances y requisitos que determine la autoridad (Informes, reglamentos, protocolos).

El documento deberá contener al menos los siguientes tópicos:

- Objetivos
- Metodología de cada ítem a desarrollar.
- Cartografía
- Áreas de vigilancia (referencial) y georreferenciadas).
- Información limnológica, antrópica, entre otras, de los sitios de vigilancia que esté disponible.
- Lista de chequeo de actividades.
- Cadena de custodia, registra toda la información necesaria para identificar cada muestra ingresada al laboratorio. Documento proporcionado por el laboratorio de análisis químico correspondiente.

5.1.14 Requisitos para el monitoreo de *Didymo*

Entre los requisitos más importantes para el monitoreo están:

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

- El programa de Vigilancia y seguimiento a aplicar debe estar previamente aprobado por la autoridad, bajo el contexto legal pertinente, como lo es estar acorde con la Resolución de plaga (REPLA 245).
- Cumplir el objetivo del programa
- Contar con el financiamiento para ejecutarlo de acuerdo al programa de vigilancia y seguimiento establecido.
- Aplicar elementos de sistema de aseguramiento de la calidad, en la medida de lo posible a los componentes de plan de vigilancia y seguimiento. Un sistema de calidad trata de la producción de resultados confiables que garanticen que el proceso de medida efectuado es exacto, confiable y adecuado para el propósito para el cual fue aplicado. Para la etapa de muestreo existen normas generales que pueden ser usadas en algunas actividades. Sin embargo específicamente para *Didymo* se debe aplicar el Inf. Técnico D.A.C. 2064/2010, el Protocolo adoptado por SUBPESCA (Díaz, Molina & Montecino, 2011).

En la Tabla 24, se indican componentes principales del Plan de vigilancia y seguimiento a los cuales podría aplicarse elementos de un sistema de aseguramiento de la calidad, en forma directa o referencial. No hay estándares para el muestreo de *Didymo*, pero el tema ha sido abordado en cursos de capacitación a profesionales de diversas instituciones, públicas y privadas.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Tabla 24. Componentes del plan de vigilancia y seguimiento y aseguramiento de la calidad.

MUESTREO		REQUERIMIENTOS
Inspección visual Y Muestreo Biológico		<p>-Profesionales/Técnicos, capacidades demostrables: participación en prospecciones de Didymo; cursos de capacitación realizados en el tema.</p> <p>-Capacidades para aplicar: Protocolo adoptado por SUBPESCA, Díaz, Molina & Montecino, 2011. Inf. Téc.2064/2010</p>
Muestreo físico y químico		<p>Profesionales/Técnicos con capacidades demostrables:</p> <p>-experiencia en monitoreos de calidad de agua superficial.</p> <p>-capacidades para aplicar normativa vigente relacionada con muestreo acuático de aguas continentales: NCH-ISO 411/2. NCH-ISO 411/3. NCH-ISO 411/6.</p> <p>-Capacidades para aplicar Protocolo adoptado por SUBPESCA Díaz, Molina & Montecino, 2011.</p>
Bioseguridad		<p>-Profesionales /Técnicos con capacidades demostrables:</p> <p>-Participación en prospecciones de Didymo.</p> <p>-Curso de capacitación realizados en el tema.</p> <p>-Capacidades para aplicar Protocolo adoptado por SUBPESCA Díaz, Molina & Montecino, 2011.</p> <p>-Capacidades para aplicar Res/Ex. 332/2011, SERNAPESCA.</p>
Análisis de	Biológico en	-Profesional responsable del análisis debe contar

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

laboratorio	bentos y plancton.	<p>con capacidades demostrable para realizar la actividad, tal como:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Académicos con publicaciones en fitoplancton y /o fitobentos. -Laboratorio de análisis especializados en análisis de fitoplancton capacitado para recuento alga. -Laboratorio que posea un indicador de "sistema de la calidad", tal como. Acreditación a la NCh-ISO 17025 para análisis biológico. -Aplicar metodología adecuada para el análisis: Se recomienda el Protocolo adoptado por SUBPESCA, Díaz, Molina & Montecino, 2011. Informe Técnico 2064/2010.
	Químico	<ul style="list-style-type: none"> -Laboratorios acreditados a la NCh-ISO 17025. -Usar metodologías estandarizadas (Standard Methods, 2005), indicadas por el cliente. -Chequear los límites de detección en especial para nutrientes y metales, según rangos estimados para aguas continentales superficiales.
Informes	Resultados	<ul style="list-style-type: none"> -Entrega al servicio a tiempo para toma decisiones informadas. -Inspección visual -Información de presencia/ausencia de <i>Didymo</i> en plancton y bentos. -Reporte de células viables. -Abundancia de <i>D. geminata</i> -Resultados de componentes físicos y químicos. -Descripción del sitio de muestreo. -Mapa de distribución de <i>Didymo</i> en ríos prospectados

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

		-Registros fotográficos: actividades muestreo, material biológico, estación. -Certificados de análisis químico.
	Responsables	Indicar el equipo de trabajo, los responsables del muestreo y de elaboración de Informe.
	Frecuencia	-Se efectuará un Informe parcial por cada ejecución de Plan de Vigilancia y Seguimiento.
Difusión		La información generada debe ser difundido a las organizaciones, mesa de Didymo, Comité consultivo formado por expertos u otro. Esta comunicación puede ser mediante talleres o digital. Se podrán realizar observaciones al Informe en un plazo determinado por la autoridad SERNAPESCA.

Observación: El Programa de vigilancia deberá ser revisado periódicamente de acuerdo a lo que fije la autoridad, para efectuar modificaciones pertinentes y actualizar procedimientos, para fortalecer su enfoque preventivo, en el contexto del cumplimiento legal. Esto permite una mayor eficacia del proceso, actualizar información y tecnologías de detección.

5.2 Costos de Programa de Vigilancia

La estimación del Programa de Vigilancia depende del objetivo de muestreo, esto define el procedimiento a seguir y los costos. Para los cálculos de costos se cotizaron diversas consultoras y se estableció un valor promedio. Se consideró para el cálculo de costos el desarrollo de un Programa de vigilancia compuesto por 30 estaciones de muestreo, en una campaña de terreno de 15 días para la cuenca Valdivia, Región de Los Ríos y de 15 estaciones para la cuenca Toltén Región de La Araucanía. Para la cuenca Valdivia se proponen 21 estaciones de muestreo, pero dado que esta cuenca es

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

extensa y podrían haber otros sectores accesibles, para aumentar la representatividad se toma como referencia 30 estaciones de muestreo. Para la cuenca de Toltén se establecen 16 ríos y varios cuentan con más de una estación de muestreo, por lo que el costo de vigilancia sería un 50% menor a la cuenca Valdivia.

En el capítulo anterior se indicaron opciones de monitoreo, relacionado con el tipo de muestreo que se resumen en las siguientes:

- Muestreo físico y químico: este considera dos tipos de muestreo uno básico y otro completo. Este último consiste en incorporar otras variables químicas de interés para determinar la presencia/ausencia de *Didymo*.
- Muestreo biológico: Si es de tipo cualitativo o cuantitativo.
- Análisis de laboratorio biológico bentónico: Si es un análisis simple o requiere de mayor elaboración como lo es la digestión de cada muestra de bentos.

5.2.1 Monitoreo Básico Plan de vigilancia

En la Tabla 24, se muestran los ítem necesarios para realizar un monitoreo básico, compuesto por los aspectos físico y químico y biológico, considerando análisis de bentos simple y digerido para 30 estaciones de muestreo.

La Figura 56 muestra que los mayores costos los representa el trabajo de campo, con un 46 % del costo total por campaña, seguido por el ítem logística con un 20 %.

Tabla 25. Costo estimado de un programa de vigilancia según monitoreo básico

ITEM	COSTO (\$)
Equipos para terreno	374564
Logística para terreno	2.500.000

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Laboratorio Químico	840.000
Laboratorio Biológico	1.320.000
Trabajo de Campo	5.500.000
Elaboración de informe	500.000
TOTAL 1 campaña bentos simple Cuenca Valdivia, XVI región.	11.303.564
TOTAL 1 campaña bentos simple Cuenca Toltén, IX región.	5.651.782
TOTAL anual 2 campaña bentos simple, Cuenca Valdivia, XVI región..	22.607.128
TOTAL anual 2 campaña bentos simple, Cuenca Toltén, IX región.	11.303.564

TOTAL campaña bentos con digestión, Cuenca Valdivia, XVI región	11.970.230
TOTAL campaña bentos con digestión, Cuenca Toltén, IX región.	5.985.115
TOTAL anual 2 campaña bentos con digestión Cuenca Valdivia, XVI región	23.940.460
TOTAL anual 2 campaña bentos con digestión Cuenca Toltén, IX región	11.970.230

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

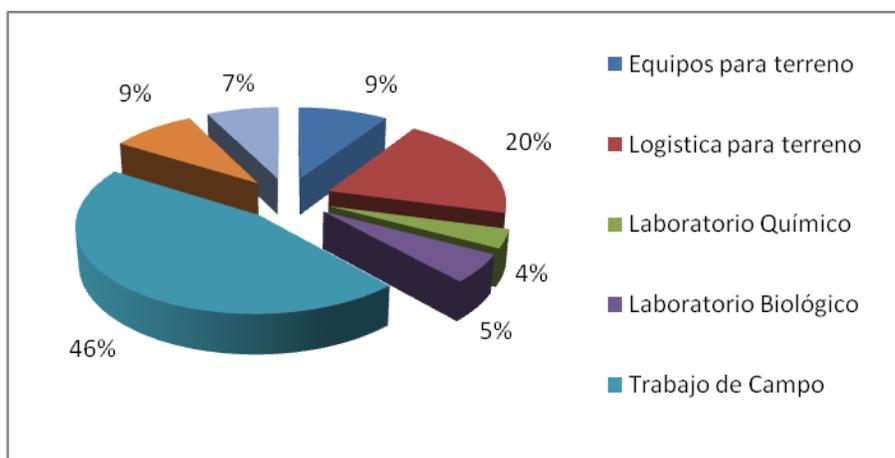


Figura 56. Distribución porcentual de gastos por campaña, según monitoreo básico.

5.2.2 Monitoreo completo

La Tabla 26, muestra los costos asociados a un monitoreo completo lo que incluye análisis de metales, nutrientes, iones, y muestreo biológico de bentos con réplicas. Por su parte, la Tabla 26 indica los ítems considerados para el cálculo de costos de un monitoreo completo.

La Figura 57 muestra que el trabajo de terreno utiliza el 33 % de los recursos, seguido por el análisis biológico con un 22 % del total.

Tabla 26. Costo estimado de un programa de vigilancia según monitoreo completo.

ITEM	COSTO (\$)
Equipos para terreno	374.564
Logística para terreno	2.700.000
Laboratorio Químico	1.320.000
Laboratorio Biológico	2.640.000
Trabajo de Campo	5.500.000
Elaboración de informe	700.000

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Arriendo de embarcación	300.000
TOTAL bentos simple, cuenca Valdivia	13.514.564
TOTAL bentos simple, cuenca Toltén	6.757.282
TOTAL anual 2 campaña bentos simple, Cuenca Valdivia, XVI región..	267.029.128
TOTAL anual 2 campaña bentos simple, Cuenca Toltén, IX región.	13.414.564

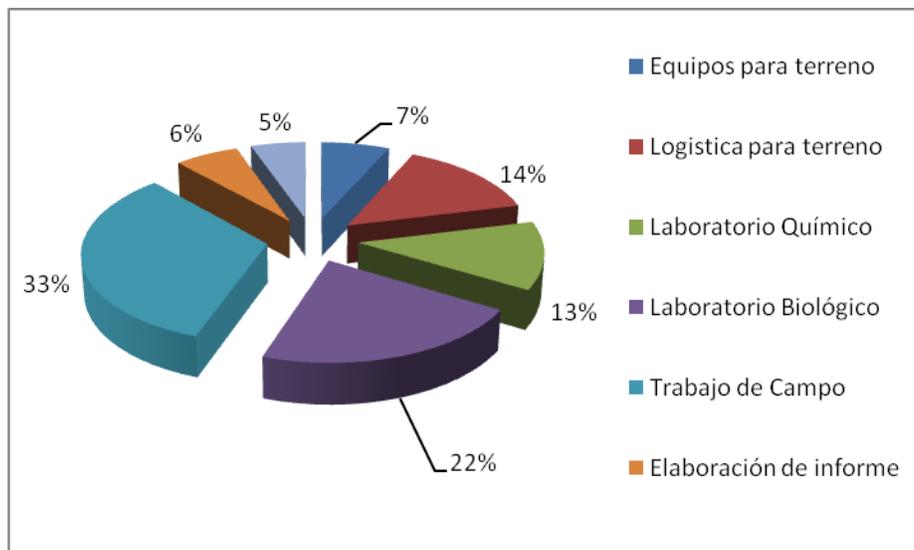


Figura 57. Gráfico distribución porcentual de los gastos asociados a las campañas de terreno. Monitoreo Completo.

Tabla 27. Composición de Item para monitoreo

ITEM
EQUIPAMIENTO BÁSICO PARA TERRENO
Instrumentos
Insumos para instrumentos de medición <i>in situ</i>
Soluciones de mantención y calibración de instrumentos
Material de escritorio, e insumos de muestreo.
Redes para muestreo Biológico
Equipo de terreno
Reactivos
Transporte muestras
Frascos
Bioseguridad
LOGÍSTICA PARA TERRENO
Alojamiento
Alimentación
Vehículo adecuado y combustible
LABORATORIO QUÍMICO
Contenedores en cadena de frío con frascos según análisis
LABORATORIO BIOLÓGICO
Equipo e insumos para medir Fitobentos
Equipo e insumos para medir Fitoplancton
TRABAJO DE CAMPO
ELABORACIÓN DE INFORME
ARRIENDO EMBARCACIONES

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

6 APLICACIÓN

Los ríos prospectados para ambas regiones estuvieron ausente de *Didymo*, por lo cual el Programa de Vigilancia requiere de establecer un tipo de monitoreo que corresponde a vigilancia, sin estaciones de seguimiento, por lo que según lo establecido en REPLA 345/2005, sólo se establece monitoreo de vigilancia para área No plaga, para ambas regiones. Esta propuesta está basada en POCH-U.Chile, 2011 para Los Lagos y Aysén donde se dan ambas áreas en un Plan de Vigilancia y Seguimiento.

6.1 Áreas de vigilancia Región de Los Ríos

6.1.1 Área declarada No plaga

La cuenca Valdivia es la cuenca a proponer área libre de plaga para aplicar Plan de Vigilancia en la Región de Los Ríos. Es una cuenca donde no se ha registrado *Didymo*, y posee varias características para ser vulnerable, entre los cuales está:

- Posee varios sitios de accesos, se desarrolla actividad recreativa y posee pasos transfronterizos y cuerpos de agua conectados con Argentina. En los talleres de difusión se comentó que las zonas de Puelo en comunicación con Argentina deberían ser reforzadas en los pasos transfronterizo, para control de la plaga.

En la Figura 58 se observan los caudales para la cuenca Valdivia en una estación de monitoreo de régimen pluvial localizada en la zona de la desembocadura, a 14 (m.s.n.m). En años húmedos sus máximos caudales debido a precipitaciones ocurren en los meses de Junio a Agosto, mientras que en años secos los caudales máximos se aprecian entre los meses de Julio y Septiembre. El período de estiaje sucede entre los meses de Enero y Marzo.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

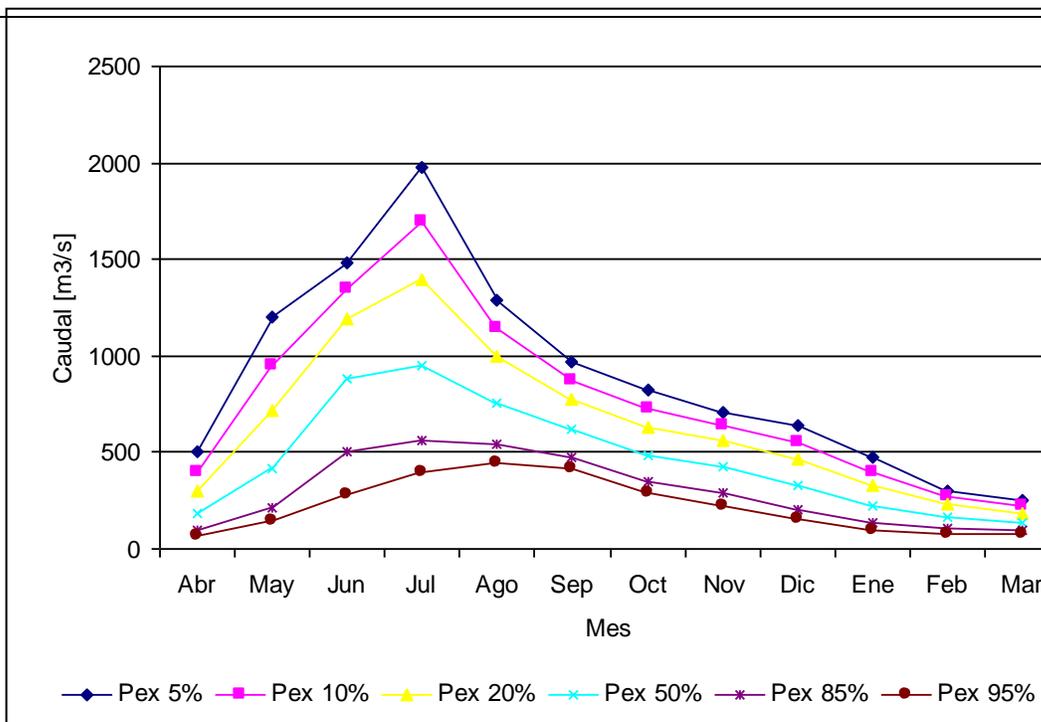


Figura 58: Curva Variación Estacional río Calle-Calle en balsa San Javier

Fuente: Diagnóstico y clasificación de los cursos de agua según objetivos de calidad, cuenca río Valdivia. Cade-Idepe (2004).

Se presentan las áreas de vigilancia para la cuenca Valdivia en la Tabla 28, y se describen las características del área en la Tabla 29, desarrollada mediante información cartográfica. En el Anexo 9 se puede observar el Mapa temático de Áreas de Vigilancia para la Región de Los Ríos, cuenca Valdivia.

Tabla 28. Áreas de vigilancia de la Cuenca Valdivia

Subcuenca	Río	Coordenadas (UTM)		Altura m.s.n.m
		E	N	
Valdivia alto (hasta desague lago Panguipulli)	Llancahué	245462	5614873	256
Valdivia alto (hasta desague lago Panguipulli)	Zahuil	738558	5612717	150
Valdivia alto (hasta desague lago Panguipulli)	Huenehue	737620	5611656	139
Valdivia alto (hasta desague lago Panguipulli)	Reyinahue	252629	5601984	225
Valdivia alto (hasta desague lago Panguipulli)	Neltulme	244889	5601317	379

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Cua-cua	251124	5600902	215
Río San Pedro (entre desagüe lago Panguipulli y bajo Río Quinchilca)	Mañío	722643	5600898	289
Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Liquiñe	255773	5597452	241
Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Llanquihue	753128	5587254	165
Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Llanquihue 2*	749818	5588183	140
Río San Pedro (entre desagüe lago Panguipulli y bajo Río Quinchilca)	Enco	742796	5578615	116
Río San Pedro (entre desagüe lago Panguipulli y bajo Río Quinchilca)	Blanco (en Enco)	743655	5578501	138
Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Hua-hum	268409	5564942	617
Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Fuy	250033	5584518	523
Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Calafquén	748700	5618311	235
Río San Pedro (entre desagüe lago Panguipulli y bajo Río Quinchilca)	San Pedro (1)	717705	5594781	130
Río San Pedro (entre desagüe lago Panguipulli y bajo Río Quinchilca)	San Pedro (2)	695273	5592099	44
Río San Pedro (entre desagüe lago Panguipulli y bajo Río Quinchilca)	Quinchilca	696416	5581491	67
Río Cruces	Cruces	680348	5619884	37
Río Cruces	Pichoy	669590	5604541	6
Río Valdivia bajo	Futa	654633	5576190	12

Tabla 29. Descripción de las Áreas de vigilancia, Cuenca Valdivia

Subcuenca	Río	Descripción
Valdivia alto (hasta desagüe lago panguipulli)	Llancahué	Zona monitoreo en desagüe lago Pellaifa, no recibe más aportes. Lugar de pendiente media.
Valdivia alto (hasta desagüe lago panguipulli)	Zahuil	Zona monitoreo cerca de confluencia con río Huenehue. Recibe aporte del río Panco.
Valdivia alto (hasta desagüe lago panguipulli)	Huenehue	Lugar monitoreo en desembocadura al lago Panguipulli. Este río es desagüe del lago Calafquén y recibe el aporte del río Zahuil.
Valdivia alto (hasta desagüe lago panguipulli)	Reyinahue	Lugar de monitoreo en desembocadura al Cua Cua, nace en la cordillera y recibe aporte de esteros. Zona presenta pendiente media.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Neltulme	Recibe aporte de numerosos esteros, lugar de monitoreo presenta una pendiente media.
Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Cua-cua	Se forma en la confluencia de los ríos Liquiñe y Reyehueico. Presenta una pendiente media en lugar de monitoreo.
Río San Pedro (entre desagüe lago Panguipulli y bajo Río Quinchilca)	Mañío	Sin aportes externos importantes, la zona de monitoreo de este río presenta una pendiente media.
Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Liquiñe	Recibe aporte de ríos como el Carranco, zona de monitoreo con meandros y pendiente media.
Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Llanquihue	Río desagüe del lago Neltulme y afluente del lago Llanquihue, recibe aporte del río Fuy.
Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Llanquihue 2*	No recibe afluentes importantes con respecto al punto anterior. Zona de monitoreo en desembocadura al lago Llanquihue, con baja pendiente.
Río San Pedro (entre desagüe lago Panguipulli y bajo Río Quinchilca)	Enco	Zona monitoreo en confluencia con río Blanco y cerca de desembocadura al lago Riñihue, este río es desagüe del lago Panguipulli. Presenta pendiente media,
Río San Pedro (entre desagüe lago Panguipulli y bajo Río Quinchilca)	Blanco (en Enco)	Zona media de la cuenca, río nace a los pies del volcán Choshuenco. No recibe aportes importantes, zona de monitoreo es en desembocadura al río Enco.
Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Hua-hum	Zona monitoreo cerca de desembocadura al lago Piriñueico. Río nace en Argentina, y recibe aporte de esteros en Chile. Zona de pendiente media.
Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Fuy	Zona alta de la cuenca, este río es desagüe del lago Piriñueico y afluente del río Llanquihue.
Valdivia alto (hasta desagüe lago Panguipulli)	Calafquén	En desagüe lago Calafquén, zona monitoreo presenta alta pendiente y rápidos.
Río San Pedro (entre desagüe lago Panguipulli y bajo Río Quinchilca)	San Pedro (1)	En desagüe lago Riñihue, zona presenta una pendiente media.
Río San Pedro (entre desagüe lago Panguipulli y bajo Río Quinchilca)	San Pedro (2)	Zona media de la cuenca, su principal afluente con respecto al punto anterior es el río Mañío. Presenta una pendiente media.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Río San Pedro (entre desagüe lago Panguipulli y bajo Río Quinchilca)	Quinchilca	Zona media de la cuenca, recibe caudal de varios ríos, tales como el Pichico, Putraique, Remehue y Trafún. Zona de baja pendiente, meandros, alta depositación.
Río Cruces	Cruces	Zona baja de la cuenca, recibe aporte del río Lufucade y algunos esteros. Lugar de baja pendiente, curvas en el cauce.
Río Cruces	Pichoy	Zona baja de la cuenca, su caudal es base de ríos como el Putregal, Pillecozcoz e Iñaque, además de algunos esteros. Lugar de baja pendiente
Río Valdivia bajo	Futa	Zona monitoreo cerca de su desembocadura al río Valdivia, recibe aporte del río Huequecura. Zona con baja pendiente.

6.2 Áreas de vigilancia y seguimiento: Región de La Araucanía

6.2.1 Área declarada No plaga

La cuenca Toltén es la cuenca a proponer área libre de plaga para aplicar Plan de Vigilancia en la Región de La Araucanía. Presenta precipitaciones a lo largo de todo el año pero disminuye en verano Es una cuenca donde no se ha registrado *Didymo*, y posee varias características para ser vulnerable, entre los cuales está (ver ANEXO 8B):

- Grandes condiciones para la práctica de la pesca recreativa, se ha registrado una abundancia de especies salmoneras.

- Áreas de protección oficial en la cuenca del Río Toltén (Parques Nacionales y Reservas).

En la Figura 59 se observa para la cuenca Toltén una estación de monitoreo ubicada en zona media de la cuenca, aproximadamente a 40 Km. La desembocadura del río Toltén, presenta un régimen pluvial de caudales, siendo lo máximos entre los meses de Junio y Agosto debido a precipitaciones invernales. El período de estiaje se presenta entre los meses de Enero y Marzo.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

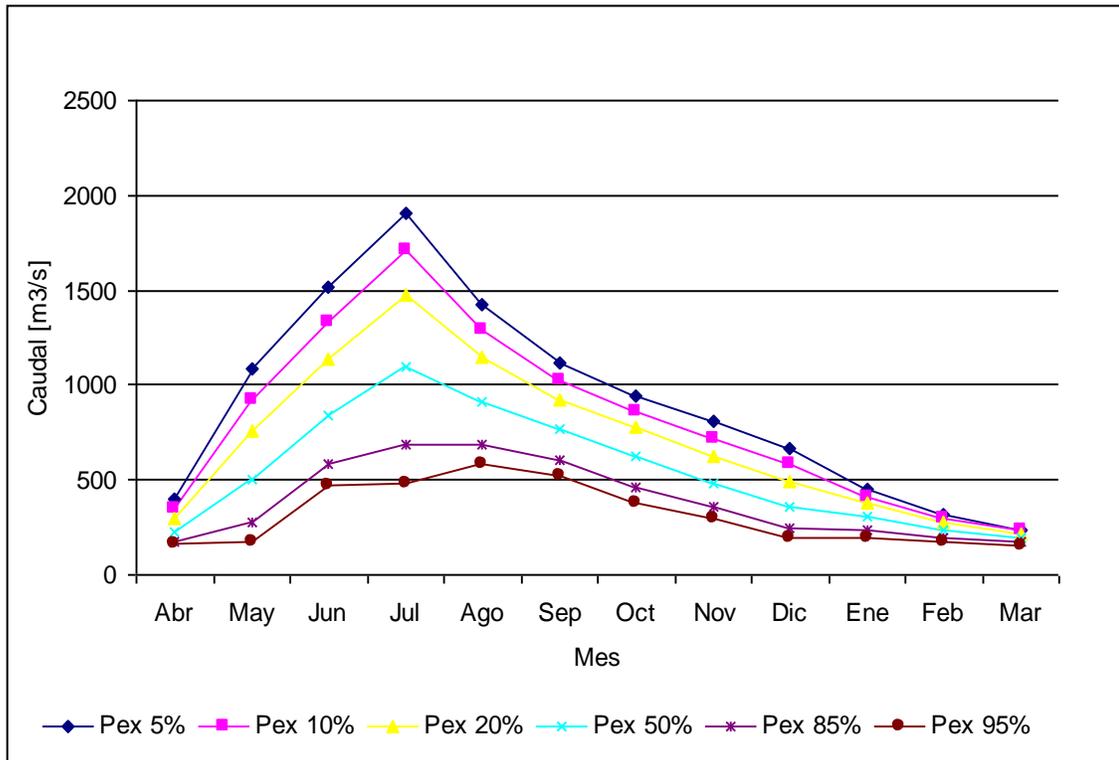


Figura 59: Curva Variación Estacional río Toltén en Teodoro Schmidt

Fuente: Diagnóstico y clasificación de los cursos de agua según objetivos de calidad, cuenca río Toltén. Cade-Idepe (2004).

Se presentan las áreas de vigilancia en la Tabla 30, y características del área. En el Anexo 9 se puede observar el Mapa temático de Áreas de Vigilancia para la Región de La Araucanía, cuenca Toltén.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Tabla 30. Localización de Áreas de vigilancia de la Cuenca Toltén.

Subcuenca	Río	Coordenadas (UTM)		Elevación m.s.n.m
		E	N	
Río Allipén	Allipen (1)	267891	5695853	490
Río Allipén	Allipen (2)	758288	5681554	347
Río Allipén	Allipen (3)	726250	5679938	152
Río Allipén	Trafampulli	252152	5669208	338
Río Allipén	Curaco	752995	5673473	332
Río Pucón	Trancura (1)	281334	5623107	607
Río Pucón	Curarrehue	282393	5643101	460
Río Pucón	Trancura (2)	275586	5641100	387
Río Pucón	Blanco	268811	5672749	533
Río Pucón	Caburga	257030	5655734	455
Río Pucón	Pucón	244784	5650634	223
Río Toltén Alto	Toltén (1)	738121	5649945	241
Río Toltén Alto	Toltén (2)	722308	5670307	147
Toltén Bajo	Donguil	691513	5678494	56
Toltén Bajo	Toltén (3)	677577	5679872	33
Toltén Bajo	Toltén (4)	657813	5662155	3

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Tabla 30. Áreas de vigilancia, Toltén

Subcuenca	Río	Descripción
Río Allipén	Allipen (1)	Zona alta de la cuenca, recibe aporte del río Tracura, además de otros esteros cordilleranos. Presenta una pendiente media, favorece formación de algunos rápidos en el cauce.
Río Allipén	Allipen (2)	Zona media de la cuenca, desde el punto anterior recibe el aporte de ríos como Negro, El Manzano, Chequén, entre otros. Presenta una pendiente baja, zona de meandros con depositación en época bajos caudales.
Río Allipén	Allipen (3)	Zona media de la cuenca, desde el punto anterior recibe principalmente el aporte del río Curaco. Presenta una pendiente baja, con acumulación sedimentaria.
Río Allipén	Trafampulli	Pequeño río Afluente del lago Colico, recibe aporte de esteros. Zona estudio presenta Pendiente media, curvas en su cauce.
Río Allipén	Curaco	Desagüe del lago curaco, su caudal esta regulado por éste. Presenta pendiente media.
Río Pucón	Trancura (1)	Zona alta de la cuenca, recibe aporte del río Puesco, además de otros esteros cordilleranos. Presenta una pendiente media, favorece formación de algunos rápidos en el cauce.
Río Pucón	Curarrehue	Zona alta cuenca, recibe aporte de numerosos esteros cordilleranos. Zona monitoreo con pendiente alta, destacan rápidos en el cauce.
Río Pucón	Trancura (2)	Zona media de la cuenca, sin grandes pendientes, recibe el aporte principal del río Curarrehue con respecto al punto anterior del río.
Río Pucón	Blanco	Afluente del lago Caburga, recibe aporte de esteros y del río Quililehe. Zona estudio presenta una media,.
Río Pucón	Caburga	Desagüe del lago Caburga, su caudal esta regulado por éste. Presenta pendiente media.
Río Pucón	Pucón	Río afluente del lago Pucón, zona de estudio se encuentra cerca de su desembocadura. Reune caudal del río Caburga, Trancura, Turbio y otros esteros. Zona con baja pendiente, alta acumulación de sedimentos.
Río Toltén Alto	Toltén (1)	Desagüe del lago Pucón, su caudal esta regulado por éste. Zona monitoreo presenta pendiente media.
Río Toltén Alto	Toltén (2)	Zona monitoreo ubicada en la cuenca media, sus principales afluentes son los ríos Voipir y Pedregoso. Lugar presenta pendiente media.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Toltén Bajo	Donguil	Zona monitoreo cerca de desembocadura al río Toltén, recibe en su camino al río Huiscaqui. Lugar presenta pendiente media-baja.
Toltén Bajo	Toltén (3)	Zona baja de la cuenca, incorpora en el cauce del Toltén los ríos Allipén y Donguil. Presenta pendiente baja.
Toltén Bajo	Toltén (4)	En desembocadura al mar, esta zona monitoreo incorpora las aguas del río Quinque. Zona de pendiente baja.

6.3 Medidas de Control

Se indican una serie de recomendaciones resumidas en la Figura 60, tendientes al control de *Didymo*, las cuales se pueden agrupar en las directamente relacionadas con el Programa de monitoreo propiamente tal y a los aspectos de Gestión.

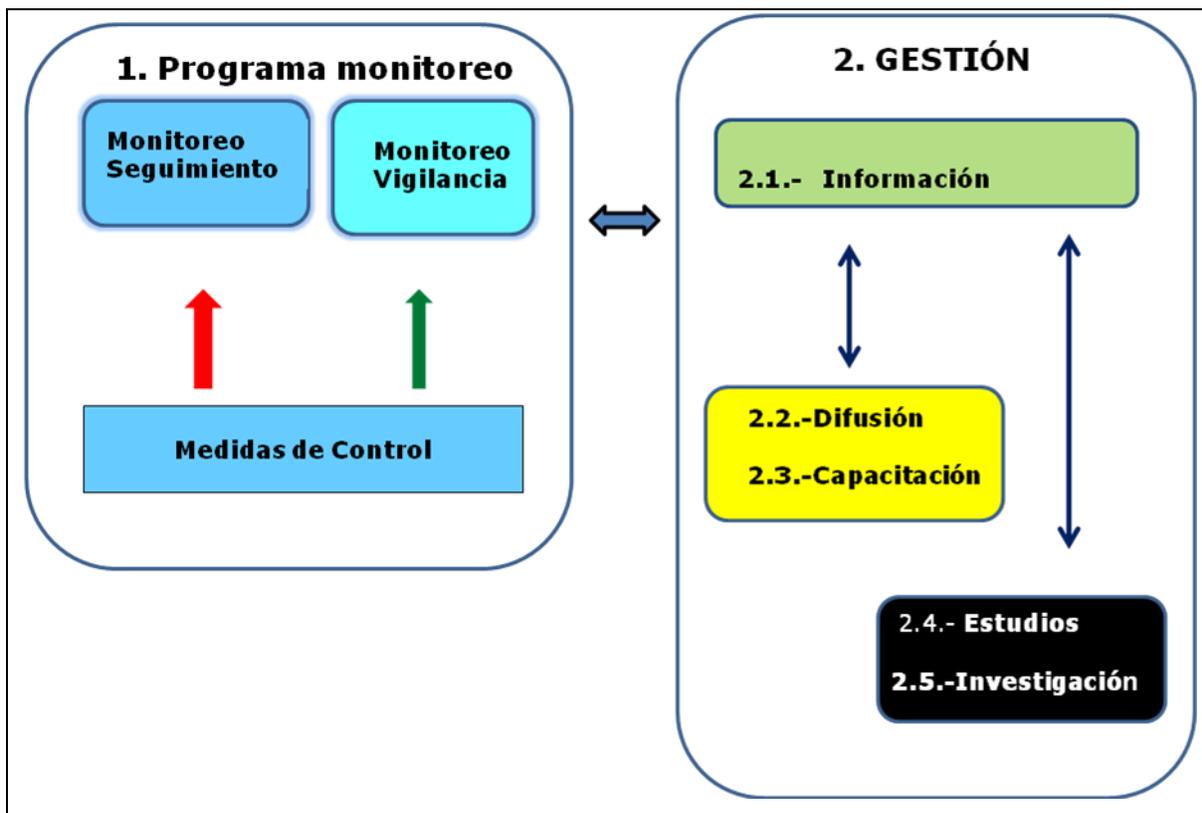


Figura 60. Recomendaciones generales para el Programa de Vigilancia

6.3.1 Programa de monitoreo

Para el desarrollo de los monitoreos (Parte 1 de la Fig.60) de *Didymo*, se deben considerar todas las medidas de Bioseguridad relacionadas directamente con esta actividad, las que ya están establecidas y se mencionan a continuación:

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

- Realizar la fiscalización por parte de los servicios responsables.
- Realizar el monitoreo de acuerdo a las exigencias y recomendaciones de la autoridad.
- Usar Protocolo adoptado por SUBPESCA (Díaz, Molina & Montecino, 2011).
- Resolución Exenta, 332/2011, SERNAPESCA.
- Aplicar las medidas de Bioseguridad a lo largo de todo el monitoreo.
- Realizar el muestreo de acuerdo a Art 11 REPLA, Informe Técnico, Bioseguridad.
- Informes periódicos de resultados de las campañas.
- Fortalecer las fiscalizaciones en los sectores donde se practiquen actividades antrópicas de riesgo para *Didymo*.
- Establecer medidas sanitarias con los servicios expertos (por ejemplo SAG) y participar con los vecinos Argentinos en medidas de control sanitario para los pasos transfronterizos.

6.3.2 Gestión

6.3.2.1 Gestión de Información

- Informe Anual con los resultados campañas
- Revisión y ajuste periódico de Programas de Vigilancia y seguimiento.
- Planificación Programas de Vigilancia y seguimiento: A nivel nacional e internacional para establecer medidas en conjunto con Argentina en los pasos transfronterizos.

6.3.2.2 Difusión

- Realizar talleres de trabajo con participación multisectorial con actores de interés. Involucrar a Servicios e Instituciones, tales como: Sernapesca, SAG, Sernatur, DGA, MMA, CONAF, Municipios, IFOP, Academia y Colegios, ONG.
- Difundir periódicamente a Mesa regional *Didymo*.
- Desplegar la información en eventos relacionados con el tema, en Sociedades científicas, Seminarios de difusión, u otro.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

- Desplegar material de difusión, ya canalizado y ejecutado por SERNAPESCA, tales como: afiches, poster, cápsulas radiales (locales), material audiovisual (spot publicitarios).
- Participar de las difusiones en reuniones de discusión con países vecinos

6.3.2.3 Capacitación

- Realizar actividades de Educación ambiental en colegios.
- Trabajar con Colegios sensibilizados, por ejemplo establecimientos locales, colegios que posean Certificación Ambiental (Líderes ambientales), entre otros.
- Trabajar con comunidades locales coordinadas con Municipios.
- Realizar Cursos de capacitación a un nivel general con participación de actores de interés, tales como: Guardaparques, Lodge, colegios, privados, servicios.
- Realizar Cursos de capacitación a un nivel especializado: capacitar a profesionales para monitoreo y análisis de Didymo.

6.3.2.4 Estudios

- Potenciar las prospecciones de Didymo para conocer su distribución.
- Realizar prospecciones en un mayor número de cuencas.
- Fortalecer la base de datos ya existente para aportar, a los programas de vigilancia. y seguimiento.
- Realizar aportes a programas de difusión y capacitación.
- Aplicar la información científica para mejorar la gestión de plaga.
- Mantener actualizada la información generada en la temática de plaga y de Didymo, para mejorar el control de la dispersión.

6.3.2.5 Investigación

Didymo es un muy buen modelo para desarrollar investigaciones en el tema de plaga. Entre algunos de las líneas a investigar están:

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

- Efectuar investigaciones Genéticas para analizar si hay diferencias moleculares de *D. geminata* con otras especies o variantes, y relacionarlo con la capacidad invasiva.
- Analizar los efectos ecológicos de la plaga sobre los ecosistemas locales.
- Realizar investigación sobre la dinámica de poblaciones de *D. geminata*.
- En general: incrementar el conocimiento para explicar las múltiples proliferaciones y sus consecuencias sobre ecosistemas locales, para así proponer soluciones tendientes al control de la plaga.

7 TALLERES DE DIFUSIÓN

Se desarrollaron los Talleres de Difusión donde se presentaron los resultados del proyecto. El Programa correspondiente a la Región de La Araucanía y para la Región de Los Ríos se describe en el Anexo 10 y 11.

El Taller de trabajo para la Región de Los Ríos se realizó en la ciudad de Valdivia el día 27 de Septiembre y en la Región de Araucanía se llevó a cabo en la ciudad de Temuco el día 28 de Septiembre de 2011. La fecha fue acordada en conjunto con la contraparte técnica de acuerdo a las posibilidades para el cumplimiento del objetivo.

8 CONCLUSIÓN

Prospección de *D. geminata*

En la región de Los Ríos y de la Araucanía en los ríos prospectados no se detectó *D. geminata* . en el plancton ni en el bentos.

Se recomienda declarar área libre de plaga en las zonas prospectadas, para poder aplicar un plan de vigilancia, de hecho esta es la primera prospección para la Región de La Araucanía y segunda para la Región de Los Ríos.

Las mayores riquezas de fitoplancton la presentaron los ríos Liucura, Bio-Bio, Huenuehue y Bueno con un total de especies entre 16-20 taxa. Se separa distintivamente el río Imperial por los bajos índices comunitarios de baja riqueza de taxones, baja diversidad y menor abundancia.

Análisis físico y químico

Los sistemas fluviales de las Regiones de La Araucanía y de Los Ríos en su conjunto de acuerdo a los componentes evaluados, mediante un análisis de cluster resultaron descomponerse en dos grupos, cuyas diferencias se establecieron cercanas al 60%, lo que refleja una alta homogeneidad de los ríos prospectados.

Las variables física y química que mayor aporte realizaron a la variabilidad de los sistemas fluviales prospectados para ambas regiones fueron sílice y conductividad eléctrica y un menor aporte el oxígeno.

La concentración de sílice fluctuó en la Región de la Araucanía entre 42 mg/L (Río Chol Chol) a 83 mg/L (Río Trancura) y en la Región de Los Ríos fue de 20 mg/l (Río Mañío) a 142 mg/L (Río Llancahué). Para las Conductividad eléctrica la variable fluctuó para la Región de Los Ríos entre 12 (μ S/cm) para el Río

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Zahuil a 68 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para el Río Blanco; y para la Región de la Araucanía entre 21 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para el Río Liucura y 83 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para el Río Imperial.

Al analizar las regiones por separado para la Región de la Araucanía de acuerdo a los ríos prospectados con un 70 % de similitud los ríos Bío Bío y Liucura conformaban un grupo por sí solos.

Al analizar las regiones por separado para la Región de Los Ríos de acuerdo a los ríos prospectados con un 75 % de similitud, se forman dos grupos, lo cual refleja la homogeneidad entre ellos.

Programa de Vigilancia

a) Matriz de riesgo

Se propone una matriz de riesgo de Didymo que aporte a establecer alertas tempranas ante la susceptibilidad de la plaga. Esta matriz está conformada por variables fijas y condicionantes. Las condicionantes son variables físicas y químicas que han presentado correlación con la presencia de Didymo (en publicaciones científicas). Se requiere realizar ajustes continuamente a los puntajes de la matriz de riesgo para la clasificación de riesgo alto, medio y bajo. Esto es esperable que pueda ser logrado cubriendo los siguientes aspectos:

Fortalecer la base de dato de las cuencas de interés

- Aumentar el detalle descriptivo de las actividades antrópicas y del sistema físico y químico de los sitios de interés.
- Aumentar el número de variables detectadas físicas y químicas de los monitoreos de los programas de vigilancia y seguimiento.
- Incorporar base de datos históricas de las cuencas de interés, para aportar a determinar patrones de distribución de Didymo locales.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

b) Área a vigilar

- Se propone un Programa de Vigilancia para la XIV Región de Los Ríos, donde el área libre de plaga representa a la Cuenca Valdivia.
- Se propone un Programa de Vigilancia para la IX Región de la Araucanía, donde el área libre de plaga representa a la Cuenca de Toltén.
- Los aspectos más relevantes a considerar para proponer áreas a vigilar son el establecer medidas bajo la legislación vigente (REPLA 245) con la implementación del Plan de Vigilancia y Seguimiento.
- Monitoreos enfocados en las áreas libres de plaga a Alertas tempranas, y de acuerdo a REPLA a proteger áreas de valor ambiental y aplicar medidas sanitarias.
- Establecer gestiones para medidas en conjunto con países vecino para controlar áreas transfronterizas.
- La escala de aplicación de un Programa de Vigilancia es la cuenca, pero la escala local (microescala) operativa es la subcuenca.

c) Procedimiento de muestreo

Se establecieron medidas específicas a tomar en cuenta en las prospecciones donde cabe destacar:

- Participación de profesionales acreditados para el muestreo de *Didymo* y para análisis biológico.
- Realizar análisis químicos en laboratorios acreditados a la NCh 17.025, pero teniendo en cuenta que los Límites de detección de los analitos de interés, estén dentro del rango para sistemas fluviales, como por ejemplo los nutrientes (diversas especies de Nitrógeno y Fósforo).

d) Propuesta de dos tipos de monitoreo con diferentes costos

- Se propone un muestreo básico y uno completo, donde la diferencia está en un mayor número de réplicas y de variables físicas y químicas.
- La elección dependerá de lo que determine la autoridad de acuerdo al presupuesto disponible. Se expone que un muestreo de mayor costo tiene la ventaja de contar con réplicas, mayor cantidad de variables físicas y químicas y un análisis más exhaustivo biológico. También que

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

las fases de mayor gastos es la campaña de terreno, análisis químico y biológico.

e) Medidas de control

Las medidas de control se relacionan con dos ítem fundamentalmente:

Bioseguridad en el muestreo aplicando los procedimientos vigentes (REPLA245; Res/Ex. 332/2011, SERNAPESCA ;Inf.Téc.2064/2010 ;Protocolo adoptado por SUBPESCA Díaz, Molina & Montecino, 2011).

Gestión: de información, difusión, capacitación, estudios, investigación.

Se destaca algunos aspectos relevantes de cada tema de gestión:

- **Información:** generación de Informes anuales.
-
- **Difusión:** desplegar la información a los actores de interés, siendo el tema de Didymo de relevancia multisectorial. Por ejemplo considerar mesa de Didymo, servicios públicos involucrados, privados (lodge, club de pesca), municipios. Se recomienda aumentar la publicidad y puntos de control y desinfección que SERNAPESCA ha implementado, e incorporar activamente a las regiones no afectadas aún por Didymo, para un enfoque Preventivo. Aumentar actividades de sensibilización para fomentar conciencia a los actores de interés de los ríos y salvaguardar los servicios del agua para la salud del ecosistema.
-
- **Capacitación:** efectuar capacitaciones a nivel general para los actores de interés y específicas para los profesionales responsables de actividades de monitoreo y análisis.
-
- **Estudios:** a la fecha hay ausencia de patrones biológicos y físico-químicos para la distribución de *D. geminata* en las regiones afectadas, por lo que se sugiere la necesidad de contar con un mayor número de prospecciones tendientes a cubrir ríos con una mayor cobertura latitudinal y mayor presión en el muestreo. Poder así establecer áreas de

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

vigilancia por la vulnerabilidad de los sistemas e implementar las medidas de bioseguridad tendientes a su control, considerando la importancia de la actividad turística en las cuencas prospectadas para el desarrollo de esta. Han ido en aumento el registro de la plaga en ríos de fácil acceso (de otras regiones), con poblados cercanos, con actividades antrópicas asociadas a ellos, en general en ríos vulnerables resumidos los aspectos en la matriz de riesgo Didymo propuesta.

-
- Es fundamental ampliar los puntos de muestreo por río, las variables a estudiar y mejorar los límites de detección de nutrientes, tanto en planes de vigilancia, seguimiento y en nuevas prospecciones, para lo que se requiere la consideración de mayor disponibilidad de recursos para financiar debidamente dichos estudios.
- **Investigación:** es un aspecto fundamental incrementar el conocimiento por parte de las Instituciones de investigación. Temas a destacar son: Genética de Didymo; Dinámica de poblaciones (por ejemplo: cobertura, factores estacionales u otro asociados a las fluctuaciones de cobertura si los hubiera; Ecología de plaga tal como estrategias de colonización, entre otros.
Se considera fundamental aumentar el conocimiento sobre la plaga (difusión por distintos medios, capacitación a lodge y clubes de pesca, entre otros), en la población usuaria de los ríos.

Cada uno de los aspectos señalados influye en un mejor control de dispersión de la plaga. Se debe poner énfasis en variables incorporadas en la matriz de riesgo tal como sitios de fácil acceso, zonas de actividades turísticas tales como pesca recreativa, etc.

Taller de difusión

Se realizaron dos talleres de Difusión uno por Región:

Los asistentes a los talleres pertenecieron a Seremi de Economía, servicios públicos, académicos y empresas privadas. Se discutieron

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

ampliamente diferentes aspectos relacionados con la dispersión y control de Didymo. Los siguientes aspectos fueron ampliamente discutidos:

- Enfatizar en establecer una política de Bioseguridad, de carácter preventivo, para gestionar el control de plaga.
- Participación multisectorial para abordar el tema de Didymo y hacer eficiente el control de plaga. Dar relevancia a la participación local.
- Requerimientos de difusión y capacitación.
- Establecer control estricto en las zonas transfronterizas.
- Tomar en cuenta el tema de traslado de especies hidrobiológicas y a pesca recreativa fuera de control.
- Aunar esfuerzos para el desarrollo de estudios tendientes a ampliar las prospecciones y establecer diagnósticos.
- Establecer coordinación con colegios a través de brigadas de vigilancia.
- Realizar acciones para declarar áreas de No plaga para una vigilancia y control de la dispersión.
- Incorporar las acciones tendientes al control de Didymo entre una de las metas a cumplir para los servicios públicos involucrados directamente.
- La relevancia del tema para las diversas actividades de la cuenca, específicamente sus implicancias económicas por la importancia del turismo en la zona. Esto debe ser incorporado en la discusión de los recursos económicos a destinar para el año 2012 a nivel país y regional.
- La importancia de trabajar los servicios coordinados y el aporte de los organismos competentes en el control de plaga, como lo es el SAG.
- Evaluar los impactos económicos de la plaga y los fondos que significan declarar zona Libre de plaga.
- Necesidad de modificar el Reglamento REPLA para que pueda tener un carácter preventivo y ampliar sus atribuciones a otras actividades (tema de vectores y fómites y exigencias de control al pescador furtivo).
- Trabajar en conjunto con Argentina por pasos transfronterizos que constituyen un riesgo de Didymo. Por ejemplo hay ríos de importancia para la pesca internacional en las Regiones de alta actividad turística.

9 REFERENCIAS

- APHA (2005). Standard Methods for the examination of water and wastewaters, 21 th edition, American Public Health Association, Washington.
- ASPREY J. F., K. BENSON-EVANS & J. E. FURET, (1964). A contribution to the study of South American freshwater phytoplankton. *Gayana Botánica* 10: 118.
- BIOSECURITY NEW ZEALAND: www.biosecurity.govt.nz/didymo
- BOWMAN, M. F., 2008. Increased *Didymosphenia geminata* biomass in response to low-level phosphorus enrichment of oligotrophic rivers. In Bothwell, M. L. & S. A. Spaulding (eds), Proceedings of the 2007 International Workshop on *Didymosphenia geminata*. Canadian Technical Report on Fisheries and Aquatic Sciences 2795: 30–34.
- BOTHWELL, M. L. & S. A. SPAULDING, 2008. SYNOPSIS. The 2007 International Workshop on *Didymosphenia geminata*. In Bothwell, M. L. & S. A. Spaulding (eds), Proceedings of the 2007 International Workshop on *Didymosphenia geminata*. Canadian Technical Report on Fisheries and Aquatic Sciences 2795: xiii–xxi.
- BOTHWELL M.L. & C. KILROY. (2011). Phosphorous limitation of the freshwater benthic diatom *Didymosphenia geminata* determined by the frequency of dividing cells. *Fresh. Wat.* 56, 565-578.
- BRANSON J. 2006. *Didymosphenia geminata* economic impact assessment: Wellington, New Zealand, New Zealand Institute of Economic Research Report: 1-22.
- CAMPBELL, M.L (2008). Organism impact assessment: risk analysis for post-incursion management. *ICES Journal of Marine Science*, 65:795-804.
- CAMPBELL, M.L. (2008). Organism impact assessment: risk analysis for post-incursion management.-*ICES Journal of Marine Science*, 65: 795-804.
- COX, E.J. (1996). Identification of Freshwater Diatoms From Live Material. Chapman & Hall, London.
- CIEN Austral, 2010. Monitoreo de *Didymosphenia geminata*. Informe III. Río Espolón. Oct.
- DGA (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del Río Tolten. CADE-IDEPE, Consultores en Ingeniería. Dirección General de Aguas 125 p.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

- DÍAZ, C. A., MOLINA, X. & V. MONTECINO. (2011). Manual de procedimientos y medidas tendientes al control de *Didymosphenia geminata* en sistemas lóticos chilenos: muestreo, desinfección, preparación y análisis de muestras". (en revisión).
- DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (2007). Manual de Normas y Procedimientos del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos, realizado por Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos. SIT. N° 132.
- D.S. MINECON. N° 345/2005. Reglamento sobre Plagas hidrobiológicas.
- DUFFORD RG, HJ ZIMMERMAN, LD CLINE Y JV WARD. 1987. Responses of epilithic algae to regulation of Rocky Mountain streams. En: Craig JF y JB Kemper, eds.Regulates streams: advances in ecology: New York, Plenum Press: 383-390.
- DUNCAN, M. (2006). A New Zealand-wide survey in August 2006 for the presence of the non-indigenous freshwater diatom *Didymosphenia geminata* in 108 high risk sites. *Prepared for* Ministry of Agriculture and Forestry Biosecurity New Zealand NIWA Client Report: CHC2006-127 NIWA Project: MAF067501.
- JÓNSSON GS, IR JÓNSSON, M BJÖRNSSON Y SM EINARSSON. 2000. Using regionalization in mapping the distribution of the diatom species *Didymosphenia geminata* (Lingb.) M. Schmidt in Icelandic rivers. *Verhandlung Internationale Vereinigung Limnologie* 27: 340-343.
- KARR, J.R. (2006) Seven foundations of Biological Monitoring and Assessment. *Biologia Ambientale* 20 (2): 7-18.
- KAWECKA, B. & J. SANECKI (2003). *Didymosphenia geminata* in running waters of southern Poland—symptoms of change in water quality? *Hydrobiologia* 495: 193-201.
- KILROY C, S LARNER Y B BIGGS. (2009). The non-indigenous diatom *Didymosphenia geminate* alters benthic communities in New Zealand rivers. *Freshwater Biology*. DOM0.1111/J.1365-2427.2009.02247.
- KILROY, C, A. Lagerstedt, A. Davey & K. Robinson (2007). Studies on the survivability of the invasive diatom *Didymosphenia geminata* under a range of environmental and chemical conditions. NIWA Client Report CHC2006-116: 110 pp.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

- KILROY, C. & M. DALE, (2006). New Zealand Biosecurity, NIWA, "Comparison of sampling methods for the detection of the invasive alga *Didymosphenia geminata* in New Zealand rivers" NIWA Client Report: CHC2006-078. September 2006 NIWA Project: MAF06509.
- KILROY C. (2005). Test to determine the effectiveness of methods for decontaminating materials that have been in contact with *Didymosphenia geminata*: National Institute of Water and Atmospheric Research, New Zealand, Client Report, CHC2005-005, NIWA Project MAF05501.
- KILROY, C., BIGGS, B., BLAIR, N., LAMBERT, P., JARVIE, B., DEY, K., ROBINSON, K. & SMALE, D. (2005a). Ecological studies of *Didymosphenia geminata*: National Institute of Water and Atmospheric Research, New Zealand, Client Report CHC2005-123, NIWA Project: MAF05505.
- KILROY, C. (2004). A new alien diatom *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) Schmidt: its biology, distribution, effects and potential risks for the New Zealand fresh waters. National Institute of Water and Atmospheric Research, Client Report CHC2004-128,34 p.
- KRAMMER K Y H LANGE-BERTALOT. 1986. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae (v.2). Naviculaceae (pt.1) Jena. Germany, Fisher. 876.
- KIRKWOOD, A. E., T. SHEA, L. J. JACKSON & E. MCCAULEY, 2007. *Didymosphenia geminata* in two Alberta headwater rivers: an emerging invasive species that challenges conventional views on algal bloom development. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 64: 1703–1709.
- LAGERSTEDT, M. A., 2007. *Didymosphenia geminata*; an example of a biosecurity leak in New Zealand. Thesis in partial fulfilment of requirements for M.Sc. in Environmental Sciences, University of Canterbury, New Zealand: 94 pp.
- LARNED S., B. BIGGS, N. BLAIR, C. BURNS, B. JARVIE, D. JELLYMAN, C. KILROY, J. LEATHWICK, K. LISTER, J. NAGELS, M. SHALLENBERG, S. SUTHERLAND, J. SYKES, W. R THOMPSON, K. VOPEL, Y B. WILCOCK. (2006). Ecology of *Didymosphenia geminata* in New Zealand. Habit and ecosystem effects-Phase 2. National Institute of Water and Atmospheric Research. Client Report CHC2006-086, NIWA Project MAF06507.
- LEOPOLD, L.B., M. B. WOLMAN Y J. P. MILLER (1964). Fluvial processes in geomorphology. San Francisco, W. H. Freeman, 522 p.
- MOLINA Y VILA (2006). Manual de evaluación de Calidad del Agua. SAG-CENMA, U de Chile. 99 pp

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; Subsecretaría de Pesca; Servicio Nacional de Pesca. Res. 1866. Prueba Programa de Vigilancia, Detección y Control de Plaga (<http://www.leychile.cl>).

MINECOM 345/2005. Informe Técnico D.A.C. 2064/2010. Presencia de *Didymosphenia geminata* en Río Espolón y Río Futaleufú, Región de Los Lagos. Propuesta de Área de Plaga. D.S.

NAIMAN, R. J., D.G. LONZARICH, T. J. BEECHE & S.C. RALPH. (1992). General principles of classification and the assessment of conservation potential in rivers. In: *River Conservation and Management*. P. J. Boon & G. E. Petts (eds.): 93- 123. John Wiley & Sons Ltd, England.

NORMA CHILENA OFICIAL NCh-ISO 411/2 Of. 96. Calidad del agua-Muestreo-Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo continentales superficiales. INN.

NORMA CHILENA OFICIAL NCh-ISO 411/3 Of. 96. Calidad del agua-Muestreo-Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras. INN.

NORMA CHILENA OFICIAL NCh-ISO 411/6 Of. 98. Calidad del agua-Muestreo-Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua. INN.

NORRIS R.H. & C.P. HAWKINS (2000). Monitoring river health. *Hydrobiologia* 435: 5-17.

NCh-ISO. 17025 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración". INN.

PARRISH, J. D., D. P. Braun, and R. S. Unnasch. 2003. Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *BioScience* 53:851–860.

PRAT N., L. PUÉRTOLAS & M. RIERADEVALL (2008c). Manual d'utilització de L'Índex d'Hàbitat Fluvial (IHF). Diputació Barcelona. 25 pp.

POFF, N.L Y ALLAN, J.D. (1997). The Natural Flow Regime. *Bioscience*. Vol.47, N° 11, 769-785 pp.

SKULBERG, O.M., 1982, Effects of stream regulation on algal vegetation. In: Lillehammer, A., and Saltveit, S.J., eds., *Regulated rivers*. New York, Columbia University Press, p. 107–124.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

- SPAULDING, S.A., AND ELWELL, L. (2007). Increase in nuisance blooms and geographic expansion of the freshwater diatom *Didymosphenia geminata*: U.S. Geological Survey Open-File Report 2007-1425, 38 pp.
- SUBPESCA/POCH-U.Chile. (2011). Prospección de la presencia de *Didymosphenia geminata* en las regiones XIV, X, XI y XII y Elaboración de material de difusión tendiente a su control. Informe Final. 80 pp.
- SUNDARESHWAR P. V., S. UPADHAYAY, M. ABESSA, S. HONOMICHL, B. BERDANIER, S. A. SPAULDING, C. SANDVIK, AND A. TRENNEPOHL. (2011). *Didymosphenia geminata*: Algal blooms in oligotrophic streams and rivers. GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 38.1-5.
- REID B., MONTERO P. & MARTÍNEZ. (2010). Evaluación preliminar sobre la diatomea invasora exótica *Didymosphenia geminata* en cuencas de Futaleufú y Palena, provincia de Palena, Región de Los Lagos, Chile. CIEP, Chile. 14 p.
- REID B Y R TORRES. (2010). La diatomea invasora *Didymosphenia geminata* en Chile: Las posibles causas y las consecuencias para los ecosistemas fluviales. CIEP, UACH. Presentación ante Congreso VII de la Soc. Chil. Limnología. Libro resúmenes.
- REID B, P MONTERO Y M MARTÍNEZ. (2009). Evaluación preliminar sobre la diatomea invasora exótica *Didymosphenia geminata* en cuencas de Futaleufú y Palena, Provincia de Palena, Región de Los Lagos, Chile. Documento Impreso. CIEP Chile. 14 p.
- Res.Ex.(SUBPESCA) 1866/ 2010. Prueba programa de Vigilancia, Detección y Control de Plaga.
- RIVERA, P., (1983). A guide for references and distribution for the class Bacillariophyceae in Chile between 18_ 280S and 58_S. Bibliotheca Diatomologica 1-386.
- SERNAPESCA. (2010). Evaluación preliminar sobre la diatomea invasora exótica *Didymosphenia geminata* en cuencas de Aysén y Baker, Región de Aysén, Chile. Ejecutado por CIEP.
- SHERBOT DJM Y ML BOTHWELL. 1993. *Didymosphenia geminata* (Gomphonemaceae). A review of the ecology of *D. geminata* and the physicochemical characteristics of endemic catchments on Vancouver Island. National Hydrology Research Institute. Environment Canada, Saskatoon, Sask. NHRI Contribution 93005: 66pp.

Prospección *D. geminata* La Araucanía – Los Ríos

- SKULBERG OM. 1982. Effects of stream regulation on algal vegetation. En: Lillehammer A y SJ Saltveit eds. Regulated Rivers. New York, Columbia University Press: 107-124.
- SPAULDING, S.A., AND ELWELL, L. (2007). Increase in nuisance blooms and geographic expansion of the freshwater diatom *Didymosphenia geminata*: U.S. Geological Survey Open-File Report 2007-1425, 38 pp.
- SUBPESCA/POCH-U.Chile. (2011). Prospección de la presencia de *Didymosphenia geminata* en las regiones XIV, X, XI y XII y Elaboración de material de difusión tendiente a su control. Informe Final. 80 pp.
- U. Chile 2011. CURSO U.CHILE, 2011 CURSO TEÓRICO-PRÁCTICO AVANCES EN ASPECTOS BIOLÓGICOS Y MEDIDAS DE CONTROL DE LA ESPECIE DECLARADA PLAGA *D. geminata*
- UNIVERSIDAD ARTURO PRAT, (2007). Informe Técnico Final. Diagnostico Pesca Deportiva. Evaluación del aporte a las economías regionales. Departamento de Ciencias del Mar.
- WARD J.V. & WIENS J.A. 2001. Ecotones of riverine ecosystems: Role and typology, spatio-temporal dynamics, and river regulation. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 1, 25–36.
- WETZEL, R.G., & LIKENS, G.E. (1991). *Limnological Analyses*. 2nd. Ed. Springer- Verlag. 391 pp.
- WHITTON B.A., ELLWOOD N.T.W & B. KAWECKA. (2009). Biology of the freshwater diatom *Didymosphenia*: a review. *Hidrobiologia* 630:1-37 p.

Sitios WEB:

- The United States Geological Survey. (<http://didymosa.blogspot.com/>).
- United States Environmental Protection Agency:
www.epa.gov/Region8/water/monitoring/didymosphenia.html.
- [http:// www. Biosecurity.gov.nz/files/pests/didymo/didymo-protocol-sampling-microanalysis-sep-07.pdf](http://www.Biosecurity.gov.nz/files/pests/didymo/didymo-protocol-sampling-microanalysis-sep-07.pdf). Collection of drift net samples for determination of the presence or absence of *Didymosphenia geminata* using microscopic methods. Duncan M.J.; C. Viegas, C.M.; Velvin F (2007).

10 ANEXOS